

Шмаков С. Б.

Шмаков С. Б.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

*Сделай
уверенный шаг
от «чайника»
до профи!*



Реальная практическая книга для настоящего радиолюбителя!

Вся современная элементная база для радиолюбительского творчества от А до Я. Характеристики, условные обозначения, маркировка, аналоги, схемотехника. Большая цветная вклейка. Доступно о микроконтроллерах и микропроцессорах.

Шмаков С. Б.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



Наука и Техника, Санкт-Петербург
2016

Шмаков С. Б. и др.

Практическая энциклопедия радиолюбителя. / Под редакцией Корякина-Черняка С.Л., члена Международной академии информационных процессов и технологий. — СПб.: Наука и Техника, 2016. — 416 с.: илл.

ISBN 978-5-94387-866-4

Радиолюбительское творчество продолжает увлекать многих. Уникальные электронные разработки, интересные конструкции, полезные самоделки очень популярны сегодня. А применение микроконтроллеров, рассмотренных в книге, открывает широчайшие возможности для разработчиков-любителей.

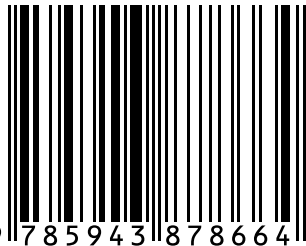
В помощь увлеченному радиолюбителю книга представляет сведения по современной элементной базе, используемой в своем творчестве или при ремонте бытовой аппаратуры. Электронные компоненты рассматриваются в систематизированных разделах: от пассивных элементов до микроконтроллеров. Приводятся характеристики, принцип действия, цветовая и кодовая маркировка, обозначения в схемах, аналоги. Большая цветная вклейка.

По ходу изложения даются ссылки на сайты-справочники, домашние страницы производителей, радиолюбительские странички. Они отмечены соответствующим значком. Это позволяет вместить в справочник существенно больше современной полезной информации. Кроме элементной базы, освещены вопросы мер безопасности, организации рабочего места радиолюбителя, правильной пайки и многое другое. Отдельный раздел посвящен правилам создания и чтения принципиальных схем электронной техники.

Энциклопедия предназначена для широкого круга радиолюбителей и домашних мастеров, занимающихся техническим творчеством, ремонтом электротехники, бытовой электроники.

Авторско-редакторский коллектив:

Андреев Д.А., Белов А. В., Ванюшин М., Вербицкий Л. И., Вербицкий М. Л., Гапоненко С. В, Мукомол Е.А., Никулин С. А., Партала О.Н., Повный А. В., Торопкин М.В., Черномырдин А. В., Шмаков С. Б., Шустов М. А.



9 785943 878664

ISBN 978-5-94387-866-4

Автор и издательство не несут ответственности за возможный ущерб, причиненный в ходе использования материалов данной книги.

Контактные телефоны издательства
(812) 412-70-25, 412-70-26

Официальные сайты: www.nit.com.ru
www.nit-kiev.com

© Шмаков С.Б. и др.

© Наука и Техника (оригинал-макет), 2016

ООО «Наука и Техника».

Лицензия № 000350 от 23 декабря 1999 года.

198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.

Подписано в печать . Формат 70×100 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 26 п. л.

Тираж 1200 экз. Заказ № .

Отпечатано с готовых файлов заказчика
в АО «Первая Образцовая типография»
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

СОДЕРЖАНИЕ

Введение от главного редактора, или безопасность, прежде всего	6
1. Пассивные электронные компоненты	9
1.1. Резисторы	9
1.1.1. Первое знакомство	9
1.1.2. Устройство постоянных и переменных резисторов	10
1.1.3. Ряды номинальных сопротивлений резисторов	12
1.1.4. Условные обозначения и кодовая маркировка резисторов	15
1.1.5. Постоянные резисторы: характеристики	20
1.1.6. Переменные резисторы: характеристики	25
1.1.7. Обзор ресурсов сети Интернет по резисторам	29
1.2. Конденсаторы	30
1.2.1. Первое знакомство	30
1.2.2. Условные обозначения	31
1.2.3. Кодовая маркировка конденсаторов	33
1.2.4. Основные параметры конденсаторов	38
1.2.5. Керамические конденсаторы	39
1.2.6. Металлопленочные и фольговые полиэтилентерефталатные конденсаторы ..	46
1.2.7. Металлобумажные конденсаторы	48
1.2.8. Электролитические конденсаторы	50
1.3. Катушки индуктивности	53
1.3.1. Первое знакомство	53
1.3.2. Условные обозначения и кодовая маркировка катушек индуктивности	55
1.3.3. Параметры катушек индуктивности	56
2. Полупроводниковые приборы	58
2.1. Первое знакомство	58
2.2. Условные обозначения и кодовая маркировка полупроводниковых приборов	60
2.2.1. Условные обозначения и кодовая маркировка диодов, диносторов, тиристоров, транзисторов	60
2.2.2. Условные обозначения и кодовая маркировка микросхем	70
2.2.3. Светоизлучающие полупроводниковые приборы	79
2.2.4. Фоточувствительные полупроводниковые приборы	86
2.3. Полупроводниковые диоды	87
2.3.1. Первое знакомство	87
2.3.2. Характеристики отечественных однопереходных полупроводниковых диодов ..	88
2.3.3. Характеристики зарубежных диодов, стабилитронов, симисторов, тиристоров ..	127
2.4. Транзисторы	136
2.4.1. Первое знакомство	136
2.4.2. Характеристики отечественных биполярных транзисторов	137
2.4.3. Параметры полевых отечественных транзисторов	149
2.4.4. Параметры зарубежных транзисторов	150
2.5. Оптоэлектронные и фотоэлектронные приборы	164
2.5.1. Оптроны	164
2.5.2. Транзисторные оптопары	164
2.5.3. Диодные оптопары	166
2.5.4. Тиристорные оптопары	167
2.5.5. Светодиоды	168
2.5.6. Фотоприемные приборы	179
3. Электровacuумные приборы	182
3.1. Понятие и основные разновидности	182
3.2. Радиолампы	185
3.2.1. Первое знакомство	185
3.2.2. Характеристики и параметры радиоламп	188
3.2.3. Обозначения радиоламп	193
3.2.4. Основные схемы включения радиоламп	198
3.2.5. Таблица параметров радиоламп	200
3.3. Электронно-лучевые приборы: трубки и кинескопы	201
4. Электроакустические приборы	210
4.1. Микрофоны	210
4.1.1. Первое знакомство	210

4.1.2. Принцип действия микрофонов основных типов	211
4.1.3. Маркировка микрофонов	213
4.1.4. Характеристики микрофонов	213
4.2. Головные телефоны	215
4.2.1. Первое знакомство	215
4.2.2. Основные технические характеристики наушников	218
4.2.3. Параметры головных телефонов	219
4.3. Головки громкоговорителей	219
4.3.1. Первое знакомство	219
4.3.2. Маркировка громкоговорителей	221
4.3.3. Технические характеристики динамической головки	221
4.3.4. Параметры динамических громкоговорителей	222
5. Пьезоэлектрические приборы	224
5.1. Первое знакомство	224
5.2. Отечественные кварцевые резонаторы	225
5.3. Зарубежные кварцевые резонаторы	226
5.4. Пьезоэлектрические фильтры	227
5.5. Зарубежные пьезоэлектрические фильтры	229
6. Микропроцессорные системы: структура и принцип действия	230
6.1. Типовая схема микропроцессорной системы	230
6.1.1. Структурная схема	230
6.1.2. Виды памяти	231
6.1.3. Порты ввода-вывода	233
6.1.4. Процессор и цифровые шины	233
6.1.5. Шина данных	234
6.1.6. Шина адреса	234
6.1.7. Шина управления	235
6.1.8. Принцип действия микропроцессорной системы	236
6.2. Алгоритм работы микропроцессорной системы	237
6.2.1. Возможности процессора	237
6.2.2. Программа	238
6.2.3. Процесс выполнения команды	239
6.2.4. Рабочие регистры	240
6.2.5. Команды микропроцессора	241
6.2.6. Команды условного и безусловного перехода	242
6.2.7. Команда организации цикла	243
6.2.8. Команды перехода к подпрограмме	245
6.3. Микроконтроллеры AVR	246
6.3.1. Что такое микроконтроллер	246
6.3.2. Состав серии AVR	247
6.3.3. Особенности серии AVR	247
6.3.4. Внутренняя память	253
6.3.5. Способы программирования Flash- и EEPROM-памяти	254
6.3.6. Порты ввода-вывода	254
6.3.7. Периферийные устройства	255
6.3.8. Дополнительные устройства	256
6.3.9. Регистры общего назначения (POH)	256
6.3.10. Регистры ввода-вывода	257
6.4. Память	258
6.4.1. Общие сведения	258
6.4.2. Память программ	258
6.4.3. Оперативная память микроконтроллеров AVR	261
6.4.4. Область памяти, совмещенная с набором регистров общего назначения (POH)	261
6.4.5. Область памяти, совмещенная с регистрами ввода-вывода (PBB)	262
6.4.6. Область внутреннего ОЗУ	262
6.4.7. Область внешнего ОЗУ	262
6.4.8. Энергонезависимая память данных (EEPROM)	262
6.4.9. Счетчик команд и стековая память	264
6.5. Подсистема ввода-вывода	266
6.6. Система прерываний	269
6.6.1. Назначение системы прерываний	269

6.6.2. Управление системой прерываний	269
6.6.3. Алгоритм работы системы прерываний	270
6.7. Таймеры-счетчики	272
6.7.1. Общие сведения	272
6.7.2. Режимы работы таймеров	273
6.7.3. Режим Normal	274
6.7.4. Режим «Захват» (Capture)	274
6.7.5. Режим «Сброс при совпадении» (CTC)	275
6.8. Широтно-импульсная модуляция	276
6.8.1. Режим «Быстродействующий ШИМ» (Fast PWM)	276
6.8.2. Режим «ШИМ с точной фазой» (Phase Correct PWM)	277
6.9. Асинхронный режим	278
6.10. Предделители таймеров/счетчиков	279
6.11. Встроенные периферийные устройства	280
6.11.1. Аналоговый компаратор	280
6.11.2. Аналого-цифровой преобразователь	281
6.11.3. Последовательный канал (UART/USART)	283
6.11.4. Последовательный периферийный интерфейс (SPI)	284
6.11.5. Последовательный двухпроводный интерфейс (TWI)	284
6.12. Ячейки	285
6.12.1. Конфигурационные ячейки	285
6.12.2. Ячейки защиты и идентификации	286
6.13. Создание устройств на микроконтроллерах	287
7. Цветовая маркировка	288
7.1. Резисторы	288
7.2. Конденсаторы	292
7.3. Катушки индуктивности	299
7.4. Дроссели	301
7.5. Диоды, стабилитроны, варикапы	301
7.6. Транзисторы	316
7.7. Оптические кабели передачи данных	322
7.8. Трехфазные электрические цепи	323
8. Аналоги электронных компонентов	324
8.1. Диоды и стабилитроны	324
8.2. Тиристоры и симисторы	327
8.4. Оптоны и оптореле	330
8.5. Фотоприемные полупроводниковые приборы	331
8.6. Транзисторы	332
8.7. Микросхемы	334
8.8. Радиолампы	350
9. Читаем и рисуем электрические схемы	352
9.1. Первое знакомство	352
9.2. Структура обозначений элементов в схемах	353
9.3. Однобуквенные коды видов элементов	353
9.4. Двухбуквенные коды	354
9.5. Буквенные коды функций элементов	356
9.6. Перечень условных обозначений элементов в схемах	356
10. Основы радиолюбительской практики	370
10.1. Рабочее место радиолюбителя	370
10.2. Что такое пайка?	372
10.3. Паяльник или паяльная станция?	374
10.4. Подготовка нового паяльника к работе	381
10.5. Выбираем и правильно используем припой	383
10.6. Выбираем и правильно используем флюс	387
10.8. Научимся правильно паять	391
10.9. Соединение пайкой различных элементов и металлов	398
Обзор ресурсов сети Интернет по электронным компонентам	412
Список литературы	414

ВВЕДЕНИЕ ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА, ИЛИ БЕЗОПАСНОСТЬ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО

Радиолюбительское творчество, интересные конструкции, полезные самоделки должны приносить радость и их создателям, и окружающим. Чтобы все были живы и здоровы! Так оно и будет, если уважать все меры безопасности. Это касается как типовых правил электробезопасности, так и правил безопасной работы с инструментом. Поговорим об этих правилах, прежде чем вы будете использовать техническую информацию ПРАКТИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ в своей радиолюбительской практике.

Начнем с элементарных правил электробезопасности. Никогда не работайте усталым. Ведь электрическое сопротивление организма в таком состоянии понижено, внимание ослаблено, реакция замедлена.

Включая в сетевую розетку, например, паяльник, держите штепсельную вилку так, чтобы пальцы не касались ее металлических штырьков. Опасное напряжение будет и на выводах обмоток трансформаторов, установленных в конструкциях с питанием от сети или имеющих заряженные конденсаторы в фильтрах. При включении их в сеть дотрагиваться до этих выводов и деталей нельзя.

Перед первым включением самоделки в сеть проверьте омметром качество изоляции между штырьками сетевой вилки и корпусом конструкции. Если оно менее 10 МОм при какой-нибудь (проверьте обе!) полярности подключения щупов омметра, отыщите неисправность и устраните ее. Такую проверку делайте периодически.

Проверяя в сетевых конструкциях режим работы деталей, подключайте один из щупов измерительного прибора к общему проводу заранее, до включения конструкции в сеть. При необходимости заменить деталь или перепаять проводники обесточивайте конструкцию и вынимайте вилку из розетки. Если же нужно подобрать режим, например, подстроечным резистором, пользуйтесь отверткой с хорошо заизолированной ручкой.

А теперь об инструментах. Они тоже могут стать источником всевозможных травм. Чтобы избежать их, нужно помнить о правилах безопасности и соблюдать их. К примеру, режущий инструмент должен быть постоянно остро заточен, поскольку при работе тупым инструментом придется прикладывать к нему большее усилие, и он скорее соскользнет, сорвется и поранит. Это не означает, что острый инструмент безопасен: работая им, также нужно соблюдать осторожность.

Пользуясь отверткой, помните, что ее лезвие должно соответствовать по размерам головке винта. Конец лезвия должен быть тупым. Прежде чем завинчивать отверткой шуруп, нужно шилом или дрелью сделать гнездо для его посадки. Передавая отвертку (или шило) друг другу, держите ее лезвием к себе. Не кладите ножницы, отвертки и другие подобные инструменты лезвием к себе или так, чтобы они свешивались за край крышки стола.

Не строгайте материал в руках, и тем более ножом, по направлению к себе. При опиливании металла следите за тем, чтобы пальцы левой руки не заходили за край напильника вниз. Не проверяйте пальцем качество опиливаемой поверхности. Металлическую стружку после опиливания собирайте со стола не голыми руками, а волосяной щеткой-сметкой.

Разрезаемый металл надежно закрепляйте в тисках. Полотно ножовки должно быть натянуто не слабо и не слишком туго. Слабо натянутое полотно может сломаться, а туго натянутое — лопнуть. В обоих случаях вы можете пораниться обломками полотна.

Разрезая ручными ножницами тонкий листовый материал, держите его левой рукой в брезентовой рукавице. Это предохранит руку от ранений острыми кромками металла и лезвиями ножниц. Не пользуйтесь тупыми ножницами и ножницами с разболтанным шарниром. Выполняя работу, не разговаривайте и не отвлекайтесь посторонними делами.

Если вы все же нарушили правила и случайно поранились, смажьте йодом кожу вокруг раны, наложите на рану чистые марлю, полотняную тряпочку, носовой платок и забинтуйте это место.

А теперь несколько слов о пайке. Паяльник — инструмент повышенной опасности, поэтому обращаться с ним необходимо очень осторожно. Считается в шутку, кто не схватился хоть раз за нагретый паяльник, иногда всей ладонью, тот не радиолюбитель! Каждый хоть раз, да хватался. Поэтому нужно класть аккуратно паяльник на подставку жалом от себя.

Помните, что во время пайки могут выделяться вредные для здоровья пары олова и свинца. Ни в коем случае нельзя наклоняться над местом пайки и вдыхать испарения. Летом старайтесь паять возле открытого окна, зимой чаще проветривайте помещение во время работы. Закончив пайку, обязательно вымойте руки теплой водой с мылом.

В бессвинцовом припое используются металлы, которые более ядовиты, чем свинец. Если паяльник не перегретый, и не стоваттный «для пайки ведер» — то все будет нормально.

Полезно использовать микровытяжку на столе, например, из компьютерного вентилятора, чтобы дым от носа оттягивало. Напрашиваются

выводы, что паять в домашних условиях можно, но при выполнении нескольких нехитрых правил.

При пайке желательно работать в хорошо проветриваемом помещении. Если есть вентилятор, используйте. Еще лучше, если есть профессиональная или самодельная система вентиляции. Парами канифоли желательно не дышать!

Не следует паять на кухне, ведь пары припоя и канифоли запросто оседают на столовых приборах и пище. Лучше всего пользоваться рабочим халатом с длинными рукавами, который следует периодически стирать.

Хорошая канифоль — сосновая и пахнет она приятно. Кислотой желательно не паять, если вы потом конструкцию собираетесь включать. Во всех остальных случаях нормальный хлористый цинк, аммоний или активный флюс Ф-38Н работают заметно лучше канифоли.

Некоторые вещи тяжело паять канифолью, особенно мелочь, да от нее грязи много бывает. Тогда на помощь приходит ЛТИ-120, очень хорошая штука, советую.

Несколько советов в завершении. Не паяйте включенную схему! Это интуитивно ясно. Но также опасно паять схему, выключенную, но соединенную с заземлением, когда изоляция паяльника слабая или корпус паяльника не заземлен.

В общем, при пайке электронных устройств провода питания от них должны быть отсоединены, или выключатель должен быть двухполюсной (разъединяющий оба провода). То же правило относится к информационным проводам. Допустим, вы выключили питание или выдернули шнур 220 В, а устройство соединено по информационному кабелю с другими устройствами, находящимися под напряжением или заземленными. Даже небольшой потенциал может погубить электронную схему при касании паяльником. Поэтому нужно уравнивать потенциал, соединяя провод между корпусом паяльника с общей шиной устройства перед пайкой.

Освоив меры безопасности, вы можете смело начинать освоение практической радиоэлектроники!

*Сергей Корякин-Черняк,
член Международной академии
информационных процессов и технологий,
главный редактор*

Санкт-Петербург, 2016 год

ПАССИВНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

1.1. РЕЗИСТОРЫ

1.1.1. Первое знакомство

Определение



Определение.

Резистор (англ. *resistor*, от лат. *resisto* — *сопротивляюсь*) — пассивный элемент электрической цепи, в идеале характеризующийся только сопротивлением электрическому току.

Для идеального резистора в любой момент времени должен выполняться **закон Ома**: мгновенное значение напряжения на резисторе пропорционально току, проходящему через него. На практике же резисторы в той или иной степени обладают также паразитной емкостью, паразитной индуктивностью и нелинейностью вольтамперной характеристики.

Классификация резисторов

В зависимости от характера изменения сопротивления при протекании тока и внешних воздействующих факторов резисторы делятся на две группы: линейные и нелинейные.

Обыкновенные резисторы — **линейные**. К **нелинейным** относят терморезисторы, варисторы и магниторезисторы.

В зависимости от назначения резисторы делятся на **резисторы общего назначения** и **специальные** (прецизионные и сверхпрецизионные, высокочастотные, высоковольтные и высокомегаомные).

Резисторы общего назначения изготавливают с диапазоном номинальных сопротивлений от 0,47 Ом до 10^{10} Ом, на номинальные мощности рассеяния 0,062—100 Вт.



Примечание.

Прецизионные и сверхпрецизионные резисторы отличаются высокой стабильностью параметров при эксплуатации и большой точностью номинального значения при изготовлении (1%), но мощности рассеивания при этом не превышают 2 Вт.

Высокочастотные резисторы отличаются малыми собственными индуктивностью и емкостью. Непроволочные высокочастотные резисторы работают до частот в сотни мегагерц и более, а проволочные — до сотен килогерц.

Высоковольтные резисторы рассчитаны на рабочие напряжения от единиц до десятков киловольт.

Высокоомные резисторы имеют диапазон номинальных сопротивлений от десятков мегаом до единиц тераом при рабочих напряжениях 100—400 В. Они работают в ненагруженном режиме, и мощности их рассеяния — меньше 0,5 Вт.

В зависимости от способа монтажа в аппаратуре как постоянные, так и переменные резисторы могут выполняться для печатного и навесного монтажа. В зависимости от способа защиты от внешних воздействующих факторов резисторы конструктивно выполняют изолированными, неизолированными, герметизированными и вакуумными.

По характеру изменения сопротивления все резисторы подразделяют на постоянные и переменные. Последние, в свою очередь, делятся на подстроечные и регулировочные.

В зависимости от способа исполнения резистивного элемента резисторы разделяют на проволочные, непроволочные и металлофольговые.

В зависимости от материала резистивного элемента резисторы разделяют на металлические, с углеродными пленками, с полупроводниковыми материалами.

1.1.2. Устройство постоянных и переменных резисторов

Устройство пленочного резистора представлено на рис. 1.1. На диэлектрическое цилиндрическое основание нанесена резистивная пленка. На торцы цилиндра надеты контактные колпачки из проводящего материала с припаянными к ним выводами. Для защиты резистивной пленки

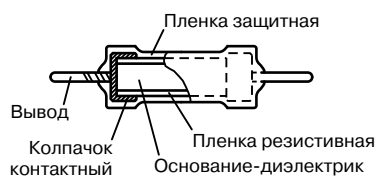


Рис. 1.1. Устройство пленочного резистора

от воздействия внешних факторов резистор покрывают защитной пленкой.

Такая конструкция резистора обеспечивает получение сравнительно небольших сопротивлений (сотни ом). Для увеличения сопротивления резистора резистивную пленку наносят на поверхность керамического цилиндра в виде спирали (рис. 1.2).

На рис. 1.3 показана конструкция **объемного резистора**, представляющего собой стержень из токопроводящей композиции круглого или прямоугольного сечения с запрессованными проволочными выводами. Снаружи стержень защищен стеклоэмалевой или стеклокерамической оболочкой.



Рис. 1.2. Устройство резистора увеличенной величины сопротивления

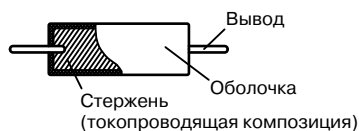


Рис. 1.3. Устройство объемного резистора

Постоянный проволочный резистор представляет собой изоляционный каркас, на который намотана проволока с высоким удельным электрическим сопротивлением. Снаружи резистор покрывают термостойкой эмалью, спрессовывают пластмассой либо герметизируют металлическим корпусом, закрываемым с торцов керамическими шайбами.

Для гибридных ИМС выпускаются **микромодульные резисторы**, представляющие собой стержень из стекловолокна с нанесенным на поверхность тонким слоем токопроводящей композиции. Такие резисторы приклеиваются к контактным площадкам подложек токопроводящим клеем-контактором.

Конструкции **переменных резисторов** гораздо сложнее, чем постоянных. На рис. 1.4 представлена конструкция переменного непроволочного резистора круглой формы.

Он состоит из подвижной и неподвижной частей. Неподвижная часть представляет собой пластмассовый корпус, в котором смонтирован токопроводящий элемент, имеющий подковообразную форму. Посредством заклепок он крепится к круглому корпусу. Эти заклепки соединены с внешними выводами.

Подвижная часть представляет собой вращающуюся ось, с торцом которой посредством чеканки соединена изоляционная планка, на которой смонтирован подвижный контакт (токоъемник), соединенный с внешним выводом. Угол поворота оси составляет 270° и ограничивается стопором.

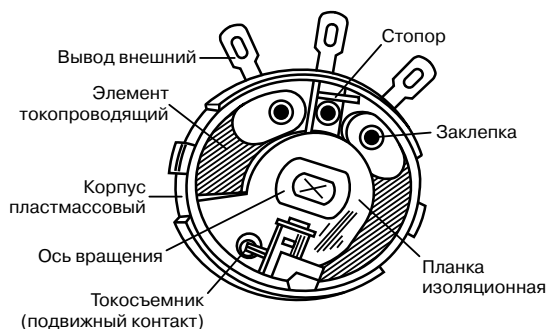


Рис. 1.4. Устройство переменного резистора

Существуют и другие конструкции переменных непроволочных резисторов.

Токопроводящий элемент в них бывает тонкослойным металлическим или металлоксидным (резисторы типа СП2), пленочным композиционным (резисторы типа СП4).

Помимо переменных резисторов с круговым перемещением существуют резисторы с прямолинейным перемещением подвижного контакта. В этом случае контактный ползун укрепляется не на поворотной, а на червячной оси.

Выбор типа резистора (постоянного или переменного) для конкретной схемы производится с учетом условий работы и определяется параметрами резисторов.

Резистор нельзя рассматривать как, элемент, обладающий только активным сопротивлением, определяемым его резистивным элементом.

1.1.3. Ряды номинальных сопротивлений резисторов

Номинальные сопротивления резисторов, выпускаемых отечественной промышленностью в соответствии с рекомендациями МЭК, стандартизованы (табл. 1.1 и табл. 1.2):

- ♦ для постоянных резисторов установлено шесть рядов: Е6, Е12, Е24, Е48, Е96, Е192;
- ♦ для переменных резисторов установлен ряд Е6.

Кроме этого допускается использовать ряд Е3.

Цифра после буквы Е указывает число номинальных значений в каждом десятичном интервале. Номиналы сопротивлений соответствуют числам в приведенных ниже таблицах или числам, полученным умножением или делением этих чисел на 10^n (n — целое положительное или отрицательное число).

Номинальные сопротивления по ряду E3, E6, E12, E24

Таблица 1.1

E3	E6	E12	E24
1	1	1	1
			1,1
		1,2	1,2
			1,3
	1,5	1,5	1,5
			1,6
		1,8	1,8
			2
2,2	2,2	2,2	2,2
			2,4
		2,7	2,7
			3
	3,3	3,3	3,3
			3,6
		3,9	3,9
			4,3
4,7	4,7	4,7	4,7
			5,1
		5,6	5,6
			6,2
	6,8	6,8	6,8
			7,5
		8,2	8,2
			9,1

Номинальные сопротивления по ряду E48, E96, E192

Таблица 1.2

E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192
100	100	100			126		158	158
		101	127	127	127			160
	102	102			129	162	162	162
		104		130	130			164
105	105	105			132		165	165
		106	133	133	133			167
	107	107			135	169	169	169
		109			137			172
110	110	110			138		174	174
		111	140	140	140			176
	113	113			142	178	178	178
		114		143	143			180
115	115	115			145		182	182
		117	147	147	147			184
	118	118			149	187	187	187
		120		150	150			189
121	121	121			152		191	191
		123	154	154	154			193
	124	124			156	196	196	196

Продолжение табл. 1.2

E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192
		198		340	340			583
	200	200			344	590	590	590
		203	348	348	348			597
205	205	205			352		604	604
		208		357	357			612
	210	210			361	619	619	619
		213	365	365	365			626
215	215	215			370		634	634
		218		374	374			642
	221	221			379	649	649	649
		223	383	383	383			657
226	226	226			388		665	665
		229		392	392			673
	232	232			397	681	681	681
		234	402	402	402			690
237	237	237			407		698	698
		240		412	412			706
	243	243			417	715	715	715
		246	422	422	422			723
249	249	249			427		732	732
		252		432	432			741
	255	255			437	750	750	750
		258	442	442	442			759
261	261	261			448		768	768
		264		453	453			777
	267	267			459	787	787	787
		271	464	464	464			796
274	274	274			470		806	806
		277		475	475			816
	280	280			481	825	825	825
		284	487	487	487			835
287	287	287			493		845	845
		291		499	499			856
	294	294			505	866	866	866
		298	511	511	511			876
301	301	301			517		887	887
		305		523	523			898
	309	309			530	909	909	909
		312	536	536	536			920
316	316	316			542		931	931
		320		549	549			942
	324	324			556	953	953	953
		328	562	562	562			965
332	332	332			569		976	976
		336		576	576			988

1.1.4. Условные обозначения и кодовая маркировка резисторов

Сокращенное условное обозначение резисторов должно состоять из нескольких элементов.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква или сочетание букв, обозначающее под-класс резисторов:

Р — резисторы постоянные;

РП — резисторы переменные;

НР — наборы резисторов.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, обозначающая группу резисторов по материалу резистивного элемента:

1 — непроволочные;

2 — проволочные или металлофольговые.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — регистрационный номер конкретного типа резистора.

ПОЛНОЕ УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ состоит из:

- ♦ сокращенного обозначения;
- ♦ варианта конструктивного исполнения;
- ♦ значений основных параметров и характеристик резисторов;
- ♦ климатического исполнения;
- ♦ обозначения документа на поставку.

Параметры и характеристики, входящие в полное условное обозначение резистора, указывают в следующей последовательности.

Для постоянных резисторов:

- ♦ номинальная мощность рассеяния;
- ♦ номинальное сопротивление и буквенное обозначение единицы измерения (Ом, кОм, МОм, ГОм, ТОм);
- ♦ допускаемое отклонение сопротивления в процентах (допуск);
- ♦ группа по уровню шумов (для непроволочных резисторов);
- ♦ группа по температурному коэффициенту сопротивления (ТКС).

Для переменных резисторов:

- ♦ номинальная мощность рассеяния;
- ♦ номинальное сопротивление и буквенное обозначение единицы измерения (Ом, кОм, МОм);
- ♦ допускаемое отклонение сопротивления в процентах (допуск);
- ♦ функциональная характеристика (для непроволочных резисторов);
- ♦ обозначение конца вала и длины выступающей части вала (размер от монтажной плоскости до конца вала):

- ВС-1 — сплошной гладкий;
- ВС-2 — сплошной со шлицем;
- ВС-3 — сплошной с лыской;
- ВС-4 — сплошной с двумя лысками;
- ВП-1 — полый гладкий;
- ВП-2 — полый с лыской.

**Примечание.**

Буквенное обозначение единицы измерения мощности рассеяния указывают только в том случае, если она измеряется в киловаттах (кВт).

Обозначение климатического исполнения для всех типов резисторов указывается:

- В** — всеклиматическое;
- Т** — тропическое.

По существовавшей раньше системе буквы обозначали:

- С** — резисторы постоянные;
- СП** — резисторы переменные.

Число, стоящее после букв, обозначало разновидность резистора в зависимости от материала токопроводящего элемента:

- 1** — непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые;
- 2** — непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические и металлоокисные;
- 3** — непроволочные композиционные пленочные;
- 4** — непроволочные композиционные объемные;
- 5** — проволочные;
- 6** — непроволочные тонкослойные металлизированные.

**Пример.**

С2-33 — резистор постоянный непроволочный тонкослойный металлодиэлектрический, регистрационный номер 33.

Маркировка на резисторах также буквенно-цифровая. Она содержит: вид; номинальную мощность; номинальное сопротивление; допуск; дату изготовления.

**Примечание.**

*В зависимости от размеров маркируемых резисторов и вида технической документации применяют **полные** и **сокращенные** (кодированные) обозначения номинальных сопротивлений и допусков.*

Полное обозначение номинальных сопротивлений состоит из двух частей:

- ♦ значения номинального сопротивления (цифра);
- ♦ обозначения единицы измерения (Ом — омы, кОм — килоомы, МОм — мегаомы, ГОм — гигаомы, ТОм — тераомы).



Примеры.

75 Ом, 33 кОм, 1,8 МОм, 4,3 ГОм, 1,0 ТОм.

Кодированное обозначение номинальных сопротивлений состоит из трех или четырех знаков, включающих:

- ♦ две цифры и букву;
- ♦ три цифры и букву.

БУКВА КОДА из русского или латинского (в скобках) алфавита обозначает множитель, составляющий сопротивление, и определяет положение запятой десятичного знака для сопротивлений, выраженных в омах:

- ♦ R обозначают множитель 1;
- ♦ K обозначают множитель 10^3 ;
- ♦ M обозначают множитель 10^6 ;
- ♦ G обозначают множитель 10^9 ;
- ♦ T обозначают множитель 10^{12} .



Примеры.

Для приведенного выше примера следует писать 75R, 33K, 1M8, 4G3, 1T0.

Полное обозначение допускаемого отклонения состоит из цифр. **Кодированное обозначение допускаемого отклонения** состоит из буквы.

КОДИРОВАННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ допусков по Публикации 62 и 115-2 МЭК:

B — $\pm 0,1$ %;	F — ± 1 %;	K — ± 10 %;
C — $\pm 0,25$ %;	G — ± 2 %;	M — ± 20 %;
D — $\pm 0,5$ %;	J — ± 5 %;	N — ± 30 %.

КОДИРОВАННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ допусков по ГОСТ 11076-69:

B — $\pm 0,1$ %;	G — ± 2 %;	N — ± 30 %;
C — $\pm 0,25$ %;	J — ± 5 %;	R — $\pm 0,005$ %;
D — $\pm 0,5$ %;	K — ± 10 %;	U — $\pm 0,02$ %;
E — $\pm 0,001$ %;	L — $\pm 0,002$ %;	X — $\pm 0,05$ %;
F — ± 1 %;	M — ± 20 %;	P — $\pm 0,01$ %.

**Пример.*****Р1-4-0,5-18 кОм±1% А-Б-В***

- ♦ *постоянный непроволочный резистор;*
- ♦ *с регистрационным номером 4;*
- ♦ *с номинальной мощностью рассеяния 0,5 Вт;*
- ♦ *с номинальным сопротивлением 18 кОм;*
- ♦ *с допуском ±1%;*
- ♦ *группой по уровню шумов А;*
- ♦ *группой ТКС — Б;*
- ♦ *всеклиматического исполнения В.*

**Пример.*****РП1-33Д-0,125-2 кОм±10% А ВП-1-32***

- ♦ *переменный непроволочный счетверенный резистор;*
- ♦ *с регистрационным номером 33;*
- ♦ *с вариантом конструктивного исполнения Д;*
- ♦ *с номинальной мощностью рассеяния 0,125 Вт;*
- ♦ *с номинальным сопротивлением 2 кОм;*
- ♦ *с допуском ±10%;*
- ♦ *группой по уровню шумов А;*
- ♦ *с видом конца вала ВП-1;*
- ♦ *с длиной выступающей части вала 32 мм.*

**Примечание.**

Условные обозначения номиналов зарубежных и отечественных резисторов совпадают, с той лишь разницей, что кириллические символы, естественно, не используются.

SMD резисторы маркируются различными способами. Способ маркировки зависит от типоразмера резистора и допуска.

Резисторы типоразмера 0402 не маркируются.

Резисторы с допуском 2, 5 и 10% всех типоразмеров маркируются тремя цифрами:

- ♦ **ПЕРВЫЕ ДВЕ ЦИФРЫ** обозначают мантиссу (то есть номинал резистора без множителя);
- ♦ **ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА** обозначает показатель степени по основанию 10 для определения множителя.

При необходимости к значащим цифрам может добавляться буква R для обозначения десятичной точки.

**Примеры.**

Обозначение 473 означает, что резистор имеет номинал $47 \times 10^3 \text{ Ом} = 47 \text{ кОм}$. **Обозначение 100** означает, что номинал резистора равен 10 Ом.

Резисторы с допуском 1% типоразмеров от 0805 и выше маркируются четырьмя цифрами:

- ♦ **ПЕРВЫЕ ТРИ ЦИФРЫ** обозначают мантиссу;
- ♦ **ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА** обозначает показатель степени по основанию 10 для задания номинала резистора в омах.

Буква R также служит для обозначения десятичной точки.



Пример.

Обозначение 8201 означает, что резистор имеет номинал $820 \times 10 \text{ Ом} = 8,2 \text{ кОм}$.

Резисторы с допуском 1% типоразмера 0603 маркируются с использованием приведенным ниже списком ЕІА-96 двумя цифрами и одной буквой:

- ♦ **ЦИФРЫ** задают код, по которому из списка определяют мантиссу;
- ♦ **БУКВА** — показатель степени по основанию 10 для определения номинала резистора в омах.



Пример.

Обозначение 13D означает, что резистор имеет номинал $133 \times 10^3 \text{ Ом} = 133 \text{ кОм}$.

КОДЫ (слева) и ЗНАЧЕНИЯ (справа), по которому определяют мантиссу:

1 — 100;	18 — 150;	35 — 226;	52 — 340;
2 — 102;	19 — 154;	36 — 232;	53 — 348;
3 — 105;	20 — 158;	37 — 237;	54 — 357;
4 — 107;	21 — 162;	38 — 243;	55 — 365;
5 — 110;	22 — 165;	39 — 249;	56 — 374;
6 — 113;	23 — 169;	40 — 255;	57 — 383;
7 — 115;	24 — 174;	41 — 261;	58 — 392;
8 — 118;	25 — 178;	42 — 267;	59 — 402;
9 — 121;	26 — 182;	43 — 274;	60 — 412;
10 — 124;	27 — 187;	44 — 280;	61 — 422;
11 — 127;	28 — 191;	45 — 287;	62 — 432;
12 — 130;	29 — 196;	46 — 294;	63 — 442;
13 — 133;	30 — 200;	47 — 301;	64 — 453;
14 — 137;	31 — 205;	48 — 309;	65 — 464;
15 — 140;	32 — 210;	49 — 316;	66 — 475;
16 — 143;	33 — 215;	50 — 324;	67 — 487;
17 — 147;	34 — 221;	51 — 332;	68 — 499;

69 — 511;	76 — 604;	83 — 715;	90 — 845;
70 — 523;	77 — 619;	84 — 732;	91 — 866;
71 — 536;	78 — 634;	85 — 750;	92 — 887;
72 — 549;	79 — 649;	86 — 768;	93 — 909;
73 — 562;	80 — 665;	87 — 787;	94 — 931;
74 — 576;	81 — 681;	88 — 806;	95 — 953;
75 — 590;	82 — 698;	89 — 825;	96 — 976.

Значение БУКВЫ:

S — 10^{-2} ;	A — 10^0 ;	C — 10^2 ;	E — 10^4 ;
R — 10^{-1} ;	B — 10^1 ;	D — 10^3 ;	F — 10^5 .

SMD резисторы упаковываются в стандартной упаковке: на бумажной ленте; на бобине.

При этом наносится **маркировка с указанием**: типа резистора; типоразмера; номинала; допуска.



Пример.

RMC-18 (1206) 1002 FR, где буквой после номинала обозначен допуск ($F = \pm 1\%$; $J = \pm 5\%$; $D = \pm 0,5\%$), а буква R означает, что резисторы упакованы на бумажной ленте в бобине.



Примечание.

Буквенно-цифровое условное обозначение зарубежных SMD резисторов такое же.

1.1.5. Постоянные резисторы: характеристики

Справочные данные по постоянным резисторам сведены в табл. 1.3—1.49. Обозначения в таблицах: P_n — номинальная мощность рассеяния; S — диапазон номинальных сопротивлений; $U_{\text{раб}}$ — предельное рабочее напряжение; ТКС — температурный коэффициент сопротивления $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$; T — диапазон рабочих температур. Для каждого типа резистора под каждой таблицей приводится краткая характеристика, указывается допуск (%) данного типа резистора.



Интернет.

Обновляемые данные по постоянным резисторам содержатся, например, на сайте <http://www.trzrus.narod.ru/rec/recallr.htm?3../res.htm>.

Характеристики резисторов ВС

Таблица 1.3

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
1	47—10×10 ⁶	700	−700	−60...+40
2	47—10×10 ⁶	1000	−1200	−60...+40
5	47—10×10 ⁶	1500	−2000	−60...+40
10	47—10×10 ⁶	2000	−2000	−60...+40

Примечание. ВС — резистор углеродистый неизолированный с радиальными ленточными выводами для навесного монтажа. Допуски: ±1%, ±2%, ±5%, ±10%, ±20%.

Характеристики резисторов МЛТ

Таблица 1.4

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	1—3×10 ⁶	200	±1200	−60...+70
0,25	1—5,1×10 ⁶	250	±1200	−60...+70
0,5	1—5,1×10 ⁶	350	±1200	−60...+70
1	1—10×10 ⁶	500	±1200	−60...+70
2	1—10×10 ⁶	750	±1200	−60...+70

Примечание. МЛТ — резистор металлодиэлектрический неизолированный для навесного монтажа. Допуски: ±1%, ±2%, ±5%, ±10%.

Характеристики резисторов Р1-4

Таблица 1.5

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,25	10—1×10 ⁶	100	±250	−60...+85
0,5	1—1×10 ⁶	250	±500	−60...+85

Примечание. Р1-4 — резистор металлодиэлектрический неизолированный для навесного монтажа. Допуск: ±1%, ±2%, ±5%.

Характеристики резисторов Р1-7

Таблица 1.6

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,5	1—5,1×10 ⁶	350	±1000	−60...+70
1	1—10×10 ⁶	500	±1000	−60...+70
2	1—10×10 ⁶	750	±1000	−60...+70

Примечание. Р1-7 — резистор металлодиэлектрический огнестойкий невоспламеняемый общего применения для навесного монтажа. Допуски: ±1%, ±2%, ±5%, ±10%.

Характеристики резисторов Р1-22

Таблица 1.7

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
10	470	68,9	±200	−60...+70

Примечание. Р1-22 — резистор высокочастотный для работы в цепях постоянного и переменного токов в диапазоне частот до 100 МГц. Допуск ±2%.

Характеристики резисторов Р1-25

Таблица 1.8

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,5	0,1—1000	—	±1000	−60...+70

Примечание. Р1-25 — резистор предохранительный. Допуски: ±5%, ±10%.

Характеристики резисторов Р1-27

Таблица 1.9

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
1	10—1000	—	—	−60...+70

Примечание. Р1-27 — резистор композиционный высоковольтный неизолированный. Допуски: ±10%, ±20%.

Характеристики резисторов P1-40

Таблица 1.10

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
3	1—1000	—	—	—55...+155
5	1—1000	—	—	—55...+155

Примечание. P1-40 — резистор композиционный высокотемпературный. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$

Характеристики резисторов C1-4

Таблица 1.11

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	1— 2×10^6	250	—2500	—60...+70
0,25	2— 10×10^6	350	—2500	—60...+70
0,5	2— 10×10^6	500	—2500	—60...+70

Примечание. C1-4 — резистор углеродистый неизолированный для навесного монтажа. Уровень шумов 1 и 5 мкВ/В. Допуски: $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики резисторов C2-1

Таблица 1.12

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,25	1— $0,51 \times 10^6$	350	—800...+500	—60...+85
0,5	1— $0,51 \times 10^6$	500	—300...+400	—60...+85
1	1— 1×10^6	750	—600...+100	—60...+85
2	1— $5,1 \times 10^6$	750	—1200...+400	—60...+85

Примечание. C2-1 — резистор металлоокисный неизолированный. Уровень шумов 1 мкВ/В. Допуски: $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики резисторов C2-6

Таблица 1.13

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	100— 1×10^6	200	± 1200	—60...+250
0,25	100— 2×10^6	200	± 1200	—60...+250

Примечание. C2-6 — резистор металлодиэлектрический неизолированный для навесного монтажа. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики резисторов C2-10

Таблица 1.14

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	1—9880	400	$\pm(200—600)$	—60...+70
0,25	1—9880	400	$\pm(200—600)$	—60...+70
0,5	1—9880	750	$\pm(200—600)$	—60...+70
1	1—9880	1000	$\pm(200—600)$	—60...+70
2	1—9880	1200	$\pm(200—600)$	—60...+70

Примечание. C2-10 — резистор металлодиэлектрический, высокочастотный неизолированный для навесного монтажа. Ряды E192 и E24. Допуски: $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$.

Характеристики резисторов C2-10a

Таблица 1.15

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,5	50, 75, 100, 270	150	—300...+500	—60...+100
1	50, 75	150	—300...+500	—60...+100
2	50, 75	200	—300...+500	—60...+100

Примечание. C2-10a — резистор металлодиэлектрический, высокочастотный, неизолированный для работы в электрических цепях высокочастотной и импульсной аппаратуры. Допуски: $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$.

Характеристики резисторов С2-11

Таблица 1.16

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	1—100	—	± 1200	$-60...+100$
0,25	1—100	—	± 1200	$-60...+100$

Примечание. С2-11 — резистор металлодиэлектрический общего назначения неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики резисторов С2-13

Таблица 1.17

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,25	1— 1×10^6	250	$\pm (15-75)$	$-60...+70$
0,5	1— 1×10^6	350	$\pm (15-75)$	$-60...+70$
1	1— 1×10^6	500	$\pm (15-75)$	$-60...+70$

Примечание. С2-13 — резистор металлодиэлектрический прецизионный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е192. Допуски: $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$.

Характеристики резисторов С2-14

Таблица 1.18

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	10— 1×10^6	150	$\pm (15-75)$	$-60...+85$
0,25	1— 1×10^6	250	$\pm (25-75)$	$-60...+85$
0,5	1— $2,21 \times 10^6$	350	$\pm (15-150)$	$-60...+85$
1	1— $3,01 \times 10^6$	500	$\pm (15-150)$	$-60...+85$
2	1— $5,11 \times 10^6$	750	$\pm (50-150)$	$-60...+85$

Примечание. С2-14 — резистор металлодиэлектрический прецизионный неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е192. Допуски: $\pm 0,1\%$, $\pm 0,25\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$.

Характеристики резисторов С2-23

Таблица 1.19

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,062	10— $0,511 \times 10^6$	150	± 300	$-60...+85$
0,125	1— $3,01 \times 10^6$	200	± 300	$-60...+85$
0,25	1— $5,11 \times 10^6$	350	± 300	$-60...+85$
0,5	1— $5,11 \times 10^6$	500	± 300	$-60...+85$
1	1— 1×10^6	700	± 300	$-60...+85$
2	1— 1×10^6	750	± 300	$-60...+85$

Примечание. С2-23 — резистор металлодиэлектрический общего назначения неизолированный. Ряд Е96. Допуски: $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики резисторов С2-29В

Таблица 1.20

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,062	10— $0,511 \times 10^6$	150	± 300	$-60...+85$
0,125	1— 1×10^6	200	± 300	$-60...+85$
0,25	1— $5,11 \times 10^6$	350	± 300	$-60...+85$
0,5	1— $5,11 \times 10^6$	500	± 300	$-60...+85$
1	1— $8,56 \times 10^6$	700	± 300	$-60...+85$
2	1— 20×10^6	750	± 300	$-60...+85$

Примечание. С2-29В — резистор металлодиэлектрический прецизионный изолированный для навесного монтажа. Ряды: Е24, Е192. Допуски: $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$, $\pm 0,25\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$.

Характеристики резисторов С2-33

Таблица 1.21

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	1— $3,01 \times 10^6$	200	± 1000	$-60...+125$
0,25	1— $5,11 \times 10^6$	250	± 1000	$-60...+125$

Таблица 1.21 (продолжение)

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,5	$1\text{—}5,11 \times 10^6$	350	± 1000	$-60 \dots +125$
1	$1\text{—}10 \times 10^6$	500	± 500	$-60 \dots +125$
2	$1\text{—}2 \times 10^6$	750	± 1500	$-60 \dots +125$

Примечание. С2-33 — резистор металлодиэлектрический неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е96. Допуски: $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики резисторов С2-33А

Таблица 1.22

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	$1\text{—}3,01 \times 10^6$	200	± 500	$-60 \dots +125$
0,25	$1\text{—}5,11 \times 10^6$	250	± 500	$-60 \dots +125$
0,5	$1\text{—}5,11 \times 10^6$	350	± 500	$-60 \dots +125$
1	$1\text{—}10 \times 10^6$	500	± 500	$-60 \dots +125$
2	$1\text{—}2 \times 10^6$	750	± 500	$-60 \dots +125$

Примечание. С2-33А — резистор металлодиэлектрический изолированный для навесного монтажа. Ряд Е24 и Е192. Допуски: $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики резисторов С2-34

Таблица 1.23

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,062	$10\text{—}10 \times 10^3$	150	± 600	$-60 \dots +70$
0,125	$0,505\text{—}10 \times 10^3$	250	± 600	$-60 \dots +70$
0,25	$0,505\text{—}10 \times 10^3$	350	± 600	$-60 \dots +70$
0,5	$0,505\text{—}10 \times 10^3$	550	± 600	$-60 \dots +70$
1	$0,505\text{—}10 \times 10^3$	750	± 600	$-60 \dots +70$

Примечание. С2-34 — резистор металлодиэлектрический высокочастотный (с подавленной реактивностью) неизолированный для навесного и внутреннего монтажа. Ряд Е192. Допуски: $\pm 0,1\%$, $\pm 0,25\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$.

Характеристики резисторов С2-36

Таблица 1.24

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	$10\text{—}2,21 \times 10^6$	200	± 150	$-60 \dots +70$
0,125	$100\text{—}2,21 \times 10^6$	200	± 75	$-60 \dots +70$

Примечание. С2-36 — резистор металлодиэлектрический прецизионный неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е192. Допуски: $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$.

Характеристики резисторов С2-50

Таблица 1.25

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,25	$10\text{—}1 \times 10^6$	200	± 250	$-55 \dots +70$
0,33	$10\text{—}2 \times 10^6$	250	± 250	$-55 \dots +70$
0,7	$1\text{—}5,1 \times 10^6$	350	± 250	$-55 \dots +70$

Примечание. С2-50 — резистор металлодиэлектрический общего назначения неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е96. Допуски: $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$.

Характеристики резисторов С3-5а

Таблица 1.26

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
—	$(1\text{—}5,6) \times 10^9$	5 кВ	-2000	$-60 \dots +70$
—	$(1\text{—}4,7) \times 10^9$	10 кВ	1000	$-60 \dots +70$
—	$(5,6\text{—}15) \times 10^9$	15 кВ	—	$-60 \dots +70$

Примечание. С3-5а — резистор лакопленочный композиционный высоковольтный неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е12. Допуски: $\pm 10\%$, $\pm 20\%$.

Характеристики резисторов С3-56

Таблица 1.27

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
—	$(1-15) \times 10^9$	10 кВ	—2000	—60...+70
—	$(1-15) \times 10^9$	15 кВ	1000	—60...+70

Примечание. С3-56 — резистор лаполеночный композиционный высоковольтный неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е12. Допуски: $\pm 10\%$, $\pm 20\%$.

Характеристики резисторов С3-9

Таблица 1.28

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
1	$(0,47-100) \times 10^6$	4 кВ	—800	—60...+40
1	$(100-3300) \times 10^6$	16 кВ	300	—60...+40
10	$(33-330) \times 10^6$	25 кВ	—	—60...+40

Примечание. С3-9 — резистор лаполеночный композиционный высоковольтный неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е12. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$.

Характеристики резисторов С3-12

Таблица 1.29

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
—	$(1-18) \times 10^9$	8,5 кВ	—1500	—60...+85
—	$(1-18) \times 10^9$	8,5 кВ	—1500	—60...+85

Примечание. С3-12 — резистор лаполеночный композиционный высоковольтный высокоомный неизолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 10\%$, $\pm 20\%$.

1.1.6. Переменные резисторы: характеристики

Характеристики переменных резисторов МВСГ

Таблица 1.30

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	$10000-3 \times 10^6$	400	$\pm(15-60)$	—40...+60
0,25	$10000-2 \times 10^6$	500	$\pm(15-60)$	—40...+60
0,5	$10000-10 \times 10^6$	700	$\pm(15-60)$	—40...+60
1	$50000-10 \times 10^6$	1000	$\pm(15-60)$	—40...+60

Примечание. МВСГ — резистор проволочный прецизионный особостабильный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 0,03\%$, $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$.

Характеристики переменных резисторов МРГЧ

Таблица 1.31

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,25	$10000-1 \times 10^6$	500	± 60	—60...+60
0,5	$10000-2 \times 10^6$	700	± 60	—60...+60
1	$10000-3 \times 10^6$	1000	± 60	—60...+60

Примечание. МРГЧ — резистор проволочный прецизионный особостабильный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е48. Допуски: $\pm 0,03\%$, $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$.

Характеристики переменных резисторов МРХ

Таблица 1.32

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,05	$10000-3 \times 10^6$	200	± 30	—60...+60
0,125	$10000-2 \times 10^6$	250	± 30	—60...+60
0,25	$10000-10 \times 10^6$	350	± 30	—60...+60
0,5	$50000-10 \times 10^6$	500	± 30	—60...+60

Примечание. МРХ — резистор проволочный прецизионный особостабильный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е96. Допуски: $\pm 0,03\%$, $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$.

Характеристики переменных резисторов ПЭВ

Таблица 1.33

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
3	3—510	1400	± 200	$-60...+40$
7,5	1— $3,3 \times 10^3$	1400	± 200	$-60...+40$
10	1,8— 10×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
15	3,9— 15×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
20	4,7— 20×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
25	10— 24×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
30	10— 30×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
40	18— 51×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
50	18— 51×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
75	47— 56×10^3	1400	± 200	$-60...+40$
100	47— 56×10^3	1400	± 200	$-60...+40$

Примечание. ПЭВ — резистор проволочный нагрузочный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов ПЭВР

Таблица 1.34

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
10	3—220	1400	± 200	$-60...+40$
15	5,1—220	1400	± 200	$-60...+40$
20	10—430	1400	± 200	$-60...+40$
25	10—510	1400	± 200	$-60...+40$
30	15—1000	1400	± 200	$-60...+40$
50	22—1500	1400	± 200	$-60...+40$
100	47—2700	1400	± 200	$-60...+40$

Примечание. ПЭВР — резистор проволочный нагрузочный с возможностью регулирования сопротивления перемещением хомутка для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов ПЭВТ

Таблица 1.35

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
3	43—1300	—	240	$-60...+440$
10	10—3000	—	240	$-60...+440$
25	15—7500	—	240	$-60...+440$
50	20—20000	—	240	$-60...+440$
75	20—27000	—	240	$-60...+440$
100	20—43000	—	240	$-60...+440$

Примечание. ПЭВТ — резистор проволочный нагрузочный влагостойкий, теплостойкий. Ряд Е24. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов Р2-75

Таблица 1.36

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
—	1—30,1	400	± 100	$-60...+70$

Примечание. Р2-75 — резистор проволочный с низкой индуктивностью для печатного монтажа. Индуктивность 0,1 мкГн (1—10 Ом); 0,2 мкГн (10,2—30,1 Ом). Ряд Е96. Допуск $\pm 1\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-5В

Таблица 1.37

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
1	1—13000	400	± 150	$-60...+70$
2	2—30000	400	± 150	$-60...+70$
5	5,1—75000	600	± 150	$-60...+70$

Таблица 1.37 (продолжение)

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
8	10—100000	400	± 150	$-60...+70$
10	10—180000	400	± 150	$-60...+70$

Примечание. С5-5В — резистор проволочный прецизионный и общего применения изолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 0,05\%$, $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-16

Таблица 1.38

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
1	0,1—10	300	± 150	$-60...+100$
2	0,1—10	300	± 150	$-60...+100$
5	0,1—10	300	± 150	$-60...+100$
8	0,39—10	300	± 150	$-60...+100$
10	0,51—10	300	± 150	$-60...+100$

Примечание. С5-16 — резистор проволочный прецизионный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-17В

Таблица 1.39

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,125	0,1—1000	300	± 50	$-60...+85$
0,25	0,1—1000	300	± 50	$-60...+85$
0,5	0,1—1000	300	± 50	$-60...+85$

Примечание. С5-17В — резистор проволочный прецизионный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-24

Таблица 1.40

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,5	$1—51 \times 10^6$	—	± 30	$-60...+70$

Примечание. С5-24 — резистор проволочный высокоомный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуск $\pm 5\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-25В

Таблица 1.41

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,25	1—5600	—	± 35	$-60...+85$
0,5	2—10000	—	± 35	$-60...+85$
1	5,1—30000	—	± 35	$-60...+85$

Примечание. С5-25В — резистор проволочный прецизионный высокостабильный изолированный для навесного монтажа. Ряд Е24. Допуски: $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-27

Таблица 1.42

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
0,05	$5000—1 \times 10^6$	—	± 20	$-40...+70$

Примечание. С5-27 — резистор проволочный прецизионный особостабильный изолированный для навесного монтажа. Допуск $\pm 0,01\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-35В

Таблица 1.43

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
3	3—510	—	± 500	$-60...+40$
7,5	1—3300	—	± 500	$-60...+40$
10	1,8—10000	—	± 500	$-60...+40$
15	3,9—15000	—	± 500	$-60...+40$

Таблица 1.43 (продолжение)

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
25	10—24000	—	± 500	$-60...+40$
50	18—51000	—	± 500	$-60...+40$
75	47—56000	—	± 500	$-60...+40$
100	47—56000	—	± 500	$-60...+40$

Примечание. C5-35B — резистор проволочный нагрузочный для навесного монтажа. Допуск $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.
Ряды E12, E24.

Характеристики переменных резисторов C5-36B

Таблица 1.44

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
10	3—320	—	± 500	$-60...+40$
15	5,1—220	—	± 500	$-60...+40$
25	10—510	—	± 500	$-60...+40$
50	22—1500	—	± 500	$-60...+40$
100	47—2700	—	± 500	$-60...+40$

Примечание. C5-36B — резистор проволочный нагрузочный с возможностью регулирования сопротивления перемещением хомутика. Ряды E12 и E24. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов C5-37B

Таблица 1.45

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
5	1,8—5100	500	± 100	$-60...+40$
8	2,7—6800	500	± 100	$-60...+40$
10	3,3—10000	500	± 100	$-60...+40$

Примечание. C5-37B — резистор проволочный нагрузочный неизолированный для навесного монтажа. Ряд E24. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов C5-40B

Таблица 1.46

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
100	33—10000	25 кВ	± 240	$-60...+100$
160	33—10000	30 кВ	± 240	$-60...+100$
250	33—10000	35 кВ	± 240	$-60...+100$
500	33—10000	35 кВ	± 240	$-60...+100$

Примечание. C5-40B — резистор проволочный высоковольтный мощный малоиндуктивный. Ряд E24. Допуск $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов C5-42AB

Таблица 1.47

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
1	1,8—1000	150	$\pm(50; 500)$	$-60...+100$
2	1—2740	300	$\pm(50; 500)$	$-60...+100$
3	0,1—10000	300	$\pm(50; 500)$	$-60...+100$
5	4,3—10000	300	$\pm(50; 500)$	$-60...+100$
8	4,7—10000	300	$\pm(50; 500)$	$-60...+100$
10	5,1—10000	300	$\pm(50; 500)$	$-60...+100$

Примечание. C5-42AB — резистор проволочный прецизионный изолированный для навесного и печатного монтажа. Ряды E24 и E96. Допуски: $\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов C5-43

Таблица 1.48

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
10	0,068—1	100	± 500	$-60...+85$
16	0,082—1	100	± 500	$-60...+85$

Таблица 1.48 (продолжение)

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{Ом}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
25	0,1—1	100	± 500	$-60...+85$
50	0,22—1	100	± 500	$-60...+85$
75	0,33—1	100	± 500	$-60...+85$
100	0,39—1	100	± 500	$-60...+85$

Примечание. С5-43 — резистор проволочный нагрузочный мощный изолированный для навесного монтажа. Ряды E12 и E24. Допуски: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Характеристики переменных резисторов С5-50

Таблица 1.49

$P_{\text{н}}, \text{Вт}$	$S, \text{МОм}$	$U_{\text{раб}}, \text{В}$	ТКС	$T, ^\circ\text{C}$
—	50 100	—	± 30	$-40...+70$
—	200 500	—	± 30	$-40...+70$

Примечание. С5-50 — резистор проволочный высокоомный изолированный для навесного монтажа. Допуски: $\pm 0,1\%$, $\pm 0,5\%$.

1.1.7. Обзор ресурсов сети Интернет по резисторам

Импортные резисторы описаны на сайтах:

- ♦ <http://bashel.bashel.ru/info5/CF.pdf>
- ♦ <http://www.chip-dip.ru/catalog/show/1694.aspx>
- ♦ http://eicom.ru/catalogue/Resistors/Chip_Resistor_-_Surface_Mount/

Переменные резисторы описаны на сайте <http://www.trzrus.narod.ru/rec/recallr.htm?2../res.htm>.

Резисторные сборки описаны на сайте <http://www.chip-dip.ru/lib/catalog/1619.aspx>.

Отечественные терморезисторы описаны на сайтах:

- ♦ <http://www.quartz1.ru/rezistor/termorez.htm>
- ♦ <http://www.marketelectro.ru/upload/File/sprav/sprav7.htm>
- ♦ <http://www.atd-komplekt.kiev.ua/condenser-other.html>.

Импортные терморезисторы описаны на сайтах:

- ♦ <http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200310/6.html>
- ♦ <http://www.atd-komplekt.kiev.ua/resistor-direct.html>.

Отечественные варисторы описаны на сайте <http://www.atd-komplekt.kiev.ua/condenser-other.html>.

1.2. КОНДЕНСАТОРЫ

1.2.1. Первое знакомство

Определение



Определение.

Конденсатор (от лат. *condense* — «уплотнять», «сгущать») — это устройство для накопления заряда и энергии электрического поля. Он представляет собой двухполюсник с определенным значением емкости и малой омической проводимостью.

Конденсатор является пассивным электронным компонентом. Обычно состоит из двух электродов в форме пластин (называемых **обкладками**), разделенных диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок.

Классификация, обозначения и основные параметры конденсаторов

Конденсаторы различают по следующим признакам: характеру изменения емкости, способу защиты от внешних воздействующих факторов, назначению, способу монтажа и виду диэлектрика.

По **характеру изменения емкости** они делятся на конденсаторы постоянной емкости, подстроечные и переменной емкости.

По **способу защиты от внешних воздействующих факторов** конденсаторы бывают незащищенными, защищенными, изолированными с покрытием или без покрытия, изолированными, уплотненными органическими материалами, герметизированными с помощью керамических и металлических корпусов или стеклянных колб.

В зависимости от **способа монтажа** конденсаторы изготавливают для печатного и навесного монтажа.

По **назначению** конденсаторы разделяют на конденсаторы общего назначения и специальные.

По виду диэлектрика конденсаторы делят на группы: с органическим, неорганическим, оксидным и газообразным диэлектриком.

1.2.2. Условные обозначения

Сокращенное условное обозначение

Условное обозначение конденсаторов может быть сокращенным и полным. **Сокращенное условное обозначение** состоит из следующих элементов:

- ♦ **первый элемент обозначения** — буква или сочетание букв, определяющих конденсатор (К — конденсатор постоянной емкости, КТ — подстроечный конденсатор, КП — конденсатор переменной емкости, КС — конденсаторные сборки);
- ♦ **второй элемент обозначения** — число, указывающее используемый вид диэлектрика;
- ♦ **третий элемент обозначения** — порядковый номер разработки конкретного типа.

Ниже приведены сокращенные обозначения **конденсаторов постоянной емкости**:

- K10 — керамические на номинальные напряжения ниже 1600 В;
- K15 — керамические на номинальные напряжения 1600 В и выше;
- K21 — стеклянные;
- K22 — стеклокерамические;
- K23 — стеклоэмалевые;
- K31 — слюдяные малой мощности;
- K32 — слюдяные большой мощности;
- K40 — бумажные на номинальное напряжение ниже 1600 В с фольговыми обкладками;
- K41 — бумажные на номинальное напряжение 1600 В и выше с фольговыми обкладками;
- K42 — бумажные с мателизированными обкладками (металлобумажные);
- K50 — электролитические алюминиевые;
- K51 — электролитические танталовые фольговые;
- K52 — электролитические танталовые объемно-пористые;
- K53 — оксидно-полупроводниковые;
- K60 — воздушные;
- K61 — газообразные;
- K70 — полистирольные с фольговыми обкладками;
- K71 — полистирольные с металлизированными обкладками;
- K72 — фторопластовые;
- K73 — полиэтилентерефталатные с металлизированными обкладками;
- K74 — полиэтилентерефталатные с фольговыми обкладками;

К75 — комбинированные;
К76 — лакопленочные;
К77 — поликарбонатные;
К78 — полипропиленовые.

Сокращенные обозначения **подстроечных конденсаторов**:

КТ1 — вакуумные;
КТ2 — с воздушным диэлектриком;
КТ3 — с газообразным диэлектриком;
КТ4 — с твердым диэлектриком.

Сокращенные обозначения **конденсаторов переменной емкости**:

КП1 — вакуумные;
КП2 — с воздушным диэлектриком;
КП3 — с газообразным диэлектриком;
КП4 — с твердым диэлектриком.

Полное условное обозначение

Полное условное обозначение состоит из следующих элементов:

- ♦ **первый элемент** — сокращенное обозначение;
- ♦ **второй элемент** — обозначение, основные параметры и характеристики, необходимые для заказа и записи в конструкторской документации (вариант конструктивного исполнения, номинальное напряжение, номинальная емкость, допускаемое отклонение емкости, группа и класс по температурной стабильности);
- ♦ **третий элемент** — климатическое исполнение;
- ♦ **четвертый элемент обозначения** — документ на поставку (ТУ, ГОСТ).



Пример.

*Пример полного условного обозначения: **К75–10–250В–1,0мкФ ±5%–2–ОЖО.484.465 ТУ** комбинированный конденсатор К75–10 с номинальным напряжением 250 В, номинальной емкостью 1,0 мкФ и допустимым отклонением по емкости ±5%, всеклиматического исполнения В.*

В старой системе обозначений за основу брали различные признаки: конструктивные разновидности, технологические особенности, эксплуатационные характеристики, области применения и т. п., например:

КД — конденсаторы дисковые;
КМ — керамические монолитные;
КЛС — керамические литые секционные;
КПК — конденсаторы подстроечные керамические;
КСО — конденсаторы слюдяные опрессованные;

- СГМ — слюдяные герметизированные малогабаритные;
 КБГИ — конденсаторы бумажные герметизированные изолированные;
 МБГЧ — металлобумажные герметизированные частотные;
 КЭГ — конденсаторы электролитические герметизированные;
 ЭТО — электролитические танталовые объемно-пористые.

1.2.3. Кодовая маркировка конденсаторов

Отечественные конденсаторы

Для малогабаритных конденсаторов, кроме полной маркировки, часто используют КОДИРОВАННОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ, которое состоит из букв и цифр, определяющих для конденсаторов:

- ♦ ТКЕ;
- ♦ номинальную емкость;
- ♦ допустимое отклонение емкости от номинала;
- ♦ рабочее напряжение.

Примеры маркировки сокращенных номиналов конденсаторов представлены в табл. 1.50. На самих конденсаторах могут использоваться русские и латинские буквы для обозначения множителя величины:

- П или p — пикофарады (10^{-12} Ф);
 Н или n — нанофарады (10^{-9} Ф);
 М или J — микрофарады (10^{-6} Ф);
 М или m — миллифарады (10^{-3} Ф);
 Ф или F — фарады.

Эти буквы используются в качестве запятых при указании дробных значений емкости.



Пример.

ЗНЗ или 3n3 — 3300 нФ (в резисторах — аналогично).

Сокращенное обозначение номиналов конденсаторов

Таблица 1.50

Единицы измерения	Предел номинала емкости	Обозначение единицы измерения	Пример обозначения	
			на схеме	на конденсаторе
Пикофарады	До 91	Р или П	1,5	1p5
			15	15П
Нанофарады	От 0,1 до 91	n или Н	150	Н15
			1500	1Н5
			0,015 мк	15Н
Микрофарады	От 0,1 и выше	m или М	0,15 мк	m15
			1,5	1М5
			15 мк	15М
			100	100М

В табл 1.51—1.52 представлены ТКЕ и допустимое отклонение емкости от номинала для конденсаторов.

Обозначение ТКЕ конденсаторов

Таблица 1.51

Буква кода	Цвет корпуса или цвет первого маркероочного знака	Полное обозначение группы ТКЕ	Буква кода	Цвет корпуса или цвет первого маркероочного знака	Полное обозначение группы ТКЕ
—	синий	П210	M	голубой	M47
A	синий	П100	N	серый	П33
B	оранжевый	H10	P	красный	M150
C	голубой	МП0	R	красный	M220
D	оранжевый	H30	S	красный	M330
E	оранжевый	H70	T	красный	M470
F	оранжевый	H90	U	зеленый	M1500
G	синий	П60	V	красный	M750
H	голубой	M33	X	оранжевый	H50
K	зеленый	M2200	Y	зеленый	M3300
L	голубой	M75			

**Примечание.**

Если цвет корпуса совпадает с цветом первого маркировочного знака, первый маркировочный знак не ставят.

Допустимое отклонение емкости от номинала

Таблица 1.52

Буквенное обозначение		Допуск, %	Буквенное обозначение		Допуск, %
современное	старое		современное	старое	
B	Ж	$\pm 0,1$	N	Ф	± 30
C	У	$\pm 0,25$	P		$\pm 0,01$
D	Д	$\pm 0,5$	Q		$-10+30$
E	Р	$\pm 1,0$	R		$\pm 0,005$
E		$\pm 0,001$	S	Б	$-20+50$
F	Л	$\pm 2,0$	T	Э	$-10+50$
I	И	$\pm 5,0$	U		$\pm 0,02$
K	С	± 10	Y	Ю	$-10+100$
L		$\pm 0,002$	Z	А	$-20+80$
M	В	± 20	X		$\pm 0,05$

РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ конденсаторов имеет такое обозначение:

A — 3,2 В; F — 20 В; K — 63 В; Q — 160 В; V — 500 В;
 B — 6,3 В; G — 25 В; L — 80 В; R — 1,6 В; W — 250 В;
 C — 4,0 В; H — 32 В; M — 2,5 В; S — 40 В; X — 315 В;
 D — 10 В; I — 1 В; N — 100 В; T — 350 В; Y — 400 В;
 E — 16 В; J — 50 В; P — 125 В; U — 450 В; Z — 200 В.

В настоящее время на радиодетали часто наносят кодированное обозначение даты изготовления. Эти обозначения располагаются после

основного кода и могут состоять: либо из двух букв латинского алфавита; либо из одной такой буквы и арабской цифры.

Кодированное обозначение зарубежных конденсаторов



Примечание.

В соответствии со стандартами IEC на практике применяется четыре способа кодировки номинальной емкости.

Способ 1. МАРКИРОВКА ТРЕМЯ ЦИФРАМИ:

- ♦ ПЕРВЫЕ ДВЕ ЦИФРЫ обозначают значение емкости в пикофарадах (пФ);
- ♦ ТРЕТЬЯ ЦИФРА обозначает количество нулей.



Примечание.

Когда конденсатор имеет емкость менее 10 пФ, то последняя цифра может быть «9». При емкостях меньше 1,0 пФ — первая цифра «0». Буква R используется в качестве десятичной запятой.



Пример.

Код 010 равен 1,0 пФ, код 0R8 — 0,8 пФ (табл. 1.53).

Коды, присвоенные величине емкости конденсатора

Таблица 1.53

Емкость			Код
пФ	нФ	мкФ	
1,0	0,001	0,000001	109
1,5	0,0015	0,000001	159
2,2	0,0022	0,000001	229
3,3	0,0033	0,000001	339
4,7	0,0047	0,000001	479
6,8	0,0068	0,000001	689
10	0,01	0,00001	100
15	0,015	0,000015	150
22	0,022	0,000022	220
33	0,033	0,000033	330
47	0,047	0,000047	470
68	0,068	0,000068	680
100	0,1	0,0001	101
150	0,15	0,00015	151
220	0,22	0,00022	221
330	0,33	0,00033	331
470	0,47	0,00047	471
680	0,68	0,00068	681
1000	1,0	0,001	102

Емкость			Код
пФ	нФ	мкФ	
1500	1,5	0,0015	152
2200	2,2	0,0022	222
3300	3,3	0,0033	332
4700	4,7	0,0047	472
6800	6,8	0,0068	682
10000	10	0,01	103
15000	15	0,015	153
22000	22	0,022	223
33000	33	0,033	333
47000	47	0,047	473
68000	68	0,068	683
100000	100	0,1	104
150000	150	0,15	154
220000	220	0,22	224
330000	330	0,33	334
470000	470	0,47	474
680000	680	0,68	684
1000000	1000	1,0	105

Способ 2. МАРКИРОВКА ЧЕТЫРЬМЯ ЦИФРАМИ (табл. 1.54):

- ♦ **ПЕРВЫЕ ТРИ ЦИФРЫ** обозначают значение емкости в пикофарадах (пФ);
- ♦ **ТРЕТЬЯ ЦИФРА** обозначает количество нулей.

Маркировка конденсатора четырьмя цифрами

Таблица 1.54

Емкость			Код
пФ	нФ	мкФ	
15500	15,5	0,0155	1552
275000	275	0,275	2753

Способ 3. МАРКИРОВКА ЕМКОСТИ В МИКРОФАРАДАХ (вместо десятичной точки может ставиться буква R):

- 0,1 мкФ — R1; 1,0 мкФ — 1; 10 мкФ — 10;
 0,47 мкФ — R47 4,7 мкФ — 4R7; 100 мкФ — 100.

Способ 4. СМЕШАННАЯ БУКВЕННО-ЦИФРОВАЯ МАРКИРОВКА емкости, допуска, ТКЕ, рабочего напряжения

В отличие от первых трех параметров, которые маркируются в соответствии со стандартами, рабочее напряжение у разных фирм имеет различную буквенно-цифровую маркировку.

Смешанная буквенно-цифровая маркировка емкости (емкость — код):

- 0,1 пФ — p10;
 1,5 пФ — 1p5; 0,15 мкФ — m15;
 332 пФ — 332p; 1,5 мкФ — 1m5;
 1,0 нФ — 1N0 или 1n0; 33,2 мкФ — 33m2;
 15 нФ — 15N или 15n; 330 мкФ — 330m;
 33,2 нФ — 33N2 или 33n2; 1 мФ — 1m0;
 590 нФ — 590N или 590n; 10 мФ — 10m.

Кодированное обозначение электролитических SMD конденсаторов

Различают три основных способа кодирования. Приведенные ниже принципы кодовой маркировки применяются в аппаратуре Panasonic, Hitachi и др.

Способ 1. МАРКИРОВКА ДВУМЯ ИЛИ ТРЕМЯ СИМВОЛАМИ (табл. 1.55).

Код содержит два или три знака (буквы или цифры), обозначающие рабочее напряжение и номинальную емкость:

- ♦ **БУКВЫ** обозначают напряжение и емкость;
- ♦ **ЦИФРА** указывает множитель.

В случае двухзначного обозначения не указывается код рабочего напряжения.

Маркировка конденсаторов двумя или тремя символами

Таблица 1.55

С, мкФ	U, В	Код	С, мкФ	U, В	Код	С, мкФ	U, В	Код
1,0	16/35	A6	2,2	20	DJ6	10	6,3/7	JA7
10	4	A7	3,3	20	DN6	15	6,3/7	JE7
10	10	AA7	4,7	20	DS6	22	6,3/7	JJ7
15	10	AE7	6,8	20	DW6	3,3	6,3/7	JN6
2,2	10	AJ6	1,5	10/25	E6	33	6,3/7	JN7
22	10	AJ7	1,0	25	EA6	4,7	6,3/7	JS6
3,3	10	AN6	1,5	25	EE6	47	6,3/7	JS7
33	10	AN7	2,2	25	EJ6	6,8	6,3/7	JW6
4,7	10	AS6	3,3	25	EN6	0,33	35	N5
6,8	10	AW6	4,7	25	ES6	3,3	4/16	N6
10	16	CA7	0,68	25	EW5	0,47	25/35	S5
1,5	16	CE6	10	4	GA7	1,0	35	VA6
15	16	CE7	15	4	GE7	1,5	35	VE6
2,2	16	CJ6	22	4	GJ7	2,2	35	VJ6
3,3	16	CN6	33	4	GN7	3,3	35	VN6
4,7	16	CS6	4,7	4	GS6	0,47	35	VS5
6,8	16	CW6	47	4	GS7	0,68	35	VW5
1,0	20	DA6	6,8	4	GW6	0,68	20/35	W5
10	20	DA7	68	4	GW7			
1,5	20	DE6	2,2	6,3/7/20	J6			

Способ 2. МАРКИРОВКА ЧЕТЫРЬМЯ СИМВОЛАМИ.

Код содержит четыре знака (буквы и цифры), обозначающие емкость и рабочее напряжение:

- ♦ ПЕРВАЯ БУКВА обозначает рабочее напряжение;
- ♦ ВТОРОЙ И ТРЕТИЙ ЗНАКИ обозначают номинальную емкость в пикофарадах (пФ);
- ♦ ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА — количество нулей.

Возможны два варианта КОДИРОВКИ ЕМКОСТИ.

Вариант 1, когда первые две цифры указывают номинал в пикофарадах, третья — количество нулей.

Вариант 2, когда емкость указывают в микрофарадах, знак m выполняет функцию десятичной запятой.

Способ 3. МАРКИРОВКА В ДВЕ СТРОКИ.

Если величина корпуса позволяет, то код располагается в две строки:

- ♦ В ВЕРХНЕЙ СТРОКЕ указывается номинал емкости непосредственно в микрофарадах (мкФ) или в пикофарадах (пФ) с указанием количества нулей;
- ♦ В НИЖНЕЙ СТРОКЕ указывается рабочее напряжение.

**Пример.**

Первая строка — 15, вторая строка — 35V. Этот конденсатор имеет емкость 15 мкФ и рабочее напряжение 35 В.

1.2.4. Основные параметры конденсаторов

Номинальная емкость — это емкость конденсатора, обозначенная на корпусе или в сопроводительной документации. Номинальные значения емкостей стандартизованы. Для емкостей установлены семь рядов: Е3, Е6, Е12, Е24, Е48, Е96, Е192. Ряды рассмотрены ранее в табл. 1.1 и табл. 1.2.

В **условном обозначении** номинальную емкость указывают в виде конкретного значения, выраженного в пикофарадах (пФ) или микрофарадах (мкФ). Фактическое значение емкости может отличаться от номинального на величину допускаемого отклонения в процентах. Допускаемые отклонения кодируют соответствующими буквами.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) — это параметр, который определяет относительное изменение емкости от температуры при изменении ее на 1°C. Этот параметр применяется для характеристики конденсаторов с линейной зависимостью емкости от температуры. Слюдяные и полистирольные конденсаторы имеют ТКЕ в пределах $(50—200) \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, поликарбонатные $\pm 50 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$. Для конденсаторов с другими видами диэлектрика ТКЕ не нормируется.

Номинальное напряжение — это напряжение, обозначенное на конденсаторе (или указанное в документации), при котором он может работать в заданных условиях в течение срока службы с сохранением параметров в допустимых пределах. Для конденсаторов с номинальным напряжением до 10 кВ номинальные напряжения устанавливаются из ряда (ГОСТ 9665–77): 1; 1,6; 2,5; 3,2; 4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 350; 400; 450; 500; 630; 800; 1000; 1600; 2000; 2500; 3000; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000 В.

Тангенс угла диэлектрических потерь — это величина, которая характеризует потери энергии в конденсаторе. Значения тангенса угла потерь у керамических высокочастотных, слюдяных, полистирольных и фторопластовых конденсаторов находятся в пределах $(10—15) \times 10^{-4}$, поликарбонатных $(15—25) \times 10^{-4}$, керамических низкочастотных 0,035, оксидных 5—35%, полиэтилентерефталатных 0,01—0,012. Величина, обратная тангенсу угла потерь, называется **добротностью конденсатора**.

1.2.5. Керамические конденсаторы

Конденсаторы К10-17 предназначены для работы в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Конденсаторы изготавливают в соответствии с ОЖО.460.172 ТУ; ОЖО.460.107 ТУ; ОЖО.460.107 ТУ ОЖО.460.183 ТУ; ОЖО.460.107 ТУ ПО.070.052. Конденсаторы выпускаются в водородоустойчивом и неводородоустойчивом исполнениях.

К10-17а: правильной формы, изолированные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

K10-176: изолированные окукленные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

K10-17в: незащищенные керамические конденсаторы. Типы контактных электродов: серебро-палладий (нелуженые); серебро-никель барьер/олово-свинец (луженые).

K10-17-4в: незащищенные керамические конденсаторы. Конденсаторы изготавливают в соответствии с ОЖО.460.172 ТУ. Предназначены для поверхностного монтажа. Поставка производится россыпью или в blister-ленте.

Типы контактных электродов: серебро-палладий, серебро-никель барьер/олово-свинец.

Номинальное напряжение керамических конденсаторов К10-17 составляет:

50 В — МП0; М47 (только К10-17-4В); М47; М1500; Н20; Н50.

40 B — H90.

Размеры конденсаторов К10-17 приведены в табл. 1.56—1.59. Внешний вид этих конденсаторов представлен на рис. 1.5.

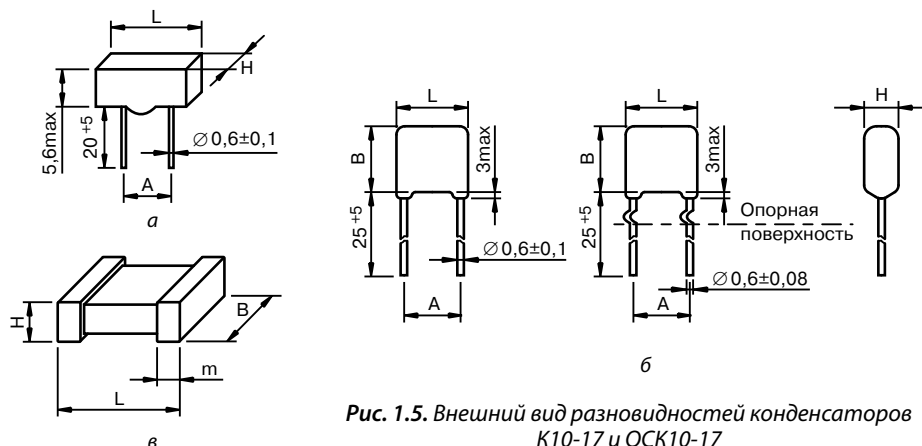


Рис. 1.5. Внешний вид разновидностей конденсаторов К10-17 и ОСК10-17

Размеры конденсаторов К10-17-4в

Таблица 1.59

Обозначение видоразмера	Размеры, мм			
	Вариант «4в» (рис. 1.5, в)			
	L	B	H	m _{min}
1	1,6±0,2	0,8±0,2	0,8±0,2	0,2
2	2,0±0,2	1,25±0,2	0,8±0,2	
3	3,2±0,2	1,6±0,2	1,0±0,2	

Конденсаторы К10-43 — прецизионные керамические конденсаторы. Предназначены для работы в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Конденсаторы изготавливают в соответствии с АДПК.673511.005 ТУ; ОЖО.460.165 ТУ; ОЖО.460.165 ТУ ОЖО.460.183 ТУ; ОЖО.460.165 ТУ ПО.070.052. Конденсаторы варианта «а» и «в» выпускают в водородоустойчивом и неводородоустойчивом исполнениях. Конденсаторы варианта «б» выпускают в водородоустойчивом исполнении.

К10-43а: правильной формы, изолированные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

К10-43б: изолированные окукленные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

К10-43в: незащищенные керамические конденсаторы. Типы контактных электродов: серебро-палладий (нелуженые); серебро-никель барьер/олово-свинец (луженые).

Размеры конденсаторов К10-43 приведены в табл. 1.60. Внешний вид этих конденсаторов представлен на рис. 1.6.

Параметры и характеристики: тип диэлектрика МП0; диапазон емкости 10 пФ—0,0442 мкФ; номинальное напряжение 50 В; климатическая категория — 60/125/21; сопротивление изоляции не менее 10000 МОм.

Размеры и характеристики конденсаторов К10-43

Таблица 1.60

TKE	Размеры, мм													
U _{ном} , В	Рис. 1.6, а			Рис. 1.6, б				Рис. 1.6, в						
C _x	L _{max}	H _{max}	A	L _{max}	B _{max}	H _{max}	A	нелуженый			луженый			m _{min}
								L	B _{max}	H _{max}	L	B _{max}	H _{max}	
10p	6,8	4,6	2,5±0,5	6,3	4,5	3,15	2,5±0,8	3,2±0,4	1,8	1,6	3	2,1	1,9	0,2
1840p	6,8	4,6	2,5±0,5	6,3	4,5	3,15	2,5±0,8	3,2±0,4	1,8	1,6	3	2,1	1,9	0,2
1870p	8,2	4,8	5,0±0,5	7,5	6,3	5	5,0±0,8	4	2,9	2,4	4	3,2	2,7	0,5
3160p	8,2	4,8	5,0±0,5	7,5	6,3	5	5,0±0,8	4	2,9	2,4	4	3,2	2,7	0,5
3200p	8,2	4,8	5,0±0,5	7,5	6,3	5	5,0±0,8	4	2,9	2,4	4	3,2	2,7	0,5
4640p	8,2	4,8	5,0±0,5	7,5	6,3	5	5,0±0,8	4	2,9	2,4	4	3,2	2,7	0,5
4700p	8,2	4,8	5,0±0,5	7,5	6,3	5	5,0±0,8	4	2,9	2,4	4	3,2	2,7	0,5
7500p	8,2	4,8	5,0±0,5	7,5	6,3	5	5,0±0,8	4	2,9	2,4	4	3,2	2,7	0,5
7590p	10	6,7	5,0±0,5	9	7,1	5	5,0±0,8	5,5	4,4	2,4	6	4,8	2,7	0,5
15,4n	10	6,7	5,0±0,5	9	7,1	5	5,0±0,8	5,5	4,4	2,4	6	4,8	2,7	0,5
15,6n	10	6,7	5,0±0,5	9	7,1	5	5,0±0,8	5,5	4,4	2,4	6	4,8	2,7	0,5

Таблица 1.60 (продолжение)

ТКЕ	Размеры, мм													
$U_{ном}$, В	Рис. 1.6, а			Рис. 1.6, б				Рис. 1.6, в						
C_x	L_{max}	H_{max}	A	L_{max}	B_{max}	H_{max}	A	нелуженый			луженый			m_{min}
								L	B_{max}	H_{max}	L	B_{max}	H_{max}	
20,5н	10	6,7	$5,0 \pm 0,5$	9	7,1	5	$5,0 \pm 0,8$	5,5	4,4	2,4	6	4,8	2,7	0,5
20,8н	12	8,8	$7,5 \pm 0,5$	11,5	9	5	$7,5 \pm 1,5$	$8,0 \pm 0,5$	6,8	2,4	8	7,2	2,7	0,5
24,9н	12	8,8	$7,5 \pm 0,5$	11,5	9	5	$7,5 \pm 1,5$	$8,0 \pm 0,5$	6,8	2,4	8	7,2	2,7	0,5
25,2н	12	8,8	$7,5 \pm 0,5$	11,5	9	5	$7,5 \pm 1,5$	$8,0 \pm 0,5$	6,8	2,4	8	7,2	2,7	0,5
44,2н	12	8,8	$7,5 \pm 0,5$	11,5	9	5	$7,5 \pm 1,5$	$8,0 \pm 0,5$	6,8	2,4	8	7,2	2,7	0,5

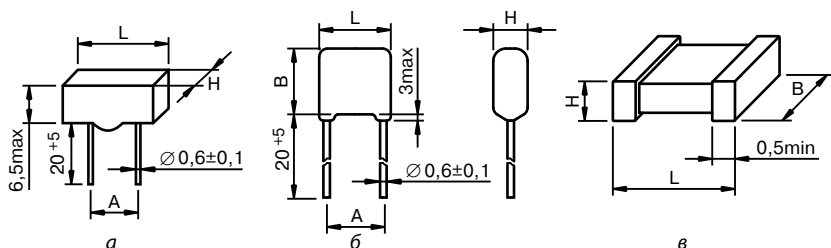


Рис. 1.6. Внешний вид разновидностей конденсаторов К10-43 и ОСК10-43

Конденсаторы К10-47М предназначены для работы в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Конденсаторы изготавливают в соответствии с ОЖО.460.174–М ТУ; ОЖО.460.174–М ТУ ОЖО.460.183 ТУ; ОЖО.460.174–М ТУ ПО.070.052. Конденсаторы выпускают в водородоустойчивом и неводородоустойчивом исполнении.

К10-47Ма (рис. 1.7, а): правильной формы, изолированные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

К10-47Мб (рис. 1.7, б): изолированные окукленные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

К10-47Мв (рис. 1.7, в): незащищенные керамические конденсаторы. Типы контактных электродов: серебро-палладий (нелуженые); серебро палладий/олово-свинец-серебро (луженые); серебро-никель барьер/олово-свинец (никель барьер — код N).

Рассмотрим параметры и характеристики.

Диапазон емкостей: МП0 10 пФ—0,1 мкФ; Н20 0,047 пФ —2,2 мкФ; Н30 1000 пФ—2,2 мкФ; Н90 1,0 мкФ —6,8 мкФ.

Номинальное напряжение: 50 В, 100 В, 250 В, 500 В.

Климатическая категория: МП0, Н20, Н30 –60/125/56; Н90 –60/85/56;

Температурный коэффициент: МП0 $(0 \pm 30) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$;

Температурная характеристика емкости, %: Н20 +20/–20; Н30 +30/–30; Н90 +90/–90.

Размеры конденсаторов К10-47 приведены в табл. 1.61—1.63. Внешний вид этих конденсаторов представлен на рис. 1.7.

Размеры и характеристики конденсаторов К10-47Ма и К10-47М6

Таблица 1.61

ТКЕ	Вариант "а"					Вариант "б"		
	Н20, Н30, Н90, МПО					Н30, Н90, МПО		
Обозначение видоразмера	L _{max}	H _{max}	B _{max}	A	d	L _{max}	B _{max}	A
I	7,5	5,3	5	5±1	0,6±0,1	7,5	8	5±0,8
II	9	5,3	7,1	5±1	0,6±0,1	9	10,1	5±0,8
III	12	5,3	9,5	7,5±1	0,6±0,1	11,5	12	7,5±1
IV	14	5,3	11	10±1	0,8±0,1			
V	16	5,3	13,5	12,5±1	0,8±0,1			
VI	16	5,3	13,5	12,5±1	0,8±0,1			
VII	16	7,1	13,5	12,5±1	0,8±0,1			

Размеры и характеристики конденсаторов К10-47 (Н30, Н90)

Таблица 1.62

ТКЕ	Н30, Н90					
	нелуженый			луженый		
Обозначение видоразмера	L	B _{max}	H _{max}	L	B _{max}	H _{max}
I	4	2,9	1,6	4	3,2	1,8
II	4	2,9	2,3	4	3,2	2,5
III	4	2,9	2,8	4	3,2	3
IV	5,5	4,4	1,6	5,5	4,6	1,8
V	5,5	4,4	2,3	5,5	4,6	2,5
VI	5,5	4,4	2,8	5,5	4,6	3
VII	8	6,6	1,6	8	6,8	1,8
VIII	8	6,6	2,3	8	6,8	2,5
IX	8	6,6	2,8	8	6,8	3
X	10	8,7	2,3	10	8,9	2,5
XI	10	8,7	2,8	10	8,9	3
XII	12	10,8	2,3	12	11	2,5
XIII	12	10,8	2,8	12	11	3
XIV	12	10,8	4,2	12	11	4,5

Размеры и характеристики конденсаторов К10-47 (МПО)

Таблица 1.63

ТКЕ	МПО					
	нелуженый			луженый		
Обозначение видоразмера	L	B _{max}	H _{max}	L	B _{max}	H _{max}
I	4	2,9	2,3	4	3,2	2,5
II	5,5	4,4	2,3	5,5	4,6	2,5
III	8	6,6	2,3	8	6,8	2,5
IV	10	8,7	2,3	10	8,9	2,5
V	12	10,8	2,3	12	11	2,5

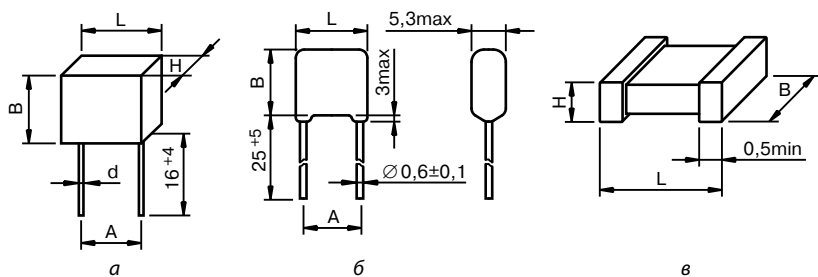


Рис. 1.7. Внешний вид разновидностей конденсаторов К10-47 и ОСК10-43

Конденсаторы К10-50 предназначены для работы в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Конденсаторы изготавливают в соответствии с ОЖО.460.192 ТУ; ОЖО 460.182 ТУ; ОЖО 460.182 ТУ ОЖО 460.183 ТУ; ОЖО 460.182 ТУ ПО.070.052. Имеют повышенную удельную емкость. Конденсаторы выпускают в водородоустойчивом и неводородоустойчивом исполнениях.

К10-50б: изолированные окукленные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

К10-50в: незащищенные керамические конденсаторы. Конденсаторы изготавливают с контактными поверхностями: серебро-палладий (нелуженные), серебро-никель барьер/олово-свинец (луженные).

Характеристики конденсаторов представлены в табл. 1.64. Размеры конденсаторов приведены в табл. 1.65. Внешний вид этих конденсаторов представлен на рис. 1.8.

Характеристики конденсаторов К10-50

Таблица 1.64

Характеристика	Номинальное напряжение, В	Допускаемое отклонение емкости от номинальной, %
МП0	25	$\pm 5; \pm 10; \pm 20$
М1500	25	$\pm 5; \pm 10$
Н20	16, 25	$\pm 10; \pm 20; +50...-20$
Н50	16	$+50...-20$
Н90	16	$+80...-20$

Размеры и конденсаторов К10-50в

Таблица 1.65

Обозначение видо-размера	Для конденсаторов с нелужеными (серебряными) контактными электродами			Для конденсаторов с лужеными контактными электродами				Для автомонтажа			
	L	B _{max}	H _{max}	L	B _{max}	H _{max}	m _{min}	L	B	H	m _{min}
I	1,5	1,3	1,2	1,5	1,4	1,4	0,2	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
II	2	1,8	1,2	2	1,9	1,4	0,2	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
III	4	2,9	1,2	4	3,2	1,4	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2

Таблица 1.65 (продолжение)

Обозначение вида- размера	Для конденсаторов с нелужеными (серебряными) контактными электродами			Для конденсаторов с лужеными контактными электродами				Для автомонтажа			
	L	B _{max}	H _{max}	L	B _{max}	H _{max}	m _{min}	L	B	H	m _{min}
IV	5,5	2,9	1,2	5,5	3,2	1,4	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
V	5,5	4,4	1,2	5,5	4,6	1,4	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
VI	4	2,9	1,6	4	3,2	1,8	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
VII	5,5	2,9	1,6	5,5	3,2	1,8	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
VIII	5,5	4,4	1,6	5,5	4,6	1,8	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
IX	5,5	4,4	1,8	5,5	4,6	2	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2
X	5,5	4,4	2	5,5	4,6	2,3	0,5	3,2±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	0,2

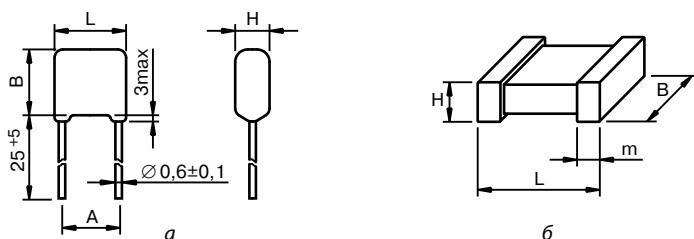


Рис. 1.8. Внешний вид разновидностей конденсаторов K10-50

Конденсаторы КМ-5а, ОСКМ-5а предназначены для работы в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Конденсаторы изготавливают в соответствии с ОЖО.460.043 ТУ; ОЖО.460.043 ТУ ОЖО.460.183 ТУ. Конденсаторы выпускают в водородоустойчивом и неводородоустойчивом исполнениях.

КМ-5а представляют собой неизолированные керамические конденсаторы, исполнение — УХЛ.

Рассмотрим параметры и характеристики.

Диапазон емкостей: М47 16 пФ—2700 пФ; М1500 150 пФ—5600 пФ; Н30 1500 пФ—0,068 мкФ; Н90 0,015 мкФ—0,15 мкФ.

Номинальное напряжение: 50 В, 100 В, 160 В.

Климатическая категория: М47, М1500 –60/155/21; Н30 –60/125/21; Н90 –60/85/21.

Температурный коэффициент: М47 $(-47 \pm 40) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. М1500 $(-1500 \pm 250) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Температурная характеристика емкости, %: Н30 +30/–30, Н90 +90/–90.

Характеристики конденсаторов КМ-5а приведены в табл. 1.66. Внешний вид конденсаторов КМ-5а и КМ-5б представлен на рис. 1.9.

Характеристики конденсаторов КМ-5а

Таблица 1.66

Характеристика	Номинальное напряжение, В	Допускаемое отклонение емкости от номинальной, %	Ряд емкостей
Н30	160, 100	$\pm 20; +50 \dots -20$	Е6
Н90	50	$+80 \dots -20$	Е6
М47	160, 250	$\pm 2; \pm 5; \pm 10; \pm 20$	Е24
М1500	160, 250	$\pm 2; \pm 5; \pm 10; \pm 20$	Е24

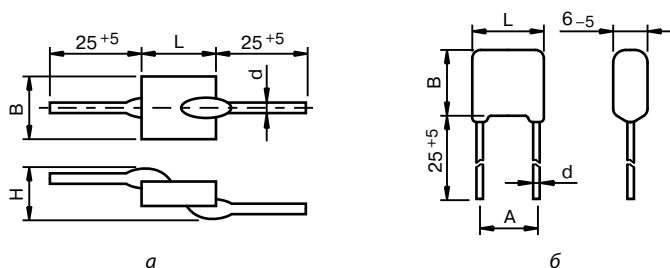


Рис. 1.9. Внешний вид конденсаторов КМ-5а (а) и КМ-5б изолированный (б)

Конденсаторы КМ-5б, ОСКМ-5б предназначены для работы в цепях постоянного, переменного токов и в импульсных режимах. Изготавливаются в соответствии с ОЖО.460.161 ТУ; ОЖО.460.043 ТУ; ОЖО.460.043 ТУ ОЖО.460.183 ТУ. Конденсаторы выпускают в водородоустойчивом и неводородоустойчивом исполнениях.

КМ-5б: изолированные окукленные керамические конденсаторы, исполнение — всеклиматическое.

Рассмотрим параметры и характеристики.

Диапазон емкостей: М47 16 пФ—2700 пФ; М1500 150 пФ—5600 пФ; Н30 1500 пФ—0,068 мкФ; Н90 0,015 мкФ—0,15 мкФ.

Номинальное напряжение: 50 В, 100 В, 160 В.

Климатическая категория: М47, М1500, Н30 –60/125/21; Н90 –60/85/21.

Температурный коэффициент: М47 $(-47 \pm 40) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$; М1500 $(-1500 \pm 250) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$.

Температурная характеристика емкости, %: Н30 +30/–30, Н90 +90/–90.

1.2.6. Металлопленочные и фольговые полиэтилентерефталатные конденсаторы

Конденсатор МП-73 предназначены для работы в цепях постоянного, переменного, пульсирующего токов и импульсных режимах.

Конденсаторы изготавливают в соответствии с ТУ РБ 07612048.007-96. Конденсаторы МП-73 — изолированные окукленные, климатическое исполнение — УХЛ и всеклиматическое.

Рассмотрим **параметры и характеристики**.

Номинальные напряжения — 250, 400, 630, 1000 В.

Сопротивление изоляции для $C_{ном}$ 0,33 мкФ — не менее 30000 МОм.

Постоянная времени t_c для $C_{ном} > 0,33$ мкФ — не менее 10000 МОм·мкФ.

Тангенс угла потерь $tg\delta$ — не более 0,015.

Климатическая категория — 60/125/21.

Характеристики конденсаторов МП-73 представлены в табл. 1.67. Внешний вид этих конденсаторов представлен на рис. 1.10.

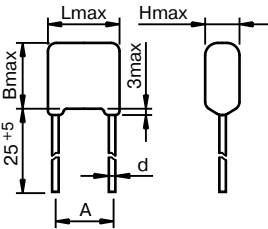


Рис. 1.10. Внешний вид конденсаторов МП-73

Характеристики конденсаторов МП-73

Таблица 1.67

Емкость, мкФ	Размеры, мм					Масса г, не более
	L _{max}	B _{max}	H _{max}	A±1,0	d±0,1	
Номинальное напряжение, 250 В						
0,001—0,047	12	11	6,3	10	0,6	8
0,068	12	14	6	10	0,6	8
0,1	12	15	8	10	0,6	8
0,15	18	13	6	15	0,8	12
0,22	18	14	7	15	0,8	12
0,33	18	16	8,5	15	0,8	12
0,47	23	18	7,5	20	0,8	15
0,68	23	19	9	20	0,8	15
1	23	21	10,5	20	0,8	15
Номинальное напряжение, 400 В						
0,001—0,022	12	10,5	6	10	0,6	8
0,033	12	13	6	10	0,6	8
0,047	12	17	8	10	0,6	8
0,068	18	13	7,5	15	0,8	12
0,1	18	14	8	15	0,8	12
0,15	18	15	8	15	0,8	12
0,22	23	18	8,5	20	0,8	15
0,33	23	19	10	20	0,8	15
0,47	23	21	11	20	0,8	15
0,68	24	24	11	20	0,8	15
1	24	27	14	20	0,8	15
Номинальное напряжение, 630 В						
0,0033—0,01	12	12	6	10	0,6	10
0,015	12	13	6	10	0,6	10
0,022	12	15	7,5	10	0,6	10

Таблица 1.67 (продолжение)

Емкость, мкФ	Размеры, мм					Масса г, не более
	L_{\max}	B_{\max}	H_{\max}	$A \pm 1,0$	$d \pm 0,1$	
0,033	18	13	5	15	0,8	12
0,047	18	14	6	15	0,8	12
0,068	18	15	8	15	0,8	12
0,1	23	18	7	20	0,8	15
0,15	23	19	8,5	20	0,8	15
0,22	23	21	10,5	20	0,8	15
0,33	24	24	11,2	20	0,8	15
0,47	24	27	14	20	0,8	15
0,68	24	27	16,5	20	0,8	15
1	24	27	17,5	20	0,8	15
Номинальное напряжение, 1000 В						
0,0047–0,022	12	20	11	10	0,6	10
0,033–0,068	18	21	12	15	0,8	12
0,1–0,47	23	31	20	20	0,8	15

1.2.7. Металлобумажные конденсаторы

Конденсатор МБГО. Бумажные металлизированные однослойные герметизированные и уплотненные конденсаторы постоянной емкости МБГО предназначены для работы в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий в цепях постоянного и пульсирующего токов.

Допустимые отклонения емкости: $\pm 10\%$; $\pm 20\%$. Тангенс угла потерь конденсаторов должен быть не более: 0,015

Сопротивление изоляции и постоянная времени между выводами конденсатора при температуре 20 °С должны быть: **не менее 800 МОм** — для конденсаторов с номинальной емкостью до 0,25 мкФ включительно, **200 МОм** — для конденсаторов с номинальной емкостью 0,47 мкФ и более. Сопротивление изоляции между соединенными вместе выводами и корпусом конденсатора должно быть не менее 5000 МОм.

Массогабаритные характеристики конденсаторов МБГО-1 (-2, -3) представлены в табл. 1.68— 1.70. Внешний вид этих конденсаторов представлен на рис. 1.11.

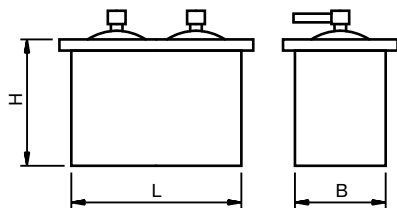


Рис. 1.11. Внешний вид конденсаторов МБГО

Массогабаритные характеристики конденсаторов МБГО-1

Таблица 1.68

Номинальная емкость, мкФ	Размеры, мм				Масса, г, не более
	H	L	B	A	
Номинальное напряжение, 160 В					
2	25	31	16	13	30
4	25	31	21	13	40
10	50	46	16	25	80
20	50	46	31	25	140
30	50	46	41	25	180
Номинальное напряжение, 315 В					
1	25	31	11	13	25
2	25	31	21	13	40
4	50	46	11	25	70
10	50	46	21	25	115
20	50	46	41	25	180
30	50	46	56	25	230
Номинальное напряжение, 400 В					
1	25	31	16	13	30
2	25	31	26	13	45
4	50	46	16	25	80

Номинальная емкость, мкФ	Размеры, мм				Масса, г, не более
	H	L	B	A	
Номинальное напряжение, 400 В					
10	50	46	31	25	140
20	50	46	61	25	250
Номинальное напряжение, 500 В					
0,5	25	31	11	13	25
1	25	31	21	13	40
2	50	46	11	25	70
4	50	46	21	25	115
10	50	46	41	25	180
20	50	46	76	25	300
Номинальное напряжение, 630 В					
0,25	25	31	11	13	25
0,5	25	31	16	13	30
1	25	31	26	13	45
2	50	46	16	25	80
4	50	46	26	25	125
10	50	46	56	25	230

Массогабаритные характеристики конденсаторов МБГО-2

Таблица 1.69

Номинальная емкость, мкФ	Размеры, мм					Масса, г, не более
	Н	Л	В	І	А	
Номинальное напряжение 160 В						
2	25	31	16	45	13	30
4	25	31	21	45	13	40
10	50	46	16	60	25	80
20	50	46	31	60	25	140
30	50	46	41	60	25	180
Номинальное напряжение 320 В						
1	25	31	11	45	13	25
2	25	31	21	45	13	40
4	50	46	11	60	25	70
10	50	46	21	60	25	115
20	50	46	41	60	25	180
30	50	46	56	60	25	230
Номинальное напряжение 400 В						
1	25	31	16	45	13	30
2	25	31	26	45	13	45
4	50	46	16	60	25	80

Номинальная емкость, мкФ	Размеры, мм					Масса, г, не более
	Н	Л	В	І	А	
Номинальное напряжение 400 В						
10	50	46	31	60	25	140
20	50	46	61	60	25	250
Номинальное напряжение 500 В						
0,5	25	31	11	45	13	25
1	25	31	21	45	13	40
2	50	46	11	60	25	70
4	50	46	21	60	25	115
10	50	46	41	60	25	180
20	50	46	76	60	25	300
Номинальное напряжение 600 В						
0,25	25	31	11	45	13	25
0,5	25	31	16	45	13	30
1	25	31	26	45	13	45
2	50	46	16	60	25	80
4	50	46	26	60	25	125
10	50	46	56	60	25	230

Массогабаритные характеристики конденсаторов МБГО-3

Таблица 1.70

Номинальная емкость, мкФ	Номинальное напряжение, В	Размеры, мм		Масса, г, не более
		H	D	
2,2	160	18	36	25
3,9		20	50	35
1	400	16	36	25
2,2		20	50	35
0,22	630	18	28	15
0,47		18	36	25
1		20	50	35

1.2.8. Электролитические конденсаторы

Конденсатор К-50. Чертежи четырех видов конденсатора К50-20 показаны на рис. 1.12. Размеры и ссылка на внешний вид конденсаторов показаны в табл. 1.71.

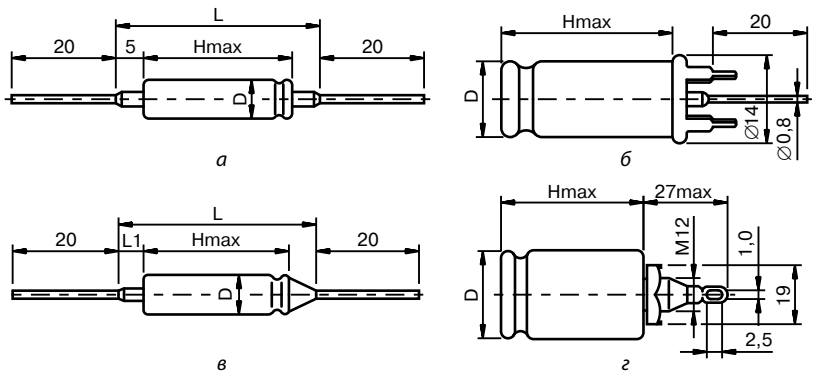


Рис. 1.12. Чертежи четырех модификаций конденсатора К50-20

Технические характеристики

- ♦ Допуск по емкости+50% ...-20%
- ♦ Ток утечки $I=0,05CU+a(\text{mA})$ max 1,5
- ♦ $a=10$ ($CU<1000$)
- ♦ $a=0$ ($CU<100$)
- ♦ Тангенс угла потерь на частоте 50 Гц
 - $U_{\text{ном}} = 63 \text{ В}$ 20%
 - $U_{\text{ном}} = 100 \text{ В}$ > 15%
 - $U_{\text{ном}} = 160 \text{ В}$ < 10%
- ♦ Интервал рабочих температур -40 ...+70 °С
- ♦ Масса 1—120 г
- ♦ Гарантийная наработка:
 - при $T = -40...160^{\circ}\text{C}$ 10000 ч
 - при $T = -40...160^{\circ}\text{C}$ 5000 ч

Размеры (мм) различных модификаций конденсатора К50-20
(вид а—г в соотв. с рис. 1.12)

Таблица 1.71

Номинальная емкость, мкФ	Номинальное напряжение, В								
	16	25	50	100	160	250	300	350	450
1	-	-	вид а 4,5×14	вид б 4,5×19	-	-	-	-	-
2	вид а 4,5×13	вид а 4,5×13	вид а 4,5×10	вид б 6×20,5	вид б 8,5×21	-	-	вид в 12×30	вид в 12×30
5	вид а 4,5×18	вид б 6×20,5	вид б 6×20,5	вид б 8,5×21	вид б 8,5×32	-	вид в 12×30	вид в 17×30	вид в 17×42
10	вид б 6×20,5	вид б 6×20,5	вид б 6×25,5	вид б 8,5×26	вид в 17×30	-	вид в 17×30	вид в 17×42	вид в 25×40
20	вид б 6×20,5	вид б 6×25,5	вид б 8,5×26	вид в 12×30	вид в 17×42	вид в 17×42	вид в 17×42	вид г 25×40	вид г 25×56
30	-	-	-	-	-	-	вид г 25×40	-	-
50	вид б 8,5×21	вид б 8,5×26	вид в 12×30	вид в 17×30	вид г 17×40	вид г 25×40	вид г 25×56	-	-
100	вид б 8,5×32	вид в 12×30	вид в 17×30	вид г 25×40	вид г 25×56	-	-	-	-
200	вид в 12×30	вид в 17×30	вид в 17×42	вид г 25×56	вид г 32×52	-	-	вид г 32×86	-
500	вид в 17×42	вид г 25×40	-	-	-	-	-	-	-
1000	вид г 25×40	вид г 25×56	-	-	-	-	-	-	-
2000	вид г 25×56	вид г 32×52	вид г 32×86	-	-	-	-	-	-

Конденсаторы К50-24. Чертеж конденсатора К50-24 показан на рис. 1.13. Размеры конденсаторов показаны в табл. 1.72.

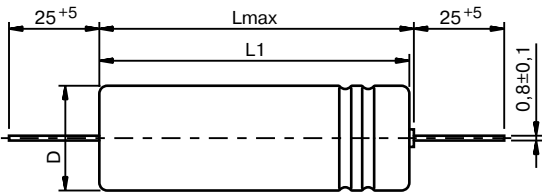


Рис. 1.13. Чертежи различных модификаций конденсатора К50-24

Технические характеристики

- ♦ Номинальное напряжение, В.....6,3—160
- ♦ Номинальная емкость, мкФ.....2,2—10000
- ♦ Допустимые отклонения емкости, %.....+ 80...–20, ± 30; + 50...–20
- ♦ Тангенс угла потерь
 - 6,3 В.....35 %
 - 16, 25 В.....27, 25 %
 - 40, 63 В.....20, 17 %
 - 100—160 В.....14 %

♦ Ток утечки, мкА

CU больше или равно 1000 мкС. макс. 0,02 CU

CU меньше или равно 1000 мкС макс. 0,05 CU

Размеры различных модификаций конденсатора K50-24

Таблица 1.72

Номинальная емкость, мкФ	Номинальное напряжение, В	Размеры, мм			Масса, г, макс.
		D + 1,0 -0,5	L1	Lmax	
220	6,3	6	28	30	2,5
470		9	24	26	3
1000		9	40	42	6,5
2200		12	40	42	10
4700		16	42	44	25
10000		21	500	52	40
47	16	6	17	19,8	1,5
100		6	24	26	1,8
470		9	28	30	4
1000		12	34	36	7
2200		12	50	52	12
4700		16	48	50	30
10000		21	58	60	45
22	25	6	17	19,8	1,5
47		6	24	26	1,8
100		6	28	30	2,5
220		9	24	26	3
470		9	40	42	6,5
1000		12	50	52	12
2200	40	16	42	44	25
4700		21	50	52	40
100		9	24	26	3
150		9	28	30	4
330		9	40	42	6,5

Номинальная емкость, мкФ	Номинальное напряжение, В	Размеры, мм			Масса, г, макс.
		D + 1,0 -0,5	L1	Lmax	
1000	40	12	58	60	12
2200		16	58	60	35
10	63	6	17	19,8	1,5
22		6	24	26	1,8
47		6	28	30	2,5
100		9	34	34	5
470		12	50	52	12
1000		16	42	44	25
2200	100	21	50	52	40
4,7		6	17	19,8	1,5
10		6	24	26	1,8
22		9	24	26	3
47		9	28	30	4
100		12	34	36	7
220	160	12	50	52	12
2,2		6	17	19	1,5
3,3		6	17	19	1,5
4,7		6	24	26	1,8
10		9	24	26	3
22		9	34	36	5
47	250	12	50	52	12
100		16	42	44	25
220		21	58	60	40

**Интернет.**

Параметры остальных электролитических конденсаторов представлены на сайте <http://www.tdkond.ru/skz/>.

Параметры подстроечных конденсаторов представлены на сайте <http://www.atd-komplekt.kiev.ua/condenser-other.html>.

Справочник по конденсаторам можно бесплатно скачать по адресу: <http://bookdoc.ru/519-kondensatory-spravochnik.html>.

1.3. КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

1.3.1. Первое знакомство

Определение



Определение.

Катушка индуктивности (жарг. индуктивность) — пассивный двух-полюсный компонент, винтовая, спиральная или винтоспиральная катушка из свернутого изолированного проводника, обладающая значительной индуктивностью при относительно малой емкости и малом активном сопротивлении. Такая система способна накапливать магнитную энергию при протекании электрического тока.

Устройство

Катушка индуктивности обычно представляет собой спираль из одножильного или многожильного изолированного провода, намотанного на цилиндрический, тороидальный или прямоугольный каркас из диэлектрика. Также бывают и бескаркасные катушки. Намотка может быть однослойная (рядовая и с шагом), многослойная (рядовая, внавал, универсальная), многосекционная, намотка с переменным шагом.

Для увеличения индуктивности применяют сердечники из ферромагнитных материалов: электротехнической стали, пермаллоя, карбонильного железа, ферритов. Подстроечные сердечники используют для изменения индуктивности катушек в небольших пределах.



Определение.

Ферриты — вещества поликристаллического строения, получаемые в результате спекания при высокой температуре смеси оксидов железа с оксидами цинка, марганца, никеля и других металлов для придания ей заданных свойств.

Благодаря высокому удельному сопротивлению потери мощности в них малы, а рабочая частота велика. Поэтому ферритовые сердечники используются в радиоэлектронных компонентах, работающие в областях звуковых и радиочастот. Наиболее часто встречаются ферриты марок: НН — никель-цинковые, НМ — марганец-цинковые, ВТ — ферриты с прямоугольной петлей гистерезиса.

Что же представляет собой катушка индуктивности с точки зрения физики? Если к проводнику подключить источник тока, то сила тока в проводнике не сразу достигнет значения, которое должно быть согласно

закону Ома, а будет нарастать постепенно. Получается, что в процессе такого нарастания не выполняется закон Ома. Значит, в момент включения источника тока (в момент его нарастания) в цепи действует противодействующая электродвижущая сила, которая постепенно спадает до нуля к тому моменту, когда сила тока станет соответствовать закону Ома.

Такую противоЭДС называют ЭДС **самоиндукции**, а свойство проводника препятствовать изменениям проходящего через него тока — индуктивностью. Значит, при увеличении тока в цепи, ЭДС самоиндукции направлена навстречу ЭДС источника, а при его уменьшении — стремится поддержать убывающий ток.

За единицу индуктивности принят **1 генри (Гн)** по имени американского ученого Джозефа Генри, открывшего явление самоиндукции. Индуктивностью в 1 Гн обладает электрическая цепь, возбуждающая магнитный поток в 1 Вб при силе постоянного тока в ней 1 А. Или можно по другому: индуктивностью в один генри обладает электрическая цепь, в которой возникает ЭДС самоиндукции в 1 В, при равномерном изменении тока со скоростью 1 А в секунду.

Разновидности катушек индуктивности

Контурные катушки индуктивности. Эти катушки используются совместно с конденсаторами для получения резонансных контуров. Они должны иметь высокую стабильность, точность и добротность.

Катушки связи. Такие катушки применяются для обеспечения индуктивной связи между отдельными цепями и каскадами. Такая связь позволяет разделить по постоянному току цепи базы и коллектора и т. д. К таким катушкам не предъявляются жесткие требования на добротность и точность, поэтому они выполняются из тонкого провода в виде двух обмоток небольших габаритов. Основными параметрами этих катушек являются индуктивность и коэффициент связи.

Вариометры. Это катушки, индуктивность которых можно изменять в процессе эксплуатации для перестройки колебательных контуров. Они состоят из двух катушек, соединенных последовательно. Одна из катушек неподвижная (статор), другая располагается внутри первой и вращается (ротор). При изменении положения ротора относительно статора изменяется величина взаимоиндукции, а следовательно, индуктивность вариометра. Такая система позволяет изменять индуктивность в 4—5 раз. В ферровариометрах индуктивность изменяется перемещением ферромагнитного сердечника.

Дроссели. Это катушки индуктивности, обладающие высоким сопротивлением переменному току и малым сопротивлением постоянному. Обычно включаются в цепях питания усилительных устройств. Предназначены для защиты источников питания от попадания в них высокочастотных сигналов. На низких частотах они используются в фильтрах цепей питания и обычно имеют металлические или ферритовые сердечники.

Сдвоенные дроссели. Две намотанных встречно катушки индуктивности, используются в фильтрах питания. За счет встречной намотки и взаимной индукции более эффективны при тех же габаритных размерах. Сдвоенные дроссели получили широкое распространение в качестве входных фильтров блоков питания; в дифференциальных сигнальных фильтрах цифровых линий, а также в звуковой технике.

1.3.2. Условные обозначения и кодовая маркировка катушек индуктивности



Примечание.

Обычно для катушек индуктивности кодируется номинальное значение индуктивности и допускаемое отклонение от указанного номинала.

Применяется два способа кодирования. Номинальное значение кодируется цифрами, а допуск — буквами.

Способ 1. ЦИФРО-БУКВЕННЫЙ СПОСОБ кодового обозначения номинала катушки индуктивности:

- ♦ **ПЕРВЫЕ ДВЕ ЦИФРЫ** указывают значение индуктивности в микрогенри (мкГн, μH);
- ♦ **ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА** указывает количество нулей;
- ♦ **БУКВА**, следующая за цифрами, указывает на допуск.



Примечание.

Если последняя буква не указывается — допуск 20%. Есть и исключения: для индуктивностей меньше 10 мкГн роль десятичной запятой выполняет буква R, а для индуктивностей меньше 1 мкГн — буква N.

Цифро-буквенный способ кодового обозначения номинала индуктивности, варианты обозначения (код — обозначение):

22N — 22 нГн $\pm 20\%$;

R10M — 0,10 мкГн $\pm 20\%$;

R15M — 0,15 мкГн $\pm 20\%$;

R22M — 0,22 мкГн $\pm 20\%$;

R33M — 0,33 мкГн $\pm 20\%$;

R47M — 0,47 мкГн $\pm 20\%$;

R68M — 0,68 мкГн $\pm 20\%$;

1R0M — 1,2 мкГн $\pm 20\%$;

2R2K — 2,2 мкГн $\pm 10\%$;	680K — 68 мкГн $\pm 10\%$;
3R3K — 3,3 мкГн $\pm 10\%$;	101K — 100 мкГн $\pm 10\%$;
4R7K — 4,7 мкГн $\pm 10\%$;	151K — 150 мкГн $\pm 10\%$;
6R8K — 6,8 мкГн $\pm 10\%$;	221K — 220 мкГн $\pm 10\%$;
100K — 10 мкГн $\pm 10\%$;	331K — 330 мкГн $\pm 10\%$;
150K — 15 мкГн $\pm 10\%$;	471J — 470 мкГн $\pm 5\%$;
220K — 22 мкГн $\pm 10\%$;	681J — 680 мкГн $\pm 5\%$;
330K — 33 мкГн $\pm 10\%$;	102M или 102 — 1000 мкГн $\pm 20\%$.

**Пример.**

Код катушки индуктивности 101K. Это обозначает номинальное значение индуктивности 100 мкГн с допускаемым отклонением от указанного номинала $\pm 10\%$.

Допуск: J — $\pm 5\%$; K — $\pm 10\%$; M — $\pm 20\%$.

Способ 2. МАРКИРОВКА НЕПОСРЕДСТВЕННО В МИКРОГЕНРИ.

Катушки индуктивности маркируются непосредственно в микрогенри (мкГн, μH). В таких случаях маркировка 680K будет означать 680 мкГн $\pm 10\%$, а не 68 мкГн $\pm 10\%$, как в способе 1.

SMD катушки индуктивности. Маркировка зарубежных катушек индуктивностей поверхностного монтажа может быть самой разнообразной, каждая фирма выбирает свою маркировку.

1.3.3. Параметры катушек индуктивности

Индуктивности многослойные МЧИ и МОИ

Многослойные индуктивности предназначены для сборки аппаратуры с применением поверхностного и навесного монтажа, взамен выводных моточных катушек индуктивности. Имеют специальную, монолитную конструкцию, обеспечивающую индуктивности замкнутую магнитную систему, которая исключает наружное рассеяние магнитного поля и воздействие на индуктивность внешних магнитных полей. Позволяет производить плотный монтаж при отсутствии взаимодействия магнитных потоков между отдельными индуктивностями и другими компонентами радиоэлектронной аппаратуры. Исключают возникновение магнитных шумов при их использовании взамен традиционных катушек индуктивности. Изготавливаются на основе ферритовых порошков с нанесением металлизационных витков катушки методом печати по слоям ферритовых пластин. Многослойные индуктивности МЧИ предназначены для поверхностного монтажа, МОИ — для навесного.

Основные преимущества многослойных индуктивностей перед моточными катушками:

- ♦ монолитная конструкция обеспечивает высокую надежность;
- ♦ отсутствие помех, закрытая магнитная цепь (магнитное экранирование слоями феррита);
- ♦ высокая надежность пайки;
- ♦ снижение габаритных размеров;
- ♦ оптимальные условия для высокоплотного, автоматизированного поверхностного монтажа (АПМ).

Чертеж индуктивностей МЧИ и МОИ показан на рис. 1.14.

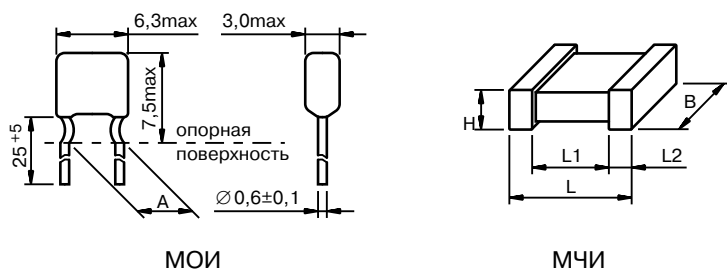


Рис. 1.14. Внешний вид индуктивностей МЧИ и МОИ

Особенности конструкции:

- ♦ корпус окученный;
- ♦ выводы проволоочные однонаправленные;
- ♦ расстояние между выводами $A = 5 \pm 0,8$ мм или $7,5 \pm 0,8$ мм;
- ♦ исполнение — чип, для поверхностного монтажа;
- ♦ электроды серебро/никель/олово-свинец.

Габариты катушек показаны в табл. 1.73.

Габариты индуктивностей МЧИ

Таблица 1.73

Код размера	L, мм	B, мм	H _{max} , мм	L1 _{min} , мм	L2 _{min} , мм
МЧИ 0805	2,0±0,3	1,25±0,2	1,45	0,6	0,2
МЧИ 1206	3,2±0,4	1,6±0,2	1,6	0,8	0,2



Интернет.

Индуктивности выводные импортные и чип-SMD могут быть найдены на сайте: <http://www.chip-dip.ru/lib/catalog/1619.aspx>.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

2.1. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

Классификация полупроводниковых приборов



Определение.

Полупроводниковыми приборами называются приборы, действие которых основано на использовании свойств полупроводниковых материалов.

К полупроводниковым относятся несколько групп приборов, активно используемых в радиолюбительской практике:

- ♦ полупроводниковые диоды;
- ♦ биполярные транзисторы (в том числе и гетеропереходные);
- ♦ тиристоры и фототиристоры;
- ♦ полевые транзисторы;
- ♦ микросхемы;
- ♦ приборы с зарядовой связью;
- ♦ полупроводниковые СВЧ-приборы (диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды);
- ♦ оптоэлектронные приборы (фоторезисторы, фотодиоды, солнечные элементы, детекторы ядерных излучений, светодиоды, полупроводниковые лазеры, электролюминесцентные излучатели);
- ♦ терморезисторы, датчики Холла.

Виды проводимости

Полупроводники представляют собой вещества, которые по своей удельной электрической проводимости занимают среднее место между проводниками и диэлектриками. В современных полупроводниковых

приборах широко используются такие полупроводники, как германий, кремний, арсенид галлия и др.

Кроме того, **электрическое сопротивление полупроводников** сильно зависит от количества примесей в полупроводнике и от таких внешних воздействий, как свет, электрическое поле, ионизирующее излучение.

Принципы работы полупроводниковых диодов и транзисторов связаны с тем, что в полупроводниках существует **электропроводность двух видов**.

Так же, как и металлы, полупроводники обладают **электронной проводностью**. Она обусловлена перемещением электронов проводимости. При обычных рабочих температурах в полупроводниках всегда имеются электроны проводимости. Они слабо связаны с ядрами атомов. Поэтому беспорядочное тепловое движение между атомами кристаллической решетки. Эти электроны под действием разности потенциалов могут получить дополнительное движение в определенном направлении, которое и является электрическим током.

Полупроводники обладают также **дырочной проводимостью**, которая не наблюдается в металлах. Отсутствие электрона в атоме полупроводника, т. е. наличие в атоме положительного заряда, назвали дыркой. Этим подчеркивают, что в атоме не хватает одного электрона, т. е. образовывалось свободное место. Дырки ведут как элементарные положительные заряды.

Электронно-дырочный переход



Определение.

***Электронно-дырочным** или **p-n переходом** называется область на границе двух полупроводников с различными типами электропроводности.*

Электронно-дырочный переход обладает свойством **несимметричной проводимости**, т. е. представляет собой нелинейное сопротивление. Работа почти всех полупроводниковых приборов, применимых в радиоэлектронике, основана на использовании свойств одного или нескольких p-n переходов.



Интернет.

Виды корпусов полупроводниковых приборов можно найти в сети Интернет, например, на сайте www.pcb.spb.ru.

2.2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И КОДОВАЯ МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

2.2.1. Условные обозначения и кодовая маркировка диодов, динисторов, тиристоров, транзисторов

Отечественные полупроводниковые приборы общего назначения

Буквенно-цифровое условное обозначение ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ состоит из нескольких элементов.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — исходный материал:

Г или 1 — германий;

А или 3 — соединения галлия;

К или 2 — кремний;

И или 4 — соединения индия.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — подкласс прибора обозначения:

А — СВЧ-диоды;

Н — тиристоры диодные;

Б — приборы Ганна;

О — оптопары;

В — варикапы;

П — полевые транзисторы;

Г — генераторы шума;

С — стабилитроны,

Д — выпрямительные,
импульсные диоды,

стабисторы,
ограничители;

термодиоды,

Т — биполярные транзисторы;

магнитодиоды;

У — тиристоры триодные;

И — туннельные диоды;

Ф — фотоприборы;

К — стабилизаторы тока;

Ц — выпрямительные столбы

Л — излучающие приборы;

и блоки.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — назначение прибора.

Диоды выпрямительные с прямым током, А:

1 — менее 0,3;

3 — диоды прочие.

2 — 0,3...10;

Диоды импульсные с временем восстановления, нс:

4 — более 500;

7 — 5...30;

5 — 150...500;

8 — 1...5;

6 — 30...150;

9 — менее 1.

СВЧ-диоды:

- 1 — смесительные;
- 2 — детекторные;
- 3 — усилительные;
- 4 — параметрические;
- 5 — переключающие и ограничивающие;
- 6 — умножительные и настроечные;
- 7 — генераторные;
- 8 — прочие.

Триодные тиристоры с максимально допустимым средним (или импульсным) током в открытом состоянии, А:

- 1 — менее 0,3 (менее 15), незапираемые;
- 2 — 0,3...10 (15...100), незапираемые;
- 3 — менее 0,3 (менее 15), запираемые;
- 4 — 0,3...10 (15...100), запираемые;
- 5 — менее 0,3 (менее 15), симметричные;
- 6 — 0,3...10 (15...100), симметричные;
- 7 — более 10 (более 100), незапираемые;
- 8 — более 10 (более 100), запираемые;
- 9 — более 10 (более 100), симметричные.

Туннельные диоды:

- | | |
|-------------------|------------------------|
| 1 — усилительные; | 3 — переключаательные; |
| 2 — генераторные; | 4 — обращенные. |

Генераторы шума:

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1 — низкочастотные; | 2 — высокочастотные. |
|---------------------|----------------------|

Варикапы:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1 — подстроечные; | 2 — умножительные. |
|-------------------|--------------------|

Стабилитроны, стабисторы и ограничители с напряжением стабилизации, В:

- 1 — менее 10 (мощностью менее 0,3 Вт);
- 2 — 10...100 (мощностью менее 0,3 Вт);
- 3 — более 100 (мощностью менее 0,3 Вт);
- 4 — менее 10 (мощностью 0,3...5 Вт);
- 5 — 10...100 (мощностью 0,3...5 Вт);

- 6 — более 100 (мощностью 0,3...5 Вт);
- 7 — менее 10 (мощностью 5...10 Вт);
- 8 — 10...100 (мощностью 5...10 Вт);
- 9 — более 100 (мощностью 5...10 Вт).

Выпрямительные столбы с прямым током, А:

- 1 — менее 0,3;
- 2 — 0,3...10.

Выпрямительные блоки с прямым током, А:

- 3 — менее 0,3;
- 4 — 0,3...10.

Транзисторы биполярные и полевые с граничной частотой:

- 1 — менее 3 МГц (с рассеиваемой мощностью менее 0,3 Вт);
- 2 — 3...30 МГц (с рассеиваемой мощностью менее 0,3 Вт);
- 3 — более 30 МГц (с рассеиваемой мощностью менее 0,3 Вт);
- 4 — менее 3 МГц (с рассеиваемой мощностью 0,3...1,5 Вт);
- 5 — 3...30 МГц (с рассеиваемой мощностью 0,3...1,5 Вт);
- 6 — более 30 МГц (с рассеиваемой мощностью 0,3...1,5 Вт);
- 7 — менее 3 МГц (с рассеиваемой мощностью более 1,5 Вт);
- 8 — 3...30 МГц (с рассеиваемой мощностью более 1,5 Вт);
- 9 — более 30 МГц (с рассеиваемой мощностью более 1,5 Вт).

Источники инфракрасного излучения:

- 1 — излучающие диоды;
- 2 — излучающие модули.

Приборы визуального представления информации:

- 3 — светоизлучающие диоды;
- 4 — знаковые индикаторы;
- 5 — знаковые табло;
- 6 — шкалы;
- 7 — экраны.

Оптопары:

- Р — резисторные;
- Д — диодные;
- У — тиристорные;
- Т — транзисторные.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — порядковый номер разработки: 01...999
или напряжение стабилизации для стабилитронов и стабилиторов.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — классификационная группа, кроме З, О, Ч.

Для наборов приборов (матриц), не соединенных электрически или соединенных по одноименному выводу, добавляется буква С после вто-

рого элемента обозначения. Для СВЧ-приборов, биполярных и полевых транзисторов с парным подбором добавляется буква Р после последнего элемента обозначения. Для обозначения импульсных тиристоров после второго элемента обозначения ставится буква И.

Отечественные силовые полупроводниковые приборы

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — вид прибора:

- Д — диод;
- Т — тиристор, не проводящий в обратном направлении;
- ТП — тиристор, проводящий в обратном направлении;
- ТС — тиристор симметричный;
- С — стабилитрон;
- ОН — ограничитель напряжения;
- ТК — транзистор.

Наименования и обозначения видов могут быть дополнены подвидами полупроводниковых приборов:

- ♦ **фототиристоры:** для тиристоров, управляемых с помощью внешнего светового сигнала, к обозначению вида прибора после буквы Т добавляется **буква Ф**;
- ♦ **оптотиристоры:** для тиристоров, управляемых с помощью внутреннего светового сигнала от светоизлучающего диода при воздействии внешнего электрического сигнала, к обозначению вида прибора после буквы Т добавляется **буква О**;
- ♦ **тиристор-диод:** для тиристоров, проводящих в обратном направлении, допускающих работу в обратном направлении в качестве диода, в обозначении вида прибора буква П заменяется на Д;
- ♦ **лавинный диод (тиристор):** для лавинный диодов (тиристоров), имеющих лавинные вольт-амперные характеристики, к обозначению вида прибора после буквы Д (или Т) добавляется буква Л.

Для приборов с установленной границей некоторых коммутационных параметров к обозначению вида прибора добавляется:

- ♦ **буква Ч** для диодов с нормируемым значением времени обратного восстановления; при этом к названию вида добавляется слово «быстровосстанавливающийся»;
- ♦ **буква Ч** для тиристоров с нормируемым значением времени выключения; при этом к названию вида добавляется слово «быстро выключающийся»;
- ♦ **буква И** для тиристоров с нормируемым значением времени включения; при этом к названию вида добавляется слово «быстровключающийся»;

- ♦ **буква Б** для тиристоров с нормируемым значением времени включения и выключения; при этом к названию вида добавляется слово «быстродействующий».

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — вид конструкции прибора, состоящий из трех знаков:

- ♦ **первый знак** — порядковый номер модификации, указанный в стандартах и технических условиях (обычно это цифры 1, 2 и 3, указывающие на то, что в одном и том же корпусе прибора смонтированы выпрямительные элементы различного диаметра);
- ♦ **второй знак (первый вариант)** — цифра в соответствии с размером шестигранника под ключ для штыревых приборов (типоразмер — размер шестигранника под ключ, мм):
1 — 11 мм; 3 — 17 мм; 5 — 27 мм; 7 — 41 мм.
2 — 14 мм; 4 — 22 мм; 6 — 32 мм;
- ♦ **второй знак (второй вариант)** — цифра в соответствии диаметра корпуса для таблеточных приборов (типоразмер — диаметр корпуса, мм):
1 — нет; 3 — 52 мм; 5 — 73 мм; 7 — 105 мм;
2 — 40 мм; 4 — 58 мм; 6 — 85 мм; 8 — 125 мм.
- ♦ **третий знак** — цифра, обозначение в зависимости от конструктивного исполнения корпуса прибора:
1 — штыревой с гибким выводом;
2 — штыревой с жестким выводом;
3 — таблеточный;
4 — под запрессовку;
5 — фланцевый.

Для приборов, конструктивные признаки которых не отражены выше, первым знаком должна быть цифра 0, 2. При разработке приборов с конструктивным исполнением корпуса, отличным от указанных, второй знак должен указываться в стандартах или технических условиях на эти приборы.

При разработке прибора с большим размером шестигранника под ключ или с большим диаметром таблетки первый знак устанавливается в соответствии с стандартами или техническими условиями на эти типы приборов.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, обозначающая:

- ♦ максимально допустимый средний прямой ток для диодов;
- ♦ максимально допустимый средний ток в открытом состоянии для тиристоров;

- ♦ максимально допустимый импульсный ток для быстровключающихся (импульсных) тиристоров;
- ♦ максимально допустимый действующий ток в открытом состоянии для симметричных тиристоров;
- ♦ максимально допустимую рассеиваемую мощность стабилитронов;
- ♦ максимально допустимую рассеиваемую энергию для органичителей напряжения.

В зависимости от **конструктивного расположения анодного и катодного выводов** приборы штыревого исполнения подразделяются на две категории:

- ♦ приборы с прямой полярностью (на основании корпуса анод);
- ♦ приборы с обратной полярностью (на основании корпуса катод).

Для приборов с обратной полярностью после значений максимально допустимых нагрузочных параметров должна ставиться буква Х.



Примеры.

Д161-200 — диод штыревого исполнения с гибким выводом, порядковым номером модификации конструкции 1, размером шестигранника под ключ 32 мм, на максимально допустимый средний прямой ток 200 А, прямой полярности;

Т143-500 — тиристор с таблеточным исполнением, с порядковым номером модификации конструкции 1, диаметром корпуса 58 мм, на максимально допустимый средний ток в открытом состоянии 500 А.

Классы приборов (кроме стабилитронов) обозначаются цифрами, соответствующими числу сотен вольт. В правой колонке указаны: повторяющееся обратное импульсное напряжение, повторяющееся импульсное напряжение в открытом состоянии (класс — U, В):

1 — 100 В;	8 — 800 В;	15 — 1500 В;	32 — 3200 В;
2 — 200 В;	9 — 900 В;	16 — 1600 В;	36 — 3600 В;
3 — 300 В;	10 — 1000 В;	18 — 1800 В;	40 — 4000 В;
4 — 400 В;	11 — 1100 В;	20 — 2000 В;	44 — 4400 В;
5 — 500 В;	12 — 1200 В;	22 — 2200 В;	50 — 5000 В.
6 — 600 В;	13 — 1300 В;	24 — 2400 В;	
7 — 700 В;	14 — 1400 В;	28 — 2800 В;	



Примечание.

Приборы одного типа и класса подразделяются на группы в зависимости от подвида.

**Пример.**

Диод Д161-200-5-1,25-1,35 — это диод Д161-200 пятого класса с импульсным прямым напряжением от 1,25 до 1,35 В.

Тиристор быстродействующий ТБ133-250-8-52 — это тиристор ТБ133-250, восьмого класса с критической скоростью нарастания напряжения в закрытом состоянии по группе 5, временем выключения по группе 2.

Маркировка зарубежных полупроводниковых приборов по системе JEDEC (США)

Наибольшую популярность в мире получила так называемая «Американская» система обозначений JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council), принятая объединенным техническим советом по электронным приборам США (Electronic Industries Association).

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — означает число р-n-переходов:

1 — диод; 2 — транзистор; 3 — тиристор.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — буква «N» (типоминал).

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — цифры (серийный номер).

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, указывающая на возможные изменения параметров (характеристик) прибора в пределах одного типоминала по EIA.

Если корпус транзистора или другого полупроводникового прибора мал, то в сокращенной маркировке первая цифра и буква «N» — не ставятся.

Маркировка зарубежных полупроводниковых приборов по европейской системе PRO ELECTRON

В Европе для маркировки полупроводниковых приборов, кроме системы JEDEC, широко распространена система ассоциации Association International Pro-Electron. Основой обозначения по этой системе являются пять знаков.

Приборы для специальной или промышленной аппаратуры обозначают ТРЕМЯ БУКВАМИ, за которыми следует порядковый номер разработки, состоящий из ДВУХ ЦИФР.

Полупроводниковые приборы для бытовой аппаратуры обозначают из ДВУХ БУКВ, за которыми следует серийный номер из ТРЕХ ЦИФР.

**Примечание.**

В обоих случаях техническое значение имеют только первые две буквы, а остальные указывают порядковый номер или особое обозначение прибора.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — означает **исходный материал**:

A — германий;	D — антимонид индия;
B — кремний;	R — сульфит кадмия.
C — арсенид галлия;	

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — определяет **подкласс прибора**:

A — маломощный диод;
B — варикап;
C — маломощный НЧ транзистор;
D — мощный НЧ транзистор;
E — туннельный диод;
F — маломощный ВЧ транзистор;
G — несколько приборов в одном корпусе;
H — магнитодиод;
L — мощный ВЧ транзистор;
M — датчик Холла;
P — фотодиод, фототранзистор;
Q — светодиод;
R — маломощный регулирующий или переключающий прибор;
S — маломощный переключающий транзистор;
T — мощный регулирующий или переключающий транзистор;
U — мощный переключающий транзистор;
X — умножительный диод;
Y — мощный выпрямительный диод;
Z — стабилитрон.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — **цифры и буквы**:

100...999 — приборы широкого применения;

Z10...A99 — приборы для промышленной и специальной аппаратуры.

ЧЕТВЕРТЫЙ И ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТЫ — **буквы и цифры**, обозначающие:

- ♦ для **стабилитронов** — допустимое изменение номинального напряжения стабилизации (буква) и напряжение стабилизации, В (цифра): A = 1%; B = 2%; C = 5%; D = 10%; E = 15%;
- ♦ для **выпрямительных диодов**, у которых анод соединен с корпусом (R) — максимальная амплитуда обратного напряжения, В (цифра);
- ♦ для **тириستоров**, анод которых соединен с корпусом (R) — меньшее из значений максимального напряжения включения или максимальная амплитуда обратного напряжения, В (цифра).

Маркировка зарубежных полупроводниковых приборов по японской системе JIS-C-7012

В Японии широко используется промышленный стандарт JIS ассоциаций Electronic Industries of Japan, который является комбинацией между системами обозначений JEDEC и Pro-Electron. Условное обозначение состоит из пяти элементов.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, обозначает вид (класс) полупроводникового прибора:

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| 0 — фотодиод, фототранзистор; | 2 — транзистор; |
| 1 — диод; | 3 — тиристор. |

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — буква «S» означает «Semiconductor».

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, обозначающая тип прибора:

- A — высокочастотный транзистор с p-n-p переходом;
- B — низкочастотный транзистор с n-p-n переходом;
- C — высокочастотный транзистор с n-p-n переходом;
- D — низкочастотный транзистор с p-n-p переходом;
- E — диод Есаки (четырёхслойный диод со структурой p-n-p-n);
- F — тиристор;
- G — диод Ганна (четырёхслойный диод со структурой n-p-n-p);
- H — однопереходной (не инжектированный) транзистор;
- I — полевой транзистор с p-каналом;
- K — полевой транзистор с n-каналом;
- M — симметричный тиристор (семистор);
- Q — светодиод;
- R — выпрямительный диод;
- S — слаботочный диод;
- T — лавинный диод;
- V — варикап;
- Z — стабилитрон.

У фотоприборов третий элемент маркировки отсутствует.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — обозначает регистрационный номер, начиная с числа 11.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква (может отсутствовать), обозначает разные дополнительные модификации — «А» или «В».

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ — дополнительный индекс «N», «M» или «S», показывающий отношение к требованиям специальных стандартов.

**Маркировка зарубежных полупроводниковых приборов
«NIPPON ELECTRIC COMPANY» (NEC)**

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, обозначающая тип прибора:

- AD — лавинопролетные диоды;
- GD — диоды Ганна;
- GH — смесительные германиевые диоды;
- H — фототранзисторы;
- PS — оптопары;
- RD — стабилитроны;
- SD — малосигнальные диоды;
- SE — инфракрасные диоды;
- SG — светодиоды зеленого цвета свечения;
- SH — точечно-контактные кремниевые диоды;
- SM — арсенид-галлиевые диоды с барьером Шоттки;
- SR — светодиоды красного цвета свечения,
- SV — варакторы;
- SY — светодиоды желтого цвета свечения;
- V — новые полупроводниковые приборы;
- VD — варисторы.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — регистрационный номер.

Собственные обозначения фирм-производителей

Кроме систем маркировки JEDEC, JIS и Pro-electron фирмы-производители часто вводят **собственные типы**. Это происходит по коммерческим причинам (для увековечения инициалов названия своей фирмы), либо при маркировке специальных типов приборов. Наиболее распространенные **ПРЕФИКСЫ**:

- MJ — Motorola power, metal case;
- MJE — Motorola power, plastic case;
- MPS — Motorola low power, plastic case;
- TIP — Texas Instruments power transistor (platic case);
- TIPL — TI planar power transistor;
- TIS — TI small signal transistor (plastic case);
- ZT — Ferranti.

**Примеры.***ZTX302, TIP31A, MJE3055, TIS43.*

2.2.2. Условные обозначения и кодовая маркировка микросхем

Маркировка отечественных микросхем

Система условных обозначений современных типов интегральных микросхем установлена ОСТ 11073915-80. В основу системы обозначений положен буквенно-цифровой код. Код состоит из **ПЯТИ элементов**.

Буквенно-цифровой код содержит информацию о таких данных:

- ♦ функциональном назначении микросхемы;
- ♦ числе подобных типов и типономиналов ИМС в серии;
- ♦ номере серии;
- ♦ технологии изготовления;
- ♦ материале и корпусе.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — двухбуквенный префикс (вторая буква в префиксе может отсутствовать).

1-я буква — область применения микросхемы:

К — широкое применение;

Э — экспортное исполнение;

Отсутствие первого элемента — специальное назначение.

2-я буква — материал и тип корпуса микросхемы:

А — пластмассовый типа 4;

Б — бескорпусная ИМС;

Е — металлополимерный типа 2;

И — стеклокерамический типа 4;

М — керамический, металлокерамический типа 2;

Н — керамический микрокорпус;

Р — пластмассовый типа 2;

С — стеклокерамический типа 2;

Ф — пластмассовый микрокорпус.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — номер серии (трех-четырёхзначное число).

1-я цифра — группа микросхем по конструктивно-технологическому признаку:

1 — полупроводниковые микросхемы;

2 — гибридные микросхемы;

- 3 — пленочные, вакуумные, керамические и т. д.;
- 4 — гибридные микросхемы;
- 5 — полупроводниковые микросхемы;
- 6 — полупроводниковые микросхемы;
- 7 — полупроводниковые микросхемы;
- 8 — гибридные микросхемы.

Остальные цифры — порядковый номер разработки конкретной серии.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — двухбуквенный индекс (подгруппа и вид ИМС):

- АА — формирователи адресных токов;
- АГ — формирователи импульсов прямоугольной формы;
- АП — прочие формирователи;
- АР — формирователи разрядных токов;
- АФ — формирователи импульсов специальной формы;
- БМ — устройства задержки пассивные;
- БП — прочие устройства задержки;
- БР — устройства задержки активные;
- ВА — устройства сопряжения с магистралью;
- ВБ — устройства синхронизации;
- ВВ — устройства управления вводом-выводом;
- ВГ — контроллеры;
- ВЕ — микро-ЭВМ;
- ВЖ — специализированные устройства;
- ВИ — времязадающие устройства;
- ВК — комбинированные устройства;
- ВМ — микропроцессоры;
- ВН — устройства управления прерыванием;
- ВП — прочие вычислительные устройства;
- ВР — функциональные расширители;
- ВС — микропроцессорные секции;
- ВТ — устройства управления памятью;
- ВУ — устройства микропрограммного управления;
- ВФ — функциональные преобразователи информации;
- ВХ — микрокалькуляторы;
- ГГ — генераторы прямоугольных сигналов (мультивибраторы, блокинг-генераторы);
- ГЛ — генераторы линейно-изменяющихся сигналов;
- ГМ — генераторы шума;
- ГП — прочие генераторы;

- ГС — генераторы гармонических сигналов;
- ГФ — генераторы сигналов специальной формы;
- ДА — детекторы амплитудные;
- ДИ — детекторы импульсные;
- ДП — прочие детекторы;
- ДС — детекторы частотные;
- ДФ — детекторы фазовые;
- ЕВ — выпрямители;
- ЕК — стабилизаторы напряжения импульсные;
- ЕМ — преобразователи;
- ЕН — стабилизаторы напряжения непрерывные;
- ЕП — прочие источники вторичного питания;
- ЕС — источники вторичного питания;
- ЕТ — стабилизаторы тока;
- ЕУ — устройства управления импульсными стабилизаторами напряжения;
- ИА — арифметико-логические устройства;
- ИБ — шифраторы;
- ИД — дешифраторы;
- ИЕ — счетчики;
- ИК — комбинированные;
- ИЛ — полусумматоры;
- ИМ — сумматоры;
- ИП — прочие цифровые устройства;
- ИР — регистры;
- КН — коммутаторы и ключи напряжения;
- КП — прочие коммутаторы и ключи;
- КТ — коммутаторы и ключи тока;
- ЛА — И-НЕ;
- ЛБ — И-НЕ / ИЛИ-НЕ;
- ЛД — расширители;
- ЛЕ — ИЛИ-НЕ;
- ЛИ — И;
- ЛК — И-ИЛИ-НЕ (И-ИЛИ);
- ЛЛ — ИЛИ;
- ЛМ — ИЛИ-НЕ (ИЛИ);
- ЛН — НЕ;
- ЛП — прочие логические элементы;
- ЛР — И-ИЛИ-НЕ;

- ЛС — И-ИЛИ;
- МА — модуляторы амплитудные;
- МИ — модуляторы импульсные;
- МП — прочие модуляторы;
- МС — модуляторы частотные;
- МФ — модуляторы фазовые;
- НД — наборы диодов;
- НЕ — наборы конденсаторов;
- НК — наборы комбинированные;
- НП — прочие элементы;
- НР — наборы резисторов;
- НТ — наборы транзисторов;
- НФ — наборы функциональные;
- ПА — преобразователи цифро-аналоговые;
- ПВ — преобразователи аналого-цифровые;
- ПД — преобразователи длительности (импульсов);
- ПЕ — преобразователи делители частоты аналоговые;
- ПЛ — преобразователи синтезаторы частоты;
- ПМ — преобразователи мощности;
- ПН — преобразователи напряжения;
- ПП — прочие преобразователи;
- ПР — преобразователи код-код;
- ПС — преобразователи частоты;
- ПУ — преобразователи уровня (согласователи);
- ПФ — преобразователи фазы;
- ПЦ — преобразователи делители частоты цифровые;
- РА — ассоциативные запоминающие устройства;
- РВ — матрицы ПЗУ;
- РЕ — ПЗУ (масочные);
- РМ — матрицы ОЗУ;
- РП — прочие запоминающие устройства.
- РР — ПЗУ с возможностью многократного
перепрограммирования;
- РТ — ПЗУ с возможностью однократного программирования;
- РУ — ОЗУ;
- РФ — ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием
и электрической записью информации;
- РЦ — запоминающие устройства на ЦМД;
- СА — амплитудные устройства селекции и сравнения;

- СВ** — временные устройства селекции и сравнения;
- СП** — прочие устройства селекции и сравнения;
- СС** — частотные устройства селекции и сравнения;
- СФ** — фазовые устройства селекции и сравнения;
- ТВ** — JK-триггер;
- ТД** — динамические;
- ТК** — комбинированные;
- ТЛ** — Шмитта;
- ТМ** — D-триггер;
- ТП** — прочие триггеры;
- ТР** — RS-триггер;
- ТТ** — T-триггер;
- УВ** — усилители высокой частоты;
- УД** — усилители операционные;
- УЕ** — усилители повторители;
- УИ** — усилители импульсные;
- УК** — усилители широкополосные;
- УЛ** — усилители считывания и воспроизведения;
- УМ** — усилители индикации;
- УН** — усилители низкой частоты;
- УП** — прочие усилители;
- УР** — усилители промежуточной частоты;
- УС** — усилители дифференциальные;
- УТ** — усилители постоянного тока;
- ФВ** — фильтры верхних частот;
- ФЕ** — фильтры полосовые;
- ФН** — фильтры нижних частот;
- ФП** — прочие фильтры;
- ФР** — фильтры режекторные;
- ХА** — аналоговые многофункциональные устройства;
- ХИ** — аналоговые матрицы;
- ХИ** — прочие многофункциональные устройства;
- ХК** — комбинированные многофункциональные устройства;
- ХЛ** — цифровые многофункциональные устройства;
- ХМ** — цифровые матрицы;
- ХТ** — комбинированные матрицы;
- ЦЛ** — фоточувствительные схемы с зарядовой связью линейные;
- ЦМ** — фоточувствительные схемы с зарядовой связью матричные;
- ЦП** — прочие фоточувствительные схемы с зарядовой связью.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — одно-, двух- или трехзначный условный номер ИМС в данной серии.



Примечание.

Иногда после условного номера добавляется буквенное обозначение, характеризующее эксплуатационные параметры ИМС.

Для бескорпусных интегральных микросхем после дополнительного буквенного обозначения через дефис указывается цифра, характеризующая модификацию конструктивного исполнения:

- 1 — с гибкими выводами;
- 2 — с ленточными выводами;
- 3 — с жесткими выводами;
- 4 — на общей пластине (неразделенные);
- 5 — разделенные без потери ориентировки (наклеенные на пленку);
- 6 — с контактными площадками без выводов (кристалл).

Кроме условного обозначения маркировка микросхем должна содержать:

- ♦ товарный знак (или код) предприятия-изготовителя;
- ♦ дату изготовления (ГОСТ В 20.39.402);
- ♦ обозначение первого вывода;
- ♦ клеймо представителя заказчика;
- ♦ знак чувствительности к статическому электричеству (СЭ) для микросхем с допустимым значением потенциала СЭ менее 2000 В (допускается нанесение на дно корпуса);
- ♦ порядковый номер сопроводительного листа (допускается нанесение на дно корпуса).

Дата изготовления обозначается следующим образом:

- ♦ две первые цифры соответствуют двум последним цифрам календарного года;
- ♦ две вторые цифры соответствуют календарной неделе года от 1-ой до 53-й (например, 0745 обозначают 2007 год, 45 неделю).



Примечание.

Если календарная неделя состоит из одной цифры, перед ней ставят 0 (например, 0702). Первой неделей года считают ту, на которую приходится первый четверг года. Для микросхем с ограниченным местом для маркировки первую цифру года изготовления (из двух последних календарного года) допускается не проставлять.

Для микросхем, размеры которых не позволяют обозначать год и неделю четырьмя цифрами, используют коды согласно ГОСТ 30668.

КОДЫ обозначения ГОДА:

R — 1983 г.;	D — 1993 г.;	R — 2003 г.;	B — 2013 г.;
S — 1984 г.;	E — 1994 г.;	S — 2004 г.;	C — 2014 г.;
T — 1985 г.;	F — 1995 г.;	T — 2005 г.;	D — 2015 г.;
U — 1986 г.;	H — 1996 г.;	U — 2006 г.;	E — 2016 г.;
V — 1987 г.;	I — 1997 г.;	V — 2007 г.;	F — 2017 г.;
W — 1988 г.;	K — 1998 г.;	W — 2008 г.;	H — 2018 г.;
X — 1989 г.;	L — 1999 г.;	X — 2009 г.;	I — 2019 г.;
A — 1990 г.;	M — 2000 г.;	Y — 2010 г.;	K — 2020 г.;
B — 1991 г.;	N — 2001 г.;	Z — 2011 г.;	L — 2021 г.;
C — 1992 г.;	P — 2002 г.;	A — 2012 г.;	M — 2022 г.;

КОДЫ обозначения МЕСЯЦА:

1 — Январь;	5 — Май;	9 — Сентябрь;
2 — Февраль;	6 — Июнь;	0 — Октябрь;
3 — Март;	7 — Июль;	N — Ноябрь;
4 — Апрель;	8 — Август;	D — Декабрь.

**Пример.**

*Сокращенное обозначение **N4** обозначает апрель 2001 года.*

Маркировка зарубежных микросхем

За рубежом существуют различные системы кодирования (обозначения, маркировки) ИМС, действующие как в международном масштабе, так и внутри отдельных стран или фирм.

В европейских странах система кодирования ИМС аналогична системе, принятой для кодирования дискретных полупроводниковых приборов, и используется полупроводниковыми фирмами различных стран (Англии, Бельгии, Италии, Испании, Нидерландов, Швеции, Франции, ФРГ и др.).

Основные принципы кодирования системы, по которой обозначения присваиваются международной организацией Association International Pro Electron, приводятся ниже.

**Пример.**

*Код состоит из трех букв, за которыми следует серийный номер, например, **TDA5630CT**.*

ПЕРВАЯ БУКВА для одиночных схем отражает принцип преобразования сигнала в схеме:

- S** — цифровое;
- T** — аналоговое;
- V** — смешанное (аналого-цифровое).

ВТОРАЯ БУКВА не имеет специального значения (выбирается фирмой-изготовителем), за исключением буквы **H**, которой обозначаются гибридные схемы.

Для серий (семейств) цифровых схем **ПЕРВЫЕ ДВЕ БУКВЫ** отражают схемотехнологические особенности:

- FD** — МОП-схемы;
- FL** — стандартные ТТЛ-схемы;
- FQ** — ДТЛ-схемы;
- FY** — ЭСЛ-серия;
- GA** — маломощные ТТЛ-схемы;
- GD** — МОП-схемы;
- GF** — стандартные ТТЛ-схемы;
- GJ** — быстродействующие ТТЛ-схемы;
- GM** — маломощные с диодами Шотки ТТЛ-схемы;
- HB** — комплементарные МОП-схемы серии 4000 А;
- HC** — комплементарные МОП-схемы серии 4500 В.

ТРЕТЬЯ БУКВА обозначает диапазон рабочих температур:

- A** — температурный диапазон не нормирован;
- B** — от 0 до +70°C;
- C** — от -55 до +125°C;
- D** — от -25 до +70°C;
- E** — от -25 до +85°C;
- F** — от -40 до +85°C;
- G** — от -55 до +85°C.

ЦИФРОВОЙ БЛОК — серийный номер, состоящий минимум из **ЧЕТЫРЕХ ЦИФР**. Если он состоит менее чем из четырех цифр, то число цифр увеличивается до четырех добавлением нулей перед ними.

БУКВА или **ДВЕ БУКВЫ**, идущие за цифрами, обозначает вариант (разновидности) основного типа. Типы корпусов могут обозначаться одной или двумя буквами.

При двухбуквенном обозначении вариантов корпусов (после серийного номера):

1-я буква отражает конструкцию:

C — цилиндрический корпус;

D — с двухрядным параллельным расположением выводов (DIP);

E — мощный с двухрядным расположением выводов (с внешним теплоотводом);

F — плоский (с двусторонним расположением выводов);

G — плоский (с четырехсторонним расположением выводов);

K — корпус типа ТО-3;

M — многорядный (больше четырех рядов);

Q — с четырехрядным параллельным расположением выводов;

R — мощный с четырехрядным расположением выводов (с внешним теплоотводом);

S — с одnorядным расположением выводов;

T — с трехрядным расположением выводов.

2-я буква показывает материал корпуса:

G — стеклокерамика;

M — металл;

P — пластмасса;

X — прочие.

Обозначения корпусов с одной буквой:

C — цилиндрический;

D — керамический;

F — плоский;

L — ленточный кристаллодержатель;

P — пластмассовый DIP;

Q — с четырехрядным расположением выводов;

T — миниатюрный пластмассовый;

U — бескорпусная ИМС.

Маркировка микросхем включает набор букв и цифр и имеет в своей основе один шаблон, принятый в европейских и американских фирмах.

ДВЕ БУКВЫ — фирма-производитель:

AD — Analog Devices;

DS — Dallas, National;

AM — AMD;

MC — Motorola.

AT — Atmel;

ПЕРВАЯ ЦИФРА — вид памяти:

2 — постоянная память;

4 — память динамическая;

- 6 — оперативная статическая память;
- 7 — логика;
- 8 — микропроцессоры и микроконтроллеры).

ВТОРАЯ ЦИФРА — группа или тип памяти:

- 0 — микропроцессоры;
- 1 — интегрированная периферия/память — если в поле 2 указана цифра 8, или синхронная память — если в поле 2 указана цифра 6;
- 2 — периферия — если в поле 2 указана цифра 8 или статическое ОЗУ — если в поле 2 указана цифра 6;
- 4 — последовательная память;
- 7 — электрически программируемая память (с УФ стиранием или однократно программируемая);
- 8 — электрически перепрограммируемая память;
- 9 — память Flash).

БУКВЫ — технология изготовления, производства:

- C — CMOS; LV — Low Voltage.
- HC — High CMOS;
- F — Flash;

ГРУППА ИЗ ТРЕХ ЦИФР — конкретный тип в своей группе.



Пример.

*Микросхема AT28C256-15PI — производитель Atmel, микропроцессоры и микроконтроллеры с электрически перепрограммируемой памятью, технология изготовления, производства CMOS, 256 — конкретный тип в своей группе. Далее идут **необязательные поля**, которые показывают особенности данного компонента: 15 — быстрота; P — тип корпуса; I — диапазон рабочих температур.*

2.2.3. Светоизлучающие полупроводниковые приборы

Отечественные светоизлучающие приборы

При старой системе обозначений полупроводниковых приборов светоизлучающие диоды обозначались двумя буквами и несколькими цифрами:

- ♦ 1-я буква указывала на исходный материал;
- ♦ 2-я буква являлась признаком прибора;
- ♦ цифры указывали порядковый номер разработки.

Если индикатор представлял собой ряд или матрицу диодов, в обозначении появлялась буква С.

**Примеры.**

АЛ102 расшифровывалось так: А — арсенид галлия или фосфид галлия, Л — индикатор из единичного светоизлучающего диода, 102 — порядковый номер разработки.

АЛС331 — полупроводниковый индикатор на основе фосфида галлия, состоящий из нескольких светоизлучающих приборов, в данном случае из двух.

В связи с развитием семейства полупроводниковых светоизлучающих индикаторов, расширением их классов, система обозначений усовершенствовалась.

По ОСТ 11.339.015-81 полупроводниковые приборы, выполняющие функцию индикации, обозначаются восьмью элементами:

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква И — индикатор;

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — буква П — полупроводниковый;

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — буквы Д — единичный светоизлучающий диод, Т — шкальный индикатор, Ц — индикатор для обозначения цифр, В — цифробуквенный индикатор, М — мнемонический индикатор, Г — модуль экрана;

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — цифры, определяющие номер разработки (от 01 до 69 указывают, что прибор без схемы управления, с 70 по 99 — со схемой управления);

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква русского алфавита обозначает, как и в старой системе, к какой группе относится прибор;

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, указывающая число диодов в индикаторе (при обозначении светоизлучающих диодов единица может опускаться);

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, обозначающая цвет диода;

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, указывающая модификацию прибора (5 — прибор бескорпусной).

**Пример.**

ИПД04А-1К — индикатор полупроводниковый из единичного светоизлучающего диода, без схемы управления, группы А, красного цвета свечения; *прибор КИПД03А-1Ж-5* — индикатор полупроводниковый из единичного светоизлучающего диода, без схемы управления, группы А, желтого цвета свечения, бескорпусной (первая буква К указывает, что прибор широкого общепромышленного назначения).

Зарубежные светоизлучающие приборы

Маркировка СВЕТОДИОДОВ фирмы Kingbright.

ПЕРВЫЙ ЗНАК — серия, указывает на конструктивное исполнение, особенности и тип монтажа;

ВТОРОЙ-ПЯТЫЙ ЗНАКИ — цвет и яркость светодиодов (3, 4, 5 — для многоцветных):

ШЕСТОЙ ЗНАК — тип линзы:

- C** — прозрачная бесцветная;
- T** — прозрачная цветная;
- D, DT** — цветная матовая;
- F** — цветная флюоресцентная;
- SD** — частично матовая;
- W, WT** — белая матовая.

СЕДЬМОЙ ЗНАК — особенности выводов серий KM2520 и KM-27:

- 01** — прямые выводы;
- 02** — прямые выводы с указанием полярности;
- 03** — короткие выводы под SMD-монтаж;
- 08** — выводы типа «крыло чайки»; под отверстие в плате;
- 09** — короткие выводы под SMD-монтаж; под отверстие в плате.

Рассмотрим маркировку светодиодов и матриц фирмы Para Light (Тайвань).

ПЕРВАЯ ЦИФРА Ц1 означает:

- 2** — светодиоды диаметром 1,8 мм;
- 3** — светодиоды диаметром 3 мм;
- 4** — прямоугольные светодиоды 2×5 мм;
- 5** — светодиоды диаметром 5 мм;
- 6** — светодиоды прямоугольные размером 2×3 мм (L602) или квадратные 5×5 мм (L643);
- 8** — светодиоды диаметром от 8 мм до 20 мм.

ВТОРАЯ ЦИФРА Ц2 (вместо нее может быть и буква) означает номер разработки.

ТРЕТЬЯ ЦИФРА Ц3:

- ♦ для 2, 3, 4 означает одноцветные диоды;
- ♦ для 7 — двухцветные или мигающие светодиоды;
- ♦ для 9 — трехцветные светодиоды.

БУКВЫ XXXX означают цвет свечения и материал светодиода, например:

- hd** — красный;
- yd** — желтый;
- gd** — зеленый;

urd — ультракрасный;

spgc — зеленый/голубой из материала GaInN и т. д.



Пример.

L-513hd — светодиоды круглые диаметром 5 мм, красного цвета свечения.

ИНФРАКРАСНЫЕ СВЕТОДИОДЫ имеют обозначение в виде букв IR (InfraRed).



Пример.

L-31xEIR1C, где 3 означает диаметр 3 мм; C — прозрачная бесцветная линза; BC — прозрачная голубая линза.

СВЕТОДИОДЫ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА имеют обозначение L-C, последующая цифра означает размер светодиода.



Пример.

L-C191xx. Это светодиод формата 0603 (1,6×0,8×0,6 мм), последующие буквы означают цвет свечения и материал, например, *gct* — зеленого цвета свечения из GaP.

L-C150xx означает светодиод формата 1206 (3,2×1,6×1,1 мм) и т. д.

ЦИФРОВЫЕ СЕМИСЕГМЕНТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ фирмы Para Light имеют обозначение A/C.

ПЕРВЫЕ ДВЕ ЦИФРЫ после этого означают **высоту индикатора** в долях дюйма:

- ♦ A/C 311xx означает высоту индикатора 9,15 мм;
- ♦ A/C 501xx означает высоту индикатора 12,7 мм;
- ♦ A/C 1201xx означает высоту индикатора 30,4 мм;
- ♦ A/C 5001xx, максимальный размер, означает высоту индикатора 127,0 мм.

БУКВЫ ПОСЛЕ ЭТОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ обозначают **цвет свечения**:

g — зеленый;

y — желтый.

ЦИФРА означает **число разрядов индикатора**:

1 — один разряд;

2 — два разряда;

3 — три разряда;

4 — четыре разряда;

5 — пять разрядов.

СВЕТОДИОДНЫЕ МАТРИЦЫ также имеют обозначение A/C.

ПЕРВАЯ ЦИФРА означает размер в дюймах суммы высоты и длины индикатора:

- 2 — означает размер в 2 дюйма ($17,7 \times 12,7$ мм);
- 3 — означает размер в 3 дюйма ($37,5 \times 23,4$ мм);
- 5 — означает размер в 5 дюймов ($60,3 \times 60,3$ мм).

ДВЕ СЛЕДУЮЩИЕ ЦИФРЫ означают формат изображения:

- ♦ A/C 2570 означает формат 5×7 элементов (последующий 0 информации не несет);
- ♦ A/C 3580 означает формат 5×8 элементов;
- ♦ A/C 5880 означает формат 8×8 элементов (с размером матрицы $60,2 \times 60,2$ мм).

Зарубежные знако-цифровые индикаторы

Маркировка знако-цифровых индикаторов фирмы Sharlight:

ПЕРВЫЙ ЗНАК — размер дисплея:

- 1 — один знак;
- 2 — два знака;
- 3 — три знака;
- 4 — четыре знака;

альфа (A) — 16-сегментный индикатор;

альфа-двойной (T) — двойной 16-сегментный индикатор;

O — одинарный 10-сегментный индикатор;

E — двойной 10-сегментный индикатор;

F — тройной 10-сегментный индикатор.

ВТОРОЙ ЗНАК — высота цифры в сотых долях дюйма.

ТРЕТИЙ ЗНАК — тип подключения:

- 1, 5 — общий катод;
- 2, 6 — общий анод.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЗНАК — цвет кристалла:

- ♦ **первая цифра** — первый излучающий цвет;
 - ♦ **вторая цифра** — второй излучающий цвет (для одиночного кристалла вторая цифра — 0).
- 2 — зеленый;
 - 3 — оранжевый;

ВОСЬМОЙ ЗНАК — цвет эпоксида:

W — белый;

N — зеленый;

R — красный;

T — прозрачный.

Y — желтый;

ДЕВЯТЫЙ ЗНАК — материал отражающей поверхности:

N — норил;

P — типа персонального компьютера;

B — дымчатый.



Пример.

CM1-1501/2G0E — дисплей на 1 знак, высотой цифры 1,5 дюйма (28 мм), общий катод или общий анод — выводы 1, 2, сверхяркий зеленый цвет, без специального типа, длина вывода 8,3 мм. Остальные данные отсутствуют.

Маркировка **ТОЧЕЧНЫХ МАТРИЦ** фирмы Sharlight имеет следующие элементы:

- ♦ **ПЕРВЫЙ ЗНАК** — обозначает точечный дисплей (D).
- ♦ **ВТОРОЙ ЗНАК** — диаметр точки (в долях дюйма).
- ♦ **ТРЕТИЙ ЗНАК** — произведение числа колонок на число рядов.
- ♦ **ЧЕТВЕРТЫЙ ЗНАК** — тип подключения: 1 — катод столбцов, 2 — анод столбцов.
- ♦ **ПЯТЫЙ ЗНАК** — цвет кристалла.
- ♦ **ШЕСТОЙ ЗНАК** — буква B при синем цвете, если другой цвет+ то не заполняется.
- ♦ **СЕДЬМОЙ ЗНАК** — специальный тип, если нет, то 0.
- ♦ **ВОСЬМОЙ ЗНАК** — **ОДИННАДЦАТЫЙ ЗНАК** повторяют шестой-девятый знаки для знако-цифровых индикаторов фирмы Sharlight.



Пример.

CMD-3581/2L00 — матричный дисплей с диаметром точки 0,3 дюйма (7 мм), формат 5×8 точек, общий катод или общий анод — выводы 1, 2, суперяркий красный цвет, 0 для синего цвета, 0 для специального типа. Остальные данные отсутствуют.



Примечание.

Такой же характер имеют обозначения для штриховых индикаторов.

2.2.4. Фоточувствительные полупроводниковые приборы

Фоторезисторы

**Определение.**

Фоторезистор — фоточувствительный полупроводниковый приемник излучения, принцип действия которого основан на эффекте фотопроводимости.

В отсутствии облучения ток через прибор (темновой ток) обычно не превышает нескольких микроампер. При воздействии на фоторезистор светового потока ток через прибор увеличивается по закону: корень квадратный из светового потока.

Маркировка фоторезистора состоит из букв и цифр.

БУКВЫ ФС или СФ — фотосопротивление.

ПЕРВАЯ ЦИФРА после букв означает материал:

2 — сернистый кадмий;

3 — селенит кадмия.

ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА, написанная через дефис, указывает номер разработки.

**Пример.**

СФ2-5 — фоторезистор сернистокадмиевый, 5 — порядковый номер разработки.

В выпусках предыдущих лет материал обозначался буквами:

А — сернистый свинец;

К — сернистый кадмий;

Д — селенит кадмия.

Фотодиоды

**Определение.**

Фотодиод — фоточувствительный полупроводниковый диод с p-n-переходом (между двумя типами полупроводника или между полупроводником и металлом).

Маркировка фотодиода содержит буквы ФД (фотодиод) и порядковый номер разработки.

**Пример.**

ФД256 — фотодиод, порядковый номер разработки 256.

Фототранзисторы



Определение.

Фототранзисторы — дискретные опто-электронные фотоприемники, наиболее характерными чертами которых являются наличие механизма встроенного усиления.

Маркировка фототранзистора содержит буквы **ФТ** (фототранзистор) и порядковый номер разработки.



Пример.

ФТ-1К — фототранзистор, порядковый номер разработки 1, кремниевый.

Фототиристоры



Определение.

Фототиристор — это тиристор, который включается воздействием светового потока.

Фототиристоры имеют обозначение **ТФ** (тиристоры фото) и порядковый номер разработки. Кроме того, могут указываться:

- ♦ **средний ток** в открытом состоянии, А;
- ♦ **класс по напряжению**, обозначается числом от 1 до 60. Классу 1 соответствует максимально допустимое напряжение 100 В, классу 2 — 200 В, классу 3 — 300 В, и так далее до 60 класса, которому соответствует максимально допустимое напряжение 6000 В;
- ♦ **критическая скорость** нарастания напряжения в закрытом состоянии;
- ♦ **группа по времени выключения**;
- ♦ **климатическое исполнение**.

2.3. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

2.3.1. Первое знакомство

Определение



Определение.

Полупроводниковые диоды (в том числе варикапы, стабилитроны, диоды Шоттки) — полупроводниковые приборы с одним электрическим переходом и двумя выводами (электродами).

В отличие от других типов диодов, принцип действия полупроводникового диода основывается на явлении р-n-перехода.

Классификация диодов

Типы диодов по назначению:

- ♦ **выпрямительные диоды** предназначены для преобразования переменного тока в постоянный;
- ♦ **импульсные диоды** имеют малую длительность переходных процессов, предназначены для применения в импульсных режимах работы;
- ♦ **детекторные диоды** предназначены для детектирования сигнала;
- ♦ **смесительные диоды** предназначены, например, для преобразования высокочастотных сигналов в сигнал промежуточной частоты;
- ♦ **переключательные диоды** предназначены для применения в устройствах управления уровнем сверхвысокочастотной мощности.
- ♦ **параметрические диоды** предназначены для применения в параметрических усилителях СВЧ колебаний;
- ♦ **другие**, например, ограничительные, умножительные, настроечные, генераторные.

По размеру перехода диоды могут быть плоскостными и точечными. Различают диоды Шоттки, стабилитроны, стабисторы, варикапы, туннельные диоды, обращенные диоды, СВЧ-диоды и др.

2.3.2. Характеристики отечественных однопереходных полупроводниковых диодов

Выпрямительные диоды

Выпрямительными называются диоды, используемые в электрических устройствах для преобразования переменного тока в ток одного направления. Они делятся на группы по мощности. Значения прямого и обратного токов отличаются на несколько порядков, а прямое падение напряжения не превышает единиц вольт по сравнению с обратным напряжением, которое может составлять сотни и более вольт. Поэтому диоды обладают односторонней проводимостью, что позволяет использовать их в качестве выпрямительных элементов.

С ростом температуры обратный ток возрастает. У большинства диодов этот ток при температуре 125 °С может увеличиться на 2-3 порядка по сравнению с током при 25 °С.

С увеличением обратного напряжения обратный ток также растет, но медленнее, чем с повышением обратный ток диода; $T_{к.макс.}$ — максимально-допустимая температура корпуса диода; $T_{п.макс.}$ — максимально-допустимая температура перехода диода.

Выпрямительные диоды малой мощности

Таблица 2.1

Тип	$U_{пр.}$, В	при $I_{пр.}$, мА	$I_{обр.}$, мкА	$T_{к.макс.}$, °С	$U_{обр.макс.}$, В	$I_{пр.макс.}$, мА	$f_{раб.}$
2Д101А	1	100	5	85	30 (30)	20 (300)	-
2Д102А	1	50	0,1	125	250	100	-
2Д102Б	1	50	1	125	300	100	-
2Д103А	1	50	1	125	75 (100)	100	0,02
2Д104А	1	10	3	70	300 (300)	10	0,02
2Д106А	1	300	2	125	100 (100)	300	0,05
2Д108А	1,5	100	150	125	-800	100	-
2Д108Б	1,5	100	150	125	-1000	100	-
2Д115А	1	50	1	125	100	30	0,8
2Д118А-1	1	300	50	100	200 (200)	300	0,1
2Д120А	1	300	2	175	100 (100)	300	0,1
2Д120А-1	1	300	2	155	100 (100)	300	0,1
2Д123А-1	1	300	1	100	100 (100)	300	0,1
2Д125А-5	1,5	1000	50	-	-600	300	0,2
2Д125Б-5	1,5	1000	50	-	-800	300	0
2Д204А	1,4	600	150	125	400 (400)	400	0,05
2Д204Б	1,4	600	100	125	200 (200)	600	0,05
2Д204В	1,4	600	50	125	50 (50)	1000	0,05
2Д207А	1,5	500	150	125	-600	500	-
2Д212А	1	1000	50	125	200 (200)	1000	0,1
2Д212Б	1	1000	50	125	100 (100)	1000	0,1
2Д215А	1,2	500	50	125	400 (400)	1000	0,01
2Д215Б	1,2	500	50	125	600 (600)	1000	0,01
2Д215В	1,1	1000	50	125	200 (200)	1000	0,01
2Д235А	0,9	300	800	-	40 (40)	1000	-
2Д235Б	0,9	300	800	-	30 (30)	1000	-
2Д236А	1,5	1000	5	155	600 (600)	1000	0,1
2Д236А-5	1,5	1000	5	155	600 (600)	1000	0,1
2Д236Б	1,5	1000	5	155	800 (800)	1000	0,1
2Д236Б-5	1,5	1000	5	155	800 (800)	1000	0,1
2Д237А	1,3	1000	5	155	100 (100)	1000	0,3
2Д237А-5	1,3	1000	5	155	100 (100)	1000	0,3
2Д237Б	1,3	1000	5	155	200 (200)	1000	0,3
2Д237Б-5	1,3	1000	5	155	200 (200)	1000	0,3
2ДМ101А	1	100	5	100	30	20 (300)	-
АД110А	1,1	10	0,005	85	30 (50)	10	5
АД112А	3	300	100	250	50	300	-
ГД107А	1	10	20	60	15	20	-

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	U _{пр.г} , В	при I _{пр.г} , мА	I _{обр.г} , мкА	Тк.мах, °С	U _{обр.мах.} , В	I _{пр.мах.г} , мА	f _{раб.}
ГД107Б	0,4	10	100	60	20	20	-
ГД113А	1	30	250	60	-115	15	-
Д10	-	-	100	70	10 (10)	16	150
Д101	2	2	10	125	75 (75)	30	150
Д101А	1	1	10	125	75 (75)	30	150
Д102	2	2	10	125	50 (50)	30	150
Д102А	1	1	10	125	50 (50)	30	150
Д103	2	2	30	125	30 (30)	30	150
Д103А	1	1	30	125	30 (30)	30	150
Д104	2	2	5	125	100 (100)	30	150
Д104А	1	1	5	125	100 (100)	30	150
Д105	2	2	5	125	75 (75)	30	150
Д105А	1	1	5	125	75 (75)	30	150
Д106	2	2	30	125	30 (30)	30	-
Д106А	1	1	30	125	30 (30)	30	-
Д10А	-	-	200	70	10 (10)	16	150
Д10Б	-	-	200	70	10 (10)	16	150
Д11	1	100	250	70	30 (40)	20	150
Д12	1	50	250	70	50 (75)	20	150
Д12А	1	100	250	70	50 (75)	20	150
Д13	1	100	250	70	75 (100)	20	150
Д14	1	50	250	70	100 (125)	20	150
Д14А	1	100	250	70	100 (125)	20	150
Д202	1	400	500	125	-100	400	-
Д203	1	400	500	125	-200	400	-
Д204	1	400	500	85	-300	400	-
Д205	1	400	500	85	-400	400	-
Д206	1	100	50	125	-100	100	-
Д207	1	100	50	125	-200	100	-
Д208	1	100	50	125	-300	100	-
Д209	1	100	50	125	-400	100	-
Д210	1	100	50	125	-500	100	-
Д211	1	100	50	125	-600	100	-
Д217	1	100	50	125	-800	100	-
Д218	0,7	100	50	125	-1000	100	-
Д223	1	50	1	120	50	50	20
Д223А	1	50	1	120	100	50	20
Д223Б	1	50	1	120	150	50	20
Д226	1	300	50	80	-400	300	-
Д226А	1	300	50	80	-300	300	-
Д226Б	1	300	100	80	-400	300	-
Д226В	1	300	100	80	-300	300	-
Д226Г	1	300	100	80	-200	300	-
Д226Д	1	300	100	80	-100	300	-

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	$U_{пр.}, В$	при $I_{пр.}, мА$	$I_{обр.}, мкА$	Тк.мах, °С	$U_{обр. макс.}, В$	$I_{пр. макс.}, мА$	$f_{раб.}$
Д226Е	1	300	50	80	-200	300	-
Д229А	1	400	50	125	200 (200)	400	3
Д229Б	1	400	50	125	400 (400)	400	3
Д229В	1	400	200	125	100 (100)	400	3
Д229Г	1	400	200	125	200 (200)	400	3
Д229Д	1	400	200	125	300 (300)	400	3
Д229Е	1	400	200	125	400 (400)	400	3
Д229Ж	1	700	200	85	100 (100)	700	3
Д229И	1	700	200	85	200 (200)	700	3
Д229К	1	700	200	85	300 (300)	700	3
Д229Л	1	700	200	85	400 (400)	700	3
Д237А	1	300	50	125	-200	300	1
Д237Б	1	300	50	125	-400	300	1
Д237В	1	100	50	125	-600	100	1
Д237Е	1	400	50	125	-200	400	1
Д237Ж	1	400	50	125	-400	400	1
Д2Б	1	5	100	60	10 (30)	16	150
Д2В	1	9	250	60	30 (40)	25	150
Д2Г	1	2	250	60	50 (75)	16	150
Д2Д	1	4,5	250	60	50 (75)	16	150
Д2Е	1	4,5	250	60	100 (100)	16	150
Д2Ж	1	2	250	60	150 (150)	8	150
Д2И	1	2	250	60	100 (100)	16	150
Д7А	0,5	300	100	70	-50	300	-
Д7Б	0,5	300	100	70	-100	300	2,4
Д7В	0,5	300	100	70	-150	300	2,4
Д7Г	0,5	300	100	70	-200	300	2,4
Д7Д	0,5	300	100	70	-300	300	2,4
Д7Е	0,5	300	100	70	-350	300	2,4
Д7Ж	0,5	300	100	70	-400	300	2,4
Д9Б	1	90	250	70	-10	40	40
Д9В	1	10	250	70	-30	20	40
Д9Г	1	30	250	70	-30	30	40
Д9Д	1	60	250	70	-30	30	40
Д9Е	1	30	250	70	-50	20	40
Д9Ж	1	10	250	70	-100	15	40
Д9И	1	30	120	70	-30	30	40
Д9К	1	60	60	70	-50	30	40
Д9Л	1	30	250	70	-100	15	40
КД102А	1	50	0,1	100	250	100	-
КД102Б	1	50	1	100	300	100	-
КД103А	1	50	0,4	100	50	100	-0,02
КД103Б	1,2	50	0,4	100	50	100	-0,02
КД104А	1	10	3	70	300 (300)	10	0,02

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	U _{пр.} , В	при I _{пр.} , мА	I _{обр.} , мкА	Тк.мах, °С	U _{обр.макс.} , В	I _{пр.макс.} , мА	f _{раб.}
КД105А	1	300	100	85	-200	300	-
КД105Б	1	300	100	85	-400	300	-
КД105В	1	300	100	85	-600	300	-
КД105Г	1	300	100	85	-800	300	-
КД109А	1	300	100	85	-100	300	-
КД109Б	1	300	50	85	-300	300	-
КД109В	1	300	100	85	-600	300	-
КД109Г	1	300	100	85	-600	300	-
КД116А-1	0,95	25	1	125	100	25 (170)	-
КД116Б-1	1	50	0,4	100	50	100 (170)	-
КД204А	1,4	600	150	85	400 (400)	400	0,05
КД204Б	1,4	600	100	85	200 (200)	600	0,05
КД204В	1,4	600	50	85	50 (50)	1000	0,05
КД205А	1	-	100	85	500	500	0,15
КД205Б	1	-	100	85	400	500	0,15
КД205В	1	-	100	85	300	500	0,15
КД205Г	1	-	100	85	200	500	0,15
КД205Д	1	-	100	85	100	500	0,15
КД205Е	1	-	100	85	500	300	0,15
КД205Ж	1	-	100	85	600	500	0,15
КД205И	1	-	100	85	700	300	0,15
КД205К	1	-	100	85	100	700	0,15
КД205Л	1	-	100	85	200	700	0,15
КД209А	1	700	100	85	400 (400)	700	-
КД209Б	1	500	100	85	600 (600)	500	-
КД209В	1	300	100	85	800 (800)	500	-
КД212А	1	1000	50	85	200 (200)	1000	0,1
КД212А-6	1	1000	50	85	200 (200)	1000	0,1
КД212Б	1,2	1000	100	85	200 (200)	1000	0,1
КД212Б-6	1,2	1000	100	85	200 (200)	1000	0,1
КД212В	1	1000	50	85	100 (100)	1000	0,1
КД212В-6	1	1000	50	85	100 (100)	1000	0,1
КД212Г	1,2	1000	100	85	100 (100)	1000	0,1
КД212Г-6	1,2	1000	100	85	100 (100)	1000	0,1
КД221А	1,4	700	50	85	-100	700	0,01
КД221Б	1,4	500	50	85	-200	500	0,01
КД221В	1,4	300	100	85	-400	300	0,01
КД221Г	1,4	300	150	85	-600	300	0,01
КД257А	1,5	5000	2	155	200 (200)	3000	0,05
КД257Б	1,5	5000	2	155	400 (400)	3000	0,05
КД257В	1,5	5000	2	155	600 (600)	3000	0,05
КД257Г	1,5	5000	2	155	800 (800)	3000	0,05
КД257Д	1,5	5000	2	155	1000 (1000)	3000	0,05
КД258А	1,6	3000	2	155	200 (200)	1500	0,05

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	$U_{пр.}, В$	при $I_{пр.}, мА$	$I_{обр.}, мкА$	$T_{к.маж}, ^\circ C$	$U_{обр.маж.}, В$	$I_{пр.маж.}, мА$	$f_{раб.}$
КД258Б	1,6	3000	2	155	400 (400)	1500	0,05
КД258В	1,6	3000	2	155	600 (600)	1500	0,05
КД258Г	1,6	3000	2	155	800 (800)	1500	0,05
КД258Д	1,6	3000	2	155	1000 (1000)	1500	0,05
МД217	1	100	75	125	800	100	-
МД218	1	100	75	125	1000	100	-
МД218А	1,1	100	50	125	1200	100	-
МД226	1	300	50	80	-400	300	1
МД226А	1	300	100	80	-300	300	1
МД226Е	1	300	50	80	-200	300	1
МД3	1	5	100	70	15	12 (15)	-

Выпрямительные диоды средней мощности

Таблица 2.2

Тип	$U_{пр.}, В$	при $I_{пр.}, А$	$I_{обр.}, мА$	$T_{к.маж}, ^\circ C$	$U_{обр.маж.}, В$	$I_{пр.маж.}, А$	$f_{раб.}$
2Д201А	1	5	3	130	-100	5	1,1
2Д201Б	1	10	3	130	-100	10	1,1
2Д201В	1	5	3	130	-200	5	1,1
2Д201Г	1	10	3	130	-200	10	1,1
2Д202В	1	3	1	130	70 (100)	5	1,2 (5)
2Д202Д	1	3	1	130	120 (200)	5	1,2 (5)
2Д202Ж	1	3	1	130	210 (300)	5	1,2 (5)
2Д202К	1	3	1	130	200 (400)	5	1,2 (5)
2Д202М	1	3	1	130	350 (500)	5	1,2 (5)
2Д202Р	1	3	1	130	420 (600)	5	1,2 (5)
2Д203А	1	10	1,5	140	420 (600)	10	1 (10)
2Д203Б	1	10	1,5	140	560 (800)	10	1 (10)
2Д203В	1	10	1,5	140	560 (800)	10	1 (10)
2Д203Г	1	10	1,5	140	700 (1000)	10	1 (10)
2Д203Д	1	10	1,5	140	700 (1000)	10	1 (10)
2Д204А	1,4	0,6	0,15	125	400	0,4	1
2Д204Б	1,4	0,6	0,1	125	200	0,6	5
2Д204В	1,4	0,6	0,05	125	50	1	5
2Д206А	1,2	1	0,7	125	400 (400)	5	1
2Д206Б	1,2	1	0,7	125	500 (500)	5	1
2Д206В	1,2	1	0,7	125	600 (600)	5	1
2Д210А	1	10	1,5	100	800 (800)	5	-5
2Д210Б	1	10	1,5	100	800 (800)	10	-5
2Д210В	1	10	1,5	100	1000 (1000)	5	-5
2Д210Г	1	10	1,5	100	1000 (1000)	10	-5
2Д212А	1	1	0,05	125	200 (200)	1	100
2Д212Б	1	1	0,1	125	100 (100)	1	100
2Д213А	1	10	0,2	150	200 (200)	10	-100
2Д213А6	1	10	0,2	100	200 (200)	10	100

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	$U_{пр}, В$	при $I_{пр}, А$	$I_{обр}, мА$	$T_{к, макс}, ^\circ C$	$U_{обр, макс}, В$	$I_{пр, макс}, А$	$f_{раб.}$
2Д213Б	1,2	10	0,2	150	200 (200)	10	-100
2Д213Б6	1,2	10	0,2	100	200 (200)	10	100
2Д213В	1	10	0,2	125	100 (100)	10	-100
2Д213Г	1,2	10	0,2	125	100 (100)	10	-100
2Д216А	1,4	10	0,05	175	100 (100)	10	100
2Д216Б	1,4	10	0,05	175	200 (200)	10	100
2Д217А	1,3	3	0,05	125	100 (100)	3	50 (100)
2Д217Б	1,3	3	0,05	125	200 (200)	3	50 (100)
2Д219А	0,55	10	10	115	15 (15)	10	200
2Д219Б	0,55	10	10	115	20 (20)	10	200
2Д219В	0,45	10	10	85	15 (15)	10	200
2Д219Г	0,45	10	10	85	20 (20)	10	200
2Д220А	1,5	3	0,045	155	400 (400)	3	10 (50)
2Д220Б	1,5	3	0,045	155	600 (600)	3	10 (50)
2Д220В	1,5	3	0,045	155	800 (800)	3	10 (50)
2Д220Г	1,5	3	0,045	155	1000(1000)	3	10 (50)
2Д220Д	1,3	3	0,045	155	400 (400)	3	10 (50)
2Д220Е	1,3	3	0,045	155	600 (600)	3	10 (50)
2Д220Ж	1,3	3	0,045	155	800 (800)	3	10 (50)
2Д220И	1,3	3	0,045	155	1000 (1000)	3	10 (50)
2Д230А	1,5	3	0,045	125	400 (400)	3	10 (50)
2Д230Б	1,5	3	0,045	125	600 (600)	3	10 (20)
2Д230В	1,5	3	0,045	125	800 (800)	3	10 (20)
2Д230Г	1,5	3	0,045	125	1000(1000)	3	10 (20)
2Д230Д	1,3	3	0,045	125	400 (400)	3	10 (20)
2Д230Е	1,3	3	0,045	125	600 (600)	3	10 (50)
2Д230Ж	1,3	3	0,045	125	800 (800)	3	10 (20)
2Д230И	1,3	3	0,045	125	1000(1000)	3	10 (20)
2Д231А	1	10	0,05	125	-150	10	200
2Д231Б	1	10	0,05	125	-200	10	200
2Д231В	1	10	0,05	125	-150	10	200
2Д231Г	1	10	0,05	125	-200	10	200
2Д232А	0,6	10	7,5	100	-15	10	200(200)
2Д232Б	0,7	10	7,5	100	-25	10	200(200)
2Д232В	0,7	10	7,5	100	-25	10	200(200)
2Д234А	1,5	3	0,1	125	100 (100)	3	50 (50)
2Д234Б	1,5	3	0,1	125	200 (200)	3	50 (50)
2Д234В	1,5	3	0,1	125	400 (400)	3	50 (50)
2Д251А	1	10	0,05	125	-50	10	200
2Д251Б	1	10	0,05	125	-70	10	200
2Д251В	1	10	0,05	125	-100	10	200
2Д251Г	1	10	0,05	125	-50	10	200
2Д251Д	1	10	0,05	125	-70	10	200
2Д251Е	1	10	0,05	125	-100	10	200

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	$U_{пр}, В$	при $I_{пр}, А$	$I_{обр}, мА$	$T_{к, макс}, ^\circ C$	$U_{обр, макс}, В$	$I_{пр, макс}, А$	$f_{раб.}$
Д214	1,2	10	3	130	-100	10	1,1
Д214А	1	10	3	130	-100	10	1,1
Д214Б	1,5	5	3	130	-100	5	1,1
Д215	1,2	10	3	130	-200	10	1,1
Д215А	1	10	3	130	-200	10	1,1
Д215Б	1,5	5	3	130	-200	5	1,1
Д231	1	10	3	130	-300	10	1,1
Д231А	1	10	3	130	-300	10	1,1
Д231Б	1,5	5	3	130	-300	5	1,1
Д232	1	10	3	130	-400	10	1,1
Д232А	1	10	3	130	-400	10	1,1
Д232Б	1,5	5	3	130	-400	5	1,1
Д233	1	10	3	130	-500	10	1,1
Д233Б	1,5	5	3	130	-500	5	1,1
Д234Б	1,5	5	3	130	-600	5	1,1
Д242	1,25	10	3	130	-100	10	2 (10)
Д242А	1	10	3	130	-100	10	2 (10)
Д242Б	1,5	5	3	130	-100	5	2 (10)
Д243	1,25	10	3	130	-200	10	1,1
Д243А	1	10	3	130	-200	10	1,1
Д243Б	1,5	5	3	130	-200	5	1,1
Д244	1,25	10	3	130	-50	10	1,1
Д244А	1	10	3	130	-50	10	1,1
Д244Б	1,5	5	3	130	-50	5	1,1
Д245	1,25	10	3	130	-300	10	1,1
Д245А	1	10	3	130	-300	10	1,1
Д245Б	1,5	5	3	130	-300	5	1,1
Д246	1,25	10	3	130	-400	10	1,1
Д246А	1	10	3	130	-400	10	1,1
Д246Б	1,5	5	3	130	-400	5	1,1
Д247	1,25	10	3	130	-500	10	1,1
Д247Б	1,5	5	3	130	-500	5	1,1
Д248Б	1,5	5	3	130	-600	5	1,1
Д302	0,25	1	0,8	70	200	1	5
Д302А	0,3	1	1,2	55	200	1	5
Д303	0,3	3	1	80	-150	3	5
Д303А	0,35	3	1,2	55	-150	3	5
Д304	0,25	5	2	80	-100	5	5
Д305	0,3	10	2,5	80	-50	10	5
Д332А	1	10	3	130	400	10	-
Д332Б	1,5	5	3	130	400	5	-
Д333	1	10	3	130	500	10	-
Д333Б	1,5	5	3	130	500	5	-
Д334Б	1,5	5	3	130	600	5	-

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	$U_{пр}, В$	при $I_{пр}, А$	$I_{обр}, мА$	$T_{к, макс}, ^\circ C$	$U_{обр, макс}, В$	$I_{пр, макс}, А$	$f_{раб.}$
КД202А	0,9	5	0,8	130	35 (50)	5	1,2 (5)
КД202Б	0,9	3,5	0,8	130	35 (50)	3,5	1,2 (5)
КД202В	0,9	5	0,8	130	70 (100)	5	1,2 (5)
КД202Г	0,9	3,5	0,8	130	70 (100)	3,5	1,2 (5)
КД202Д	0,9	5	0,8	130	140 (200)	5	1,2 (5)
КД202Е	0,9	3,5	0,8	130	140 (200)	3,5	1,2 (5)
КД202Ж	0,9	5	0,8	130	210 (300)	5	1,2 (5)
КД202И	0,9	3,5	0,8	130	210 (300)	3,5	1,2 (5)
КД202К	0,9	5	0,8	130	280 (400)	5	1,2 (5)
КД202Л	0,9	3,5	0,8	130	280 (400)	3,5	1,2 (5)
КД202М	0,9	5	0,8	130	350 (500)	5	1,2 (5)
КД202Н	0,9	3,5	0,8	130	350 (500)	3,5	1,2 (5)
КД202Р	0,9	5	0,8	130	420 (600)	5	1,2 (5)
КД202С	0,9	3,5	0,8	130	480 (600)	3,5	1,2 (5)
КД203А	1	10	1,5	140	420 (600)	10	1 (10)
КД203Б	1	10	1,5	140	560 (800)	10	1 (10)
КД203В	1	10	1,5	140	560 (800)	10	1 (10)
КД203Г	1	10	1,5	140	700 (1000)	10	1 (10)
КД203Д	1	10	1,5	140	700 (1000)	10	1 (10)
КД204А	1,4	0,6	0,15	85	400	0,4	1
КД204Б	1,4	0,6	0,1	85	200	0,6	5
КД204В	1,4	0,6	0,05	85	50	1	5
КД206А	1,2	1	0,7	125	400 (400)	10	1
КД206Б	1,2	1	0,7	125	500 (500)	10	1
КД206В	1,2	1	0,7	125	600 (600)	10	1
КД208А	1	1	0,1	85	100 (100)	1,5	1
КД208В	1	-	0,1	85	100	1,5	-
КД210А	1	10	1,5	100	800 (800)	5	-5
КД210Б	1	10	1,5	100	800 (800)	10	-5
КД210В	1	10	1,5	100	1000 (1000)	5	-5
КД210Г	1	10	1,5	100	1000 (1000)	10	-5
КД212А	1	1	0,05	85	200	1	100
КД212Б	1,2	1	0,1	85	200	1	100
КД212В	1	1	0,05	85	100	1	100
КД212Г	1,2	1	0,1	85	100	1	100
КД213А	1	10	0,2	140	200 (200)	10	-100
КД213А6	1	10	0,2	100	200 (200)	10	-100
КД213Б	1,2	10	0,2	130	200 (200)	10	-100
КД213Б6	1,2	10	0,2	100	200 (200)	10	-100
КД213В	1	10	0,2	130	100 (100)	10	-100
КД213Г	1,2	10	0,2	130	100 (100)	10	-100
КД223А	1,3	6	10	150	200 (200)	2	35
КД226А	1,4	1,7	0,05	85	100 (100)	1,7	35
КД226Б	1,4	1,7	0,05	85	200 (200)	1,7	35

Таблица 2.2 (продолжение)

Тип	$U_{пр}, В$	при $I_{пр}, А$	$I_{обр}, мА$	$T_{к, макс}, ^\circ C$	$U_{обр, макс}, В$	$I_{пр, макс}, А$	$f_{раб.}$
КД226В	1,4	1,7	0,05	85	400 (400)	1,7	35
КД226Г	1,4	1,7	0,05	85	600 (600)	1,7	35
КД226Д	1,4	1,7	0,05	85	800 (800)	1,7	35
КД227А	1,6	5	0,8	85	100 (150)	5	1,2
КД227Б	1,6	5	0,8	85	200 (300)	5	1,2
КД227В	1,6	5	0,8	85	300 (450)	5	1,2
КД227Г	1,6	5	0,8	85	400 (600)	5	1,2
КД227Д	1,6	5	0,8	85	500 (750)	5	1,2
КД227Е	1,6	5	0,8	85	600 (850)	5	1,2
КД227Ж	1,6	5	0,8	85	800 (1200)	5	1,2

Выпрямительные диоды большой мощности

Таблица 2.3

Тип	$U_{пр}, В$	при $I_{пр}, А$	$I_{обр}, мА$	$T_{к, макс}, ^\circ C$	$U_{обр, макс.}, В$	$I_{пр, макс.}, А$	$f_{раб.}$
2Д2990А	1,4	20	11	125	600 (600)	20	200
2Д2990Б	1,4	20	11	125	400 (400)	20	200
2Д2990В	1,4	20	11	125	200 (200)	20	200
2Д2997А	1	30	25	125	200 (250)	30 (100)	100
2Д2997Б	1	30	25	125	100 (200)	30 (100)	100
2Д2997В	1	30	25	125	50 (100)	30 (100)	100
2Д2998А	0,6	30	150	125	15 (15)	30 (100)	200
2Д2998Б	0,68	30	150	125	25 (25)	30 (100)	200
2Д2998В	0,68	30	150	125	25 (25)	30 (100)	200
2Д2999А	1	20	25	125	200 (250)	20 (100)	100
2Д2999Б	1	20	25	125	100 (200)	20 (100)	100
2Д2999В	1	20	25	125	50 (100)	20 (100)	100
КД2994А	1,4	20	0,2	125	100 (100)	20	200
КД2995А	1,1	20	0,01	150	50 (50)	20	200
КД2995Б	1,1	20	0,01	150	70 (70)	20	200
КД2995В	1,1	20	0,01	150	100 (100)	20	200
КД2995Г	1,1	20	0,01	150	50 (50)	20	200
КД2995Е	1,1	20	0,01	150	100 (100)	20	200
КД2997А	1	30	25	125	200 (250)	30 (100)	100
КД2997Б	1	30	25	125	100 (200)	30 (100)	100
КД2997В	1	30	25	125	50 (100)	30 (100)	100
КД2999А	1	20	25	125	200 (250)	20 (100)	100
КД2999Б	1	20	25	125	100 (200)	20 (100)	100
КД2999В	1	20	25	125	50 (100)	20 (100)	100

Выпрямительные столбы

Выпрямительные столбы предназначены для выпрямления напряжения свыше нескольких киловольт, представляют собой совокупность выпрямительных диодов, соединенных последовательно и собранных в

единую конструкцию с двумя выводами. Эти приборы характеризуются теми же параметрами (табл. 2.4), что и выпрямительные диоды.

Параметры выпрямительных столбов

Таблица 2.4

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	$f_{\text{раб. макс.}}$, кГц	$U_{\text{пр.}}$, В	при $I_{\text{пр.}}$, мА	$I_{\text{обр.}}$, мкА	$U_{\text{обр. макс.}}$ ($U_{\text{обр. и макс.}}$), кВ	$I_{\text{пр. макс.}}$ ($I_{\text{пр. и макс.}}$), мА	$I_{\text{пр.}}$, А	$T_{\text{к. макс. (Тл.)}}$, °С
1Ц104АИ	10	6,5	50	150	1,0 (2,0)	10	20	70
2Ц101А	20	8,3	50	10	0,7 (0,7)	10	-	70
2Ц102А	1	1,5	100	90	0,8	100	2,5	125
2Ц102Б	1	1,5	100	90	1	100	2,5	125
2Ц102В	1	1,5	100	90	1,2	100	2,5	125
2Ц103А	50 (100)	10	50	10	2,0 (2,0)	10	1	70
2Ц106А	20 (50)	25	10	5	4,0 (4,0)	10	1	125
2Ц106Б	20 (50)	25	10	5	6,0 (6,0)	10	1	125
2Ц106В	20 (50)	25	10	5	8,0 (8,0)	10	1	125
2Ц106Г	20 (50)	25	10	5	10,0 (10,0)	10	1	125
2Ц108А	50	6	180	150	-2	100	5	125
2Ц108Б	50	6	180	150	-4	100	5	125
2Ц108В	50	10	180	150	-6	100	5	125
2Ц110А	1	10	100	100	-10	100	5	125
2Ц110Б	1	10	100	100	-15	100	5	125
2Ц112А	D53	10	10	10	-2	10	1	125
2Ц114А	-10	22	50	10	4,0 (4,0)	50	1	125
2Ц114Б	-10	22	50	10	6,0 (6,0)	50	1	125
2Ц116А	30	24	100	5	-5	100	-	155
2Ц119А	20	22	100	1	10,0 (10,0)	100	-	155
2Ц202А	1,0 (4,5)	3	500	100	-2	500	15	125
2Ц202Б	1,0 (4,5)	3	500	100	-4	500	15	125
2Ц202В	1,0 (4,5)	6	500	100	-6	500	15	125
2Ц202Г	1,0 (4,5)	6	500	100	-8	500	15	125
2Ц202Д	1,0 (4,5)	6	500	100	-10	500	15	125
2Ц202Е	1,0 (4,5)	10	500	100	-15	500	15	125
2Ц203А	1	8	1000	100	-6	1000	30	125
2Ц203Б	1	8	1000	100	-8	1000	30	125
2Ц203В	1	8	1000	100	-10	1000	30	125
2Ц204А	10 (50)	11,5	1000	10	-6	1000	10	125
5ГЕ200АФ	20	210	1,2		-5	1,2	-	70
5ГЕ600АФМ	5	800	1,2		-24	1,2	-	70
Д1004	1	5	100	100	-2	100	-	100
Д1005А	1	5	50	100	-4	50	-	100
Д1005Б	1	10	100	100	-4	100	-	100
Д1006	1	10	100	100	-6	100	-	100
Д1007	1	10	75	100	-6	75	-	100
Д1007А	1	10	75	100	-8	75	-	100
Д1008	1	10	50	100	-10	50	-	100

Таблица 2.4 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	$f_{\text{раб.}} (f_{\text{макс.}})_{\text{кГц}}$	$U_{\text{пр.}}, \text{В}$	$\text{при } I_{\text{пр.}}, \text{мА}$	$I_{\text{обр.}}, \text{мкА}$	$U_{\text{обр. макс.}} (U_{\text{обр. и макс.}})_{\text{кВ}}$	$I_{\text{пр. макс.}} (I_{\text{пр. и макс.}})_{\text{мА}}$	$I_{\text{пр.}}, \text{А}$	$T_{\text{к. макс. (Тл.)}}, ^\circ\text{С}$
Д1008А	1	10	50	100	-10	50	-	100
Д1009	1	4	100	100	-2	300	-	70
Д1009А	1	3	100	100	-1	300	-	70
Д1010	1	8	300	100	-2	300	-	70
Д1010А	1	5	300	100	-1	300	-	70
Д1011	1	2	300	100	-0,5	300	-	70
Д1011А	1	3,5	300	100	-0,5	300	-	70
КЦ103А	50(100)	10	50	10	2,0(2,0)	10	1	70
КЦ105А	1	3,5	100	100	-2	100	-	85
КЦ105Б	1	3,5	100	100	-4	100	-	85
КЦ105В	1	7	100	100	-6	100	-	85
КЦ105Г	1	7	50	100	-8	75	-	85
КЦ105Д	1	7	50	100	-10	50	-	85
КЦ106А	20(50)	25	10	5	4,0(4,0)	10	1	85
КЦ106Б	20(50)	25	10	5	6,0(6,0)	10	1	85
КЦ106В	20(50)	25	10	5	8,0(8,0)	10	1	85
КЦ106Г	20(50)	25	10	5	10,0(10,0)	10	1	85
КЦ106Д	20(50)	25	10	5	2,0(2,0)	10	1	85
КЦ108А	50	6	180	150	-2	100	5	85
КЦ108Б	50	6	180	150	-4	100	5	85
КЦ108В	50	10	180	150	-6	100	5	85
КЦ109А	15,6	7	300	10	-6	300	-	85
КЦ111А1	-20	12	1	0,1	3,0(3,0)	1	1	60
КЦ113А-1	0,4(20)	8	0,5	0,05	1,6(1,6)	0,5	1,5	85
КЦ114А	-10	22	50	10	4,0(4,0)	50	1	85
КЦ114Б	-10	22	50	10	6,0(6,0)	50	1	85
КЦ117А	15,6	35	10	1	10,0(10,0)	1,3	-	75
КЦ117Б	15,6	35	10	1	12,0(12,0)	3	-	75
КЦ118А	15,1	35	10	1	7,0(7,0)	2	-	100
КЦ118Б	15,1	35	10	1	10,0(10,0)	2	-	100
КЦ118В	15,1	35	10	1	12,0(12,0)	2	-	100
КЦ201А	1	3	500	100	-2	500	3	100
КЦ201Б	1	3	500	100	-4	500	3	100
КЦ201В	1	6	500	100	-6	500	3	100
КЦ201Г	1	6	500	100	-8	500	3	100
КЦ201Д	1	6	500	100	-10	500	3	100
КЦ201Е	1	10	500	100	-15	500	3	100

Сборки и блоки выпрямительные

Выпрямительные блоки (сборки) предназначены для уменьшения габаритных размеров выпрямителей и удобства их монтажа. Они имеют

два, четыре или более диода, электрически не зависимые или соединенные в виде моста и собранных в одном корпусе. Параметры выпрямительных блоков (сборок) представлены в табл. 2.5.

Параметры выпрямительных блоков (сборок)

Таблица 2.5

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	$f_{\text{раб.}} (f_{\text{макс.}}), \text{ МГц}$	$U_{\text{кз.}} (U_{\text{пр.}}), \text{ В}$	при $I_{\text{кз.}} (I_{\text{пр.}}), \text{ А}$	$I_{\text{кз.}} I_{\text{обр.}}, \text{ мА}$	$U_{\text{обр.макс.}} (U_{\text{обр.и.макс.}}), \text{ В}$	$I_{\text{пр.макс.}} (I_{\text{пр.и.макс.}}), \text{ А}$	$I_{\text{прг.}}, \text{ А}$	$T_{\text{к.макс}}(T_{\text{п.}}), ^\circ\text{C}$
2Д222АС	200	0,6	3	2000	-20	3	150	125
2Д222БС	200	0,6	3	2000	-30	3	150	125
2Д222ВС	200	0,6	3	2000	-40	3	150	125
2Д222ГС	200	0,65	3	2000	-20	3	150	125
2Д222ДС	200	0,65	3	2000	-30	3	150	125
2Д222ЕС	200	0,65	3	2000	-40	3	150	125
2Д225АС	200	0,55	3	3000	-15	3	75	125
2Д225БС	200	0,6	3	3000	-25	3	75	125
2Д225ВС	200	0,6	3	3000	-35	3	75	125
2Д229АС	200	0,55	3	3000	-15	3	75	125
2Д229БС	200	0,6	3	3000	-25	3	75	125
2Д229ВС	200	0,6	3	3000	-35	3	75	125
2Ц301В	500	2	0,2	0,5	-30	0,2	1	125
2Ц301А	500	2	0,2	0,5	-75	0,2	1	125
2Ц301Б	500	2	0,2	0,5	-50	0,2	1	125
2Ц414А	20	1,5	3	80	50 (50)	10	-	125
2Ц414Б	20	1,5	3	80	100 (100)	10	-	125
2Ц414В	20	1,5	3	80	200 (200)	10	-	125
2Ц414Г	20	1,5	3	80	400 (400)	10	-	125
2Ц414Д	20	1,5	3	80	600 (600)	10	-	125
2Ц415А	1	1,3	3	50	50 (50)	10	-	125
2Ц415Б	1	1,3	3	50	100 (100)	10	-	125
2Ц415В	1	1,3	3	50	200 (200)	10	-	125
2Ц415Г	1	1,3	3	50	400 (400)	10	-	125
2Ц415Д	1	1,3	3	50	600 (600)	10	-	125
2Ц416А	1	1,3	3	50	50 (50)	10	-	125
2Ц416Б	1	1,3	3	50	100 (100)	10	-	125
2Ц416В	1	1,3	3	50	200 (200)	10	-	125
2Ц416Г	1	1,3	3	50	400 (400)	10	-	125
2Ц416Д	1	1,3	3	50	600 (600)	10	-	125
КД205А	5(15)	-1	-0,5	-100	-500	0,5	-	85
КД205Б	5(15)	-1	-0,5	-100	-400	0,5	-	85
КД205В	5(15)	-1	-0,5	-100	-300	0,5	-	85
КД205Г	5(15)	-1	-0,5	-100	-200	0,5	-	85
КД205Д	5(15)	-1	-0,5	-100	-100	0,5	-	85
КД205Е	5(15)	-1	-0,3	-100	-500	0,3	-	85
КД205Ж	5(15)	-1	-0,3	-100	-600	0,3	-	85
КД205И	5(15)	-1	-0,3	-100	-700	0,3	-	85

Таблица 2.5 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	$f_{\text{раб.}} (f_{\text{макс.}}), \text{ МГц}$	$U_{\text{кз.}} (U_{\text{пр.}}), \text{ В}$	при $I_{\text{кз.}} (I_{\text{пр.}}), \text{ А}$	$I_{\text{кз.}} I_{\text{обр.}}, \text{ мА}$	$U_{\text{обр. макс.}} (U_{\text{обр. и макс.}}), \text{ В}$	$I_{\text{пр. макс.}} (I_{\text{пр. и макс.}}), \text{ А}$	$I_{\text{прг.}}, \text{ А}$	$T_{\text{к макс.}} (T_{\text{н}}), ^\circ\text{C}$
КД205К	5(15)	-1	-0,7	-100	-100	0,7	-	85
КД205Л	5(15)	-1	-0,7	-100	-200	0,7	-	85
КДС111А	-20	1,2	0,1	3	300	0,2	3	85
КДС111Б	-20	1,2	0,1	3	300	0,2	3	85
КДС111В	-20	1,2	0,1	3	300	0,2	3	85
КЦ401А	1(15)	-2,5	-0,4	-50	-500	0,4	-	85
КЦ401Г	1(15)	-2,5	-0,5	-50	-500	0,5	-	85
КЦ402А	5(15)	4	1	125	-500	1	28	85
КЦ402Б	5(15)	4	1	125	-400	1	28	85
КЦ402В	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ402Г	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ402Д	5(15)	4	1	125	-200	1	28	85
КЦ402Е	5(15)	4	1	125	-100	1	28	85
КЦ402Ж	5(15)	4	0,6	125	-600	0,6	28	85
КЦ402И	5(15)	4	0,6	125	-500	0,6	28	85
КЦ403А	5(15)	4	1	125	-500	1	28	85
КЦ403Б	5(15)	4	1	125	-400	1	28	85
КЦ403В	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ403Г	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ403Д	5(15)	4	1	125	-200	1	28	85
КЦ403Е	5(15)	4	1	125	-100	1	28	85
КЦ403Ж	5(15)	4	0,6	125	-600	0,6	28	85
КЦ403И	5(15)	4	0,6	125	-500	0,6	28	85
КЦ404А	5(15)	4	1	125	-500	1	28	85
КЦ404Б	5(15)	4	1	125	-400	1	28	85
КЦ404В	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ404Г	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ404Д	5(15)	4	1	125	-200	1	28	85
КЦ404Е	5(15)	4	1	125	-100	1	28	85
КЦ404Ж	5(15)	4	0,6	125	-600	0,6	28	85
КЦ404И	5(15)	4	0,6	125	-500	0,6	28	85
КЦ405А	5(15)	4	1	125	-500	1	28	85
КЦ405Б	5(15)	4	1	125	-400	1	28	85
КЦ405В	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ405Г	5(15)	4	1	125	-300	1	28	85
КЦ405Д	5(15)	4	1	125	-200	1	28	85
КЦ405Е	5(15)	4	1	125	-100	1	28	85
КЦ405Ж	5(15)	4	0,6	125	-600	0,6	28	85
КЦ405И	5(15)	4	0,6	125	-500	0,6	28	85
КЦ407А	20(20)	2,5	0,2	5	-400	0,5	3	85
КЦ409А	1	2,5	3	3	-600	3	-	85
КЦ409Б	1	2,5	3	3	-500	3	-	85
КЦ409В	1	2,5	3	3	-400	3	-	85

Таблица 2.5 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	$f_{\text{раб.}} (f_{\text{макс.}}), \text{ МГц}$	$U_{\text{кз.}} (U_{\text{пр.}}), \text{ В}$	при $I_{\text{кз.}} (I_{\text{пр.}}), \text{ А}$	$I_{\text{кз.}} I_{\text{обр.}}, \text{ мА}$	$U_{\text{обр.макс.}} (U_{\text{обр.и.макс.}}), \text{ В}$	$I_{\text{пр.макс.}} (I_{\text{пр.и.макс.}}), \text{ А}$	$I_{\text{прг.}}, \text{ А}$	$T_{\text{к.макс}}(T_{\text{п.}}), \text{ }^{\circ}\text{C}$
КЦ409Г	1	2,5	3	3	-300	3	-	85
КЦ409Д	1	2,5	3	3	-200	3	-	85
КЦ409Е	1	2,5	3	3	-100	3	-	85
КЦ409Ж	1	2,5	3	3	-200	6	-	85
КЦ409И	1	2,5	3	3	-100	6	-	85
КЦ410А	-	1,2	3	-10	-50	3	45	85
КЦ410Б	-	1,2	3	-10	-100	3	45	85
КЦ410В	-	1,2	3	-10	-200	3	45	85
КЦ412А	5	1,2	0,5	-50	-50	1	15	85
КЦ412Б	5	1,2	0,5	-50	-100	1	15	85
КЦ412В	5	1,2	0,5	-50	-200	1	15	85
КЦ417А	5	3	1	15	-600	1	4	125
КЦ417Б	5	3	1	15	-400	1	4	125
КЦ417В	5	3	1	15	-200	1	4	125

Диодные матрицы и сборки

Диодные матрицы и сборки предназначены для использования в многоступенчатых диодно-резистивных логических устройствах, выполняющих операции И, ИЛИ, диодных функциональных дешифраторах, различных коммутаторах тока и других импульсных устройствах. Конструктивно они выполнены в одном корпусе и могут быть электрически соединены в отдельные группы или в одну группу (общий анод и раздельные катоды, общий катод и раздельные аноды), последовательно соединены или электрически изолированы.

В таблице (табл. 2.6) по блокам и сборкам выпрямительным применены следующие условные обозначения: $U_{\text{обр.макс.}}$ — максимально-допустимое постоянное обратное напряжение диода; $U_{\text{обр.и.макс.}}$ — максимально-допустимое импульсное обратное напряжение диода; $I_{\text{пр.макс.}}$ — максимальный средний прямой ток за период; $I_{\text{пр.и.макс.}}$ — максимальный импульсный прямой ток за период; $I_{\text{прг.}}$ — ток перегрузки выпрямительного диода; $f_{\text{раб.}}$ — рабочая частота переключения диода; $f_{\text{макс.}}$ — максимально-допустимая частота переключения диода; $U_{\text{пр}}$ при $I_{\text{пр}}$ — постоянное прямое напряжения диода при токе $I_{\text{пр.}}$; $U_{\text{кз}}$ при $I_{\text{кз}}$ — постоянное прямое напряжения сборки при токе $I_{\text{кз.}}$; $I_{\text{обр.}}$ — постоянный обратный ток диода; $I_{\text{хх.}}$ — постоянный ток сборки включенной без нагрузки; $T_{\text{к.макс.}}$ — максимально-допустимая температура корпуса диода; $T_{\text{п.макс.}}$ — максимально-допустимая температура перехода диода.

Параметры диодных матриц и сборки (при $T=25^\circ\text{C}$)

Таблица 2.6

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	$C_{\text{д}}, \text{пФ}$	$U_{\text{пр}}, \text{В}$	при $I_{\text{пр}}, \text{мА}$	$I_{\text{обр}}, \text{мкА}$	$U_{\text{обр.макс}}, \text{В}$	$I_{\text{пр.макс}}, \text{мА}$	$I_{\text{пр.и.макс}}, \text{А}$	$T_{\text{к.макс}} (T_{\text{н}}), ^\circ\text{C}$
2Д706АС9	2,4	1,5	100	2,5	70	100	1,5	125
2Д707АС9	1,8	1	100	2,5	70	100	1,5	125
2Д901А-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
2Д901Б-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
2Д901В-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
2Д901Г-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
2Д903А	10	1,2	75	0,5	20 (30)	75	0,35	70
2Д903Б	10	1,2	75	0,5	20 (30)	75	0,35	70
2Д904А-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
2Д904Б-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
2Д904В-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
2Д904Г-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
2Д904Д-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
2Д904Е-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
2Д906А	20	1	50	5	75 (100)	200	2	125
2Д906Б	20	1	50	5	50 (75)	200	2	125
2Д906В	20	1	50	5	30 (75)	200	2	125
2Д907А-1	5	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д907Б-1	5	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д907В-1	5	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д907Г-1	5	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д908А	5	1,2	200	5	50 (60)	200	1,5	125
2Д908А-1	5	1,2	200	5	50 (60)	200	1,5	125
2Д910А-1	1,5	0,8	1	0,5	-5		0,01	85
2Д910Б-1	1,5	0,8	1	0,5	-5		0,01	85
2Д910В-1	1,5	0,8	1	0,5	-5		0,01	85
2Д911А-1		0,85	1	0,5	5	10		85
2Д911Б-1		0,85	1	0,5	5	10		85
2Д912А-3	1,8	0,8	1	0,2	5 (5)	3,5	0,01	85
2Д912Б-3	1,8	0,85	1	0,2	5 (5)	3,5	0,01	85
2Д912В-3	1,8	0,85	1	0,2	5 (5)	3,5	0,01	85
2Д913А-3	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,2	85
2Д917А	6	1,2	200	5	50 (60)	200	1,5	125
2Д917А-1	6	1,2	200	5	50 (60)	200	1,5	125
2Д918А-1	6	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д918Б-1	6	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д918В-1	6	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д918Г-1	6	1	50	5	40 (60)	50	0,7	85
2Д919А	6	1,1	100	1	40 (40)	100	0,7	85
2Д920А	6	1,2	100	1	40 (40)	100	0,7	85
2ДС408А-1	1,3	0,78	0,1	0,01	12 (12)	10	0,1	85
2ДС408Б-1	1,3	0,78	0,1	0,01	12 (12)	10	0,1	85
2ДС408В-1	1,3	0,78	0,1	0,01	12 (12)	10	0,1	85

Таблица 2.6 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	$C_{д}, \text{ пФ}$	$U_{пр.г}, \text{ В}$	при $I_{пр.г}, \text{ мА}$	$I_{обр.г}, \text{ мкА}$	$U_{обр.макс.г}, \text{ В}$	$I_{пр.макс.г}, \text{ мА}$	$I_{пр.и.макс.г}, \text{ А}$	$T_{к.макс} (T_{п.г}), \text{ }^{\circ}\text{С}$
2ДС408Г-1	1,3	0,78	0,1	0,1	12 (12)	10	0,1	85
2ДС413А-1	3	0,68	1	0,03	20 (30)	10	0,1	100
2ДС413Б-1	3	0,68	1	0,1	20 (30)	10	0,1	100
2ДС414А-1	3	0,68	1	0,03	20 (30)	10	0,1	100
2ДС414Б-1	3	0,68	1	0,1	20 (30)	10	0,1	100
2ДС415А-1	3	0,68	1	0,03	20 (30)	10	0,1	100
2ДС415Б-1	3	0,68	1	0,1	20 (30)	10	0,1	100
2ДС415В-1	3	0,68	1	0,03	20 (30)	10	0,1	100
2ДС415Г-1	3	0,68	1	0,1	20 (30)	10	0,1	100
2ДС415Д-1	3	0,68	1	0,03	20 (30)	10	0,1	100
2ДС415Е-1	3	0,68	1	0,1	20 (30)	10	0,1	100
2ДС523А	2	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523АМ	2,5	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523АР	2,5	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523Б	2	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523БМ	2,5	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523В	2	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523В1	2	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523ВМ	2,5	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523ВР	2,5	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523Г	2	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС523ГМ	2,5	1	20	5	50 (70)	20	0,2	125
2ДС627А	5	1,15	200	2	50 (60)	200	1,5	125
2ДС628А	32	1,25	300	5	50 (60)	300	1,5	125
2ДС803АС9	4	1,1	200	1	50 (70)	200	1,5	125
КД629АС	35	1	200	0,1	90 (90)	200	0,8	85
КД704АС	1,5	1,3	100	5	85	100	0,5	85
КД901А-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
КД901Б-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
КД901В-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
КД901Г-1	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,1	85
КД903А	10	1,2	75	0,5	20 (30)	75	0,35	70
КД903Б	10	1,2	75	0,5	20 (30)	75	0,35	70
КД904А-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
КД904Б-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
КД904В-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
КД904Г-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
КД904Д-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
КД904Е-1	2	0,8	1	0,2	10 (12)	5	0,1	85
КД906А	20	1	50	2	75 (100)	100	2	85
КД906Б	20	1	50	2	50 (75)	100	2	85
КД906В	20	1	50	2	30 (75)	100	2	85
КД906Г	40	1	50	2	75 (100)	100	2	85

Таблица 2.6 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	C_d , пФ	$U_{пр.г}$, В	при $I_{пр.г}$, мА	$I_{обр.г}$, мкА	$U_{обр.макс.г}$, В	$I_{пр.макс.г}$, мА	$I_{пр.и.макс.г}$, А	$T_{к.макс.г}$ (Т _п), °С
КД906Д	40	1	50	2	50 (75)	100	2	85
КД906Е	40	1	50	2	30 (75)	100	2	85
КД907А-1	4	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД907Б-1	4	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД907В-1	4	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД907Г-1	4	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД908А	5	1,2	200	5	40 (60)	200	1,5	85
КД908АМ	5	1,2	200	5	40 (60)	200	1,5	85
КД909А	5	1,2	200	10	40 (60)	200	1,5	85
КД910А-1	1,5	0,8	1	0,5	-5		0,01	85
КД910Б-1	1,5	0,8	1	0,5	-5		0,01	85
КД910В-1	1,5	0,8	1	0,5	-5		0,01	85
КД911-1		0,85	1	0,5	5	10		85
КД911А-1		0,85	1	0,5	5	10		85
КД911Б-1		0,85	1	0,5	5	10		85
КД912А-3	1,8	0,8	1	0,2	5 (5)	3,5	0,01	85
КД912Б-3	1,8	0,85	1	0,2	5 (5)	3,5	0,01	85
КД912В-3	1,8	0,85	1	0,2	5 (5)	3,5	0,01	85
КД913А-3	4	0,7	1	0,2	10 (10)	5	0,2	85
КД914А	5	1	5	1	20	20	0,05	85
КД914Б	5	1	5	1	20	20	0,05	85
КД914В	5	1	5	1	20	20	0,05	85
КД917А	6	1,2	200	5	40 (60)	200	1,5	85
КД917АМ	6	1,2	200	5	40 (60)	200	1,5	85
КД918А-1	6	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД918Б-1	6	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД918В-1	6	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД918Г-1	6	1	50	6	40 (60)	50	0,7	85
КД919А	6	1,1	100	1	40 (40)	100	0,7	85
КД920А	6	1,2	100	1	40 (40)	100	0,7	85
КДС111А	-	1,2	100	3	300	200	3	85
КДС111Б	-	1,2	100	3	300	200	3	85
КДС111В	-	1,2	100	3	300	200	3	85
КДС413А	3	0,68	1	-	20 (30)	10	0,1	85
КДС413Б	3	0,68	1	-	20 (30)	10	0,1	85
КДС413В	3	0,68	1	-	20 (30)	10	0,1	85
КДС414А	3	0,68	1	0,01	20 (30)	10	0,1	85
КДС414Б	3	0,68	1	-	20 (30)	10	0,1	85
КДС414В	3	0,68	1	-	20 (30)	10	0,1	85
КДС415А	3	0,68	1	0,01	20 (30)	10	0,1	85
КДС415Б	3	0,68	1	-	20 (30)	10	0,1	85
КДС415В	3	0,68	1	-	20 (30)	10	0,1	85
КДС523А	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100

Таблица 2.6 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения			
	C_d , пФ	$U_{пр.}$, В	при $I_{пр.}$, мА	$I_{обр.}$, мкА	$U_{обр. макс.}$, В	$I_{пр. макс.}$, мА	$I_{пр. макс.}$, А	$T_{к. макс.}$ (T_n), С
КДС523АМ	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100
КДС523АР	3	1	20	10	50 (70)	20	0,2	100
КДС523Б	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100
КДС523БМ	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100
КДС523В	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100
КДС523ВМ	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100
КДС523ВР	3	1	20	10	50 (70)	20	0,2	100
КДС523Г	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100
КДС523ГМ	3	1	20	5	50 (70)	20	0,2	100
КДС525А	8	0,9	2	1	15 (20)	20	0,2	85
КДС525Б	8	0,9	2	1	15 (20)	20	0,2	85
КДС525В	8	0,9	2	1	15 (20)	20	0,2	85
КДС525Г	8	0,9	2	1	15 (20)	20	0,2	85
КДС525Д	8	0,9	2	1	15 (20)	20	0,2	85
КДС525Е	8	0,9	5	1	25 (40)	20	0,2	85
КДС525Ж	8	0,9	5	1	25 (40)	20	0,2	85
КДС525И	8	0,9	5	1	25 (40)	20	0,2	85
КДС525К	8	0,9	5	1	25 (40)	20	0,2	85
КДС525Л	8	0,9	5	1	25 (40)	20	0,2	85
КДС526А	5	1,1	5	1	-15	20	0,05	85
КДС526Б	5	1,1	5	1	-15	20	0,05	85
КДС526В	5	1,1	5	1	-15	20	0,05	85
КДС627А	5	1,3	200	2	50 (60)	200	1,5	125
КДС628А	32	1,3	300	5	50 (60)	300	1,5	125
КДС628АМ	32	1,3	300	5	50 (60)	300	1,5	85

Диоды туннельные и обращенные



Определение.

Туннельный диод — двухэлектродный электронный прибор на основе полупроводникового кристалла, в котором имеется очень узкий потенциальный барьер, препятствующий движению электронов.

Это разновидность полупроводникового диода. Вид вольтамперной характеристики (ВАХ) туннельного диода определяется главным образом квантово-механическим процессом туннелирования. Благодаря этому электроны проникают сквозь барьер из одной разрешенной области энергии в другую.



Интернет.

Характеристику туннельного диода можно посмотреть здесь http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e3/VI_curve_of_a_tunnel_diode.svg.

Путем легирования полупроводника большим количеством определенных примесей удалось достичь очень высокой плотности дырок и электронов в р- и n-областях, сохранив при этом резкий переход от одной области к другой. Ввиду малой ширины перехода (50—150 Å) и достаточно высокой концентрации легирующей примеси в кристалле, в электрическом токе через него. доминируют туннелирующие электроны.

Первый туннельный диод был изготовлен в 1957 Л. Эсаки из германия, за это в дальнейшем изобретатель стал лауреатом Нобелевской премии. Поэтому туннельный диод называют также диодом Эсаки. Однако вскоре после этого были выявлены другие полупроводниковые материалы, пригодные для его получения Si, InSb, GaAs, InAs, PbTe, GaSb, SiC и др.

В силу того что туннельный диод в некотором интервале напряжений смещения имеют отрицательное дифференциальное сопротивление и обладают очень малой инерционностью, их **применяют** в качестве активных элементов в высокочастотных усилителях электрических колебаний, генераторах и переключающих устройствах.

Основные параметры туннельных и обращенных диодов при нормальной температуре окружающей среды (+25 °C) приведены в табл. 2.7. В таблицах по туннельным и обращенным диодам применены следующие **условные обозначения**: $I_{п.}$ — пиковый ток туннельного диода; $DI_{п.}$ — диапазон разброса пикового тока туннельного диода; $I_{в.}$ — ток впадины туннельного диода; $U_{п.}$ — напряжение пика туннельного диода; $U_{пр.}$ — постоянное прямое напряжение диода; C_d — общая емкость перехода диода; L_d — индуктивность диода; ($L_{кор.}$) — индуктивность корпуса диода; $r_{п.}$ — последовательное сопротивление диода; $I_{п.}/I_{в.}$ — отношение пикового тока к току впадины туннельного диода; $U_{пр}$ при $I_{пр.}$ — постоянное прямое напряжение диода при токе $I_{пр.}$; $I_{обр.}$ — постоянный обратный ток диода; $T_{к.макс.}$ — максимально-допустимая температура корпуса диода; $T_{п.макс.}$ — максимально-допустимая температура перехода диода.

Параметры туннельных и обращенных диодов

Таблица 2.7

Тип прибора	Значения параметров			Предельные значения параметров						
	$U_{пр.}$, мВ	при $I_{пр.}$, мА	$I_{обр.}$, мкА	$I_{п.}$ ($DI_{п.}$), мА	$U_{п.}$ ($U_{пр.}$), мВ	C_d , пФ	L_d ($L_{кор.}$), нГн	$r_{п.}$, Ом	$I_{п.}/I_{в.}$	$T_{к.макс.}$ ($T_{п.}$), °C
1И102А	-	3	3	1,5 (0,25)	100	0,9...1,8	-0,35	6	5	70
1И102Б	-	3	3	1,5 (0,25)	100	1,4...2,2	-0,35	6	5	70
1И102В	-	3	3	1,5 (0,25)	100	1,8...3,0	-0,35	4,5	5	70
1И102Г	-	4	4	2,0 (0,3)	90	1,0...2,0	0,35	6	5	70
1И102Д	-	4	4	2,0 (0,3)	90	1,6...2,6	0,35	6	5	70
1И102Е	-	4	4	2,0 (0,3)	90	2,2...3,2	0,35	4,5	5	70
1И102Ж	-	5,4	5,4	2,7 (0,4)	90	1,2...2,2	-0,35	6	5	70

Таблица 2.7 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров			Предельные значения параметров						
	U _{пр.} , мВ	при I _{пр.} , мА	I _{обр.} , мкА	I _{н.} (ΔI _{н.}), мА	U _{н.} (U _{пр.}), мВ	C _{н.} , пФ	L _{н.} (L _{кор.}), нГн	r _{н.} , Ом	I _{н.} /I _{н.}	T _{н.макс.} (T _{н.}), С
1И102И	-	5,4	5,4	2,7(0,4)	90	1,8...2,7	-0,35	4	5	70
1И102К	-	5,4	5,4	2,7(0,4)	90	2,3... 3,5	-0,35	3	5	70
1И103А	400	1,5	1,5	1,5 (0,3)	90	1,0...2,1	0,35	6	4	70
1И103Б	400	1,5	1,5	1,5 (0,3)	90	0,8...1,6	0,35	6	4	70
1И103В	400	1,5	1,5	1,5 (0,3)	90	0,7...1,3	0,35	6	4	70
1И104А	400	1	1,5	1,5 (0,2)	90	0,8...1,9	0,13	6	4	70
1И104Б	400	1	1,5	1,5 (0,2)	90	0,6...1,4	0,13	6	4	70
1И104В	400	1	1,5	1,5 (0,2)	90	0,5...1,1	0,13	7	4	70
1И104Г	400	0,5	1,5	1,5 (0,2)	100	0,45...1	0,13	7	4	70
1И104Д	400	0,5	1,5	1,5 (0,2)	100	0,4...0,9	0,13	7	4	70
1И104Е	400	0,5	1,5	1,5 (0,2)	100	0,4...0,8	0,13	8	4	70
1И304А	-	10	10	4,9 (0,3)	65	<20	-	-	8	70
1И304Б	-	10	10	5,1 (0,3)	65	<20	-	-	8	70
1И305А	-	20	20	9,8 (0,6)	70	<30	-	-	8	70
1И305Б	-	20	20	10,2 (0,6)	70	<30	-	-	8	70
1И308А	-	6	-	5,0 (0,5)	100	1,5...5,0	0,35	-	5	70
1И308Б	-	4	-	5,0 (0,5)	110	0,7...2,0	0,35	-	5	70
1И308В	-	20	-	10,0 (1,0)	110	4,0...10	0,35	-	5	70
1И308Г	-	15	-	10,0 (1,0)	120	1,5...5,0	0,35	-	5	70
1И308Д	-	6	-	10,0 (1,0)	130	0,8...2,0	0,35	-	5	70
1И308Е	-	20	-	20 (2,0)	140	3,0...15	0,35	-	5	70
1И308Ж	-	8	-	20 (2,0)	160	1,0...4,0	0,35	-	5	70
1И308И	-	40	-	50 (5,0)	150	5,0...20	0,35	-	5	70
1И308К	-	20	-	50 (5,0)	180	2,3...8,0	0,35	-	5	70
1И401А	-	0,3	4	-	-330	<2,5	-	-	-	70
1И401Б	-	0,5	5,6	-	-330	<5,0	-	-	-	70
1И403А	-	-	-	0,1	-350	-	-	-	-	60
1И404А	-	0,4	2	0,215	-350	0,5...1,0	-	9	-	70
1И404Б	-	0,6	3	0,215	-350	0,8...1,5	-	8	-	70
1И404В	-	0,8	4	0,215	-350	1,0...2,0	-	7	-	70
ЗИ101А	350	-	-	1,0 (0,25)	160	<3,0	1,3	24	5	100
ЗИ101Б	350	-	-	1,0 (0,25)	160	2,0...6,0	1,3	22	5	100
ЗИ101В	350	-	-	2,0 (0,3)	160	<2,0	1,3	18	6	100
ЗИ101Г	350	-	-	2,0 (0,3)	160	1,0...3,7	1,3	16	6	100
ЗИ101Д	350	-	-	2,0 (0,3)	160	2,5...6,0	1,3	16	6	100
ЗИ101Е	350	-	-	5,0 (0,5)	180	<3,0	-	10	6	100
ЗИ101Ж	350	-	-	5,0 (0,5)	180	2,0...6,0	1,3	8	6	100
ЗИ101И	350	-	-	5,0 (0,5)	180	4,5...10	1,3	7	6	100
ЗИ201А	400	-	-	10,0 (1,0)	200	<3,5	1,3	8	10	100
ЗИ201Б	400	-	-	10,0 (1,0)	180	2,5...6,0	1,3	8	10	100
ЗИ201В	400	-	-	10,0 (1,0)	180	4,5...10	1,3	8	10	100
ЗИ201Г	450	-	-	20 (2,0)	210	<4,0	1,3	5	10	100
ЗИ201Д	450	-	-	20 (2,0)	200	3,0...7,0	1,3	5	10	100

Таблица 2.7 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров			Предельные значения параметров						
	$U_{пр,r}$ мВ	при $I_{пр,r}$ мА	$I_{обр,r}$ мкА	$I_n (\Delta I_n)$, мА	$U_{пр,r} (U_{пр,r})$, мВ	C_d , пФ	$L_n (L_{кор})$, нГн	$r_{н,r}$ Ом	I_n/I_n	$T_{н,макс} (T_n)$, °C
ЗИ201Е	450	-	-	20 (2,0)	200	5,0...12	1,3	4	10	100
ЗИ201Ж	450	-	-	50 (5,0)	260	<8,0	1,3	2,5	10	100
ЗИ201И	450	-	-	50 (5,0)	260	6,0...15	1,3	2,5	10	100
ЗИ201К	500	-	-	100 (10)	330	<15,0	1,3	2,2	10	100
ЗИ201Л	500	-	-	100 (10)	330	10...40	1,3	2,2	10	100
ЗИ202А	400	-	20	10,0 (1,0)	200	<3,0	0,5	5	8	85
ЗИ202Б	400	-	20	10,0 (1,0)	200	1,5...3,0	0,5	4	8	85
ЗИ202В	400	-	20	10,0 (1,0)	200	2,3...4,8	0,5	4	8	85
ЗИ202Г	450	-	40	20 (2,0)	220	<4,0	0,5	4	8	85
ЗИ202Д	450	-	40	20 (2,0)	220	4,0...8,0	0,5	3	8	85
ЗИ202Е	450	-	40	20 (2,0)	220	3,0...5,0	0,5	3	8	85
ЗИ202Ж	450	-	60	30 (3,0)	240	<5,0	0,5	3	8	85
ЗИ202И	450	-	60	30 (3,0)	240	4,0...8,0	0,5	3	8	85
ЗИ202К	450	-	100	50 (5,0)	260	<10,0	0,5	2	8	85
ЗИ203А	400	-	5	10,0 (1,0)	200	<2,0	0,3	6	10	85
ЗИ203Б	400	-	5	10,0 (1,0)	200	1,5...3,0	0,3	4	10	85
ЗИ203Г	450	-	10	20 (2,0)	220	<2,5	0,3	4	10	85
ЗИ203Д	450	-	10	20 (2,0)	220	1,5...3,0	0,3	3,5	10	85
ЗИ203Ж	450	-	15	30 (3,0)	240	<3,0	0,3	3	10	85
ЗИ203И	450	-	15	30 (3,0)	240	2,5...4,5	0,3	2,5	10	85
ЗИ306Г	-	0,8	4	2,0 (0,2)	170	<8,0	-	-	8	100
ЗИ306Е	-	1,8	4	2,0 (0,2)	170	4,0...12	-	-	8	100
ЗИ306Ж	-	2	10	5,0 (0,5)	170	<15	-	-	8	100
ЗИ306К	-	4,5	10	5,0 (0,5)	170	8,0...25	-	-	8	100
ЗИ306Л	-	4	20	10,0 (1,0)	170	<12	-	-	8	100
ЗИ306М	-	4	20	10,0 (1,0)	170	<30	-	-	8	100
ЗИ306Н	-	9	20	10,0 (1,0)	170	15...50	-	-	8	100
ЗИ306Р	-	4,5	10	5,0 (0,5)	170	4,0...25	-	-	8	100
ЗИ306С	-	9	20	10,0 (1,0)	170	10...55	-	-	8	100
ЗИ309Ж	-	2	10	5,0 (0,5)	180	2,2...4,7	-	-	8	100
ЗИ309И	-	2	10	5,0 (0,5)	180	3,3...10	-	-	8	100
ЗИ309К	-	4,5	10	5,0 (0,5)	180	6,8...15	-	-	8	100
ЗИ309Л	-	4	20	10,0 (1,0)	200	3,3...6,8	-	-	8	100
ЗИ309М	-	4	20	10,0 (1,0)	200	4,7...15	-	-	8	100
ЗИ309Н	-	9	20	10,0 (1,0)	200	10...22	-	-	8	100
ЗИ402А	-	0,1	2	-	-600	<2,0	-	18	-	100
ЗИ402Б	-	0,1	2	-	-600	1,5...3,5	-	16	-	100
ЗИ402В	-	0,1	2	-	-600	2,7...5,0	-	14	-	100
ЗИ402Г	-	0,1	2	-	-600	<6,0	-	-	-	100
ЗИ402Д	-	0,1	4	-	-600	<3,5	-	-	-	100
ЗИ402Е	-	0,1	4	-	-600	2,0...6,0	-	-	-	100
ЗИ402И	-	0,1	8	-	-600	<6,0	-	-	-	100
АИ101А	600	-	-	1,0 (0,25)	160	<4,0	1,3	18	5	85

Таблица 2.7 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров			Предельные значения параметров						
	$U_{пр.г}$, мВ	при $I_{пр.г}$, мА	$I_{обр.г}$, мкА	I_n (ΔI_n), мА	U_n ($U_{пр.г}$), мВ	C_d , пФ	L_d ($L_{кор}$), нГн	$r_{н.г}$ Ом	I_n/I_n	$T_{к.макс}$ (T_n), °С
АИ101Б	600	-	-	1,0 (0,25)	160	2,0...8,0	1,3	16	5	85
АИ101В	600	-	-	2,0 (0,3)	160	<5,0	1,3	16	6	85
АИ101Д	600	-	-	2,0 (0,3)	160	2,5...10	1,3	14	6	85
АИ101Е	600	-	-	5,0 (0,5)	180	<8,0	1,3	8	6	85
АИ101И	600	-	-	5,0 (0,5)	180	4,5...13	1,3	7	6	85
АИ201А	600	-	-	10,0 (1,0)	180	<8,0	1,3	8	10	85
АИ201В	600	-	-	10,0 (1,0)	180	<8,0	1,3	8	10	85
АИ201Г	600	-	-	20 (2,0)	200	<10,0	1,3	5	10	85
АИ201Е	600	-	-	20 (2,0)	200	6,0...20	1,3	4	10	85
АИ201Ж	600	-	-	50 (5,0)	260	<15,0	1,3	2,5	10	85
АИ201И	600	-	-	50 (5,0)	260	10...30	1,3	2,5	10	85
АИ201К	600	-	-	100 (10)	330	<20,0	1,3	2,2	10	85
АИ201Л	600	-	-	100 (10)	330	10...50	1,3	2,2	10	85
АИ301А	-	1,2	-	2,0 (0,4)	180	<12	1,5	-	8	70
АИ301Б	-	1,2	-	5,0 (0,5)	180	<25	1,5	-	8	70
АИ301В	-	2,7	-	5,0 (0,5)	180	<25	1,5	-	8	70
АИ301Г	-	5,5	-	10,0 (1,0)	180	<50	1,5	-	8	70
АИ402Б	-	0,1	1	0,1	-600	<4,0	-	-	-	85
АИ402Г	-	0,1	1	0,1	-600	<8,0	-	-	-	85
АИ402Е	-	0,1	2	0,2	-600	<8,0	-	-	-	85
АИ402И	-	0,1	4	0,4	-600	<10,0	-	-	-	85
ГИ103А	400	1,5	1,5	1,5 (0,3)	90	1,0...2,1	0,35	6	4	70
ГИ103Б	400	1,5	1,5	1,5 (0,3)	90	0,8...1,6	0,35	6	4	70
ГИ103В	400	1,5	1,5	1,5 (0,3)	90	0,7...1,3	0,35	6	4	70
ГИ103Г	400	1,5	1,5	1,7 (0,4)	90	1,0...3,2	0,35	7	4	70
ГИ304А	-	10	10	4,8 (0,3)	75	<20	-	-	5	60
ГИ304Б	-	10	10	5,2 (0,3)	75	<20	-	-	5	60
ГИ305А	-	20	20	9,6 (0,5)	85	<30	-	-	5	60
ГИ305Б	-	20	20	10,4 (0,6)	85	<30	-	-	5	60
ГИ307А	-	4	4	2,0 (0,2)	-	<20	-	-	7	60
ГИ401А	-	0,3	4	-	-330	<2,5	-	-	-	70
ГИ401Б	-	0,5	5,6	-	-330	<5,0	-	-	-	70
ГИ403А	-	-	-	0,1	-350	-	-	-	-	70

Диоды универсальные и импульсные

Диоды универсальные и импульсные отличаются от выпрямительных малым временем обратного восстановления, или большой величиной импульсного тока. Диоды этой группы могут быть использованы в выпрямителях на высокой частоте, например, в качестве детектора или модуляторов, преобразователей, формирователей импульсов, ограничителей и других импульсных устройствах (табл. 2.8).

Параметры универсальных и импульсных диодов

Таблица 2.8

Тип прибора	Значения параметров					Предельные значения		
	$f_{\text{раб}} (f_{\text{макс}}),$ МГц	$C_d,$ пФ	$U_{\text{пр}},$ В	при $I_{\text{пр}},$ мА	$I_{\text{обр}},$ мкА	$U_{\text{обр.макс.}}$ ($U_{\text{обр.и.макс.}}$), В	$I_{\text{пр.макс.}}$ ($I_{\text{пр.и.макс.}}$), мА (А)	$T_{\text{к.макс.}}$ ($T_{\text{п.}}$), °С
1Д402А	-	0,8	0,45	15	150	15	30(0,1)	70
1Д402Б	-	0,5	0,45	15	150	15	30(0,1)	70
1Д507А	-	0,8	0,5	5	50	20(30)	16(0,2)	70
1Д508А	-	0,8	0,4	1	60	8(10)	10(0,03)	70
2Д401А	0,15	1	1	5	5	-75	30(0,09)	125
2Д401Б	0,15	1,5	1	10	5	-75	30(0,09)	125
2Д401В	0,15	1	1	5	5	-100	30(0,09)	125
2Д411А	0,03	-	1,4	1000	100	500(800)	2000(12)	85
2Д411Б	0,03	-	1,4	1000	100	500(800)	2000(12)	85
2Д412А	0,03	-	2	10А	100	1000(1000)	10А(100)	85
2Д412Б	0,03	-	2	10А	100	800(800)	10А(100)	85
2Д412В	0,03	-	2	10А	100	600(600)	10А(100)	85
2Д413А	-	0,7	1	20	-	24(24)	20	125
2Д413Б	-	0,7	1	20	-	24(24)	20	125
2Д416А	0,0005	-	1,1	300	500	400(400)	300(15)	125
2Д419А	400	1,5	0,4	1	-	15(15)	10	125
2Д419Б	-	1,5	0,4	1	-	30(30)	10	125
2Д419В	-	1,5	0,4	1	-	50(50)	10	125
2Д420А	-	1	1	50	1	24(35)	50(0,5)	125
2Д422А	-	0,6	0,35	0,5	50	1,5	5	100
2Д423А	0,005	-	3	20А	1500	1000(2000)	-200	85
2Д423Б	0,005	-	3	20А	1500	800(1600)	-200	85
2Д502А	-	-	1	10	5	30	20(0,3)	125
2Д502Б	-	-	1	50	5	30	20(0,3)	125
2Д502В	-	-	1	10	5	100	20(0,3)	125
2Д502Г	-	-	1	50	5	100	20(0,3)	125
2Д503А	-	5	1	10	4	30(30)	20(0,2)	125
2Д503Б	-	2,5	1,2	10	4	30(30)	20(0,2)	125
2Д504А	-	20	1,2	100	2	40	300(1,5)	125
2Д509А	-	4	1,1	100	5	50(70)	100(1,5)	125
2Д510А	-	4	1,1	200	5	50(70)	200(1,5)	125
2Д520А	-	3	1	20	1	15(25)	20(0,05)	125
2Д522Б	-	4	1,1	100	5	50(75)	100(1,5)	125
2Д524А	-	3	1	40	250	24	40(0,4)	125
2Д524Б	-	2,5	1	40	300	30	40(0,4)	125
2Д524В	-	4	1	40	300	15	40(0,4)	125
2Д528А	-	0,8	1	10	300	12	15(0,2)	85
2Д528Б	-	1	1	10	300	20	15(0,2)	85
2Д630А	-	5,5	1,2	30	-	-65	100(0,2)	125
2Д630Б	-	5,5	1,2	30	-	-50	100(0,2)	125
2Д705А9	-	4	0,7	1	0,2	12(12)	6(0,1)	125
2Д801А5	-	2	1	10	1	20(30)	10(0,1)	85
2Д806А	-	20	1	500	250	35(35)	500(2)	100

Таблица 2.8 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров					Предельные значения		
	$f_{\text{раб}} (f_{\text{макс}}),$ МГц	$C_{\text{д}},$ пФ	$U_{\text{пр}},$ В	при $I_{\text{пр}},$ мА	$I_{\text{обр}},$ мкА	$U_{\text{обр.макс.}}$ ($U_{\text{обр.и.макс.}}$), В	$I_{\text{пр.макс.}}$ ($I_{\text{пр.и.макс.}}$), мА (А)	$T_{\text{к.макс.}}$ ($T_{\text{п.}}$), °С
2Д806Б	-	20	1	500	200	25(25)	500(1)	100
2Д921А	900	1,5	1	75	0,5	18(18)	100(0,2)	100
2Д921Б	900	1,5	1,6	75	0,5	21(21)	75(0,15)	100
2Д922А	1000	1	1	50	0,5	18(18)	50(0,1)	100
2Д922Б	1000	1	1	35	0,5	21(21)	35(0,07)	100
2Д922В	1000	1	0,55	10	0,5	10(10)	10(0,02)	100
2Д925А	600	4	1	40	1	30(30)	100(0,2)	100
2Д925Б	600	3,5	0,9	40	4	30(30)	100(0,2)	100
2Д926А	-	0,4	0,45	1	5	25(25)	10(0,02)	100
3А350А	-	1	1	10	5	30	10(0,05)	85
3А350Б	-	0,8	1,2	10	5	30	10(0,05)	85
3А527А	-	0,5	1	2	2	9	2(0,03)	85
3А527Б	-	0,4	1,1	2	2	9	2(0,03)	85
3А528А	-	0,4	0,9	2	1	5(7)	2(0,005)	85
3А529А	-	0,4	0,9	2	2	5(7)	2(0,005)	85
3А529Б	-	0,3	1	2	1	5(7)	2(0,005)	85
3А530А	-	1	1	10	5	30	5(0,015)	85
3А530Б	-	0,8	1,2	10	5	30	5(0,015)	85
3А538А	-	0,2	1	2	0,75	9	2(0,02)	85
3А539А	-	0,6	1	10	2	30	10(0,05)	85
АД110А	-	-	1,5	10	5	-50	10	85
АД516А	-	0,5	1,5	2	2	10	2(0,03)	100
АД516Б	-	0,4	1,5	2	2	10	2(0,03)	100
ГД402А	100	0,8	0,45	15	150	15	30(0,1)	70
ГД402Б	100	0,5	0,45	15	150	15	30(0,1)	70
ГД403А	-	0,4	0,5	5	-	5	5	55
ГД403Б	-	0,5	0,5	5	-	5	5	55
ГД403В	-	0,6	0,5	5	-	5	5	55
ГД507А	-	0,8	0,5	5	50	20(30)	16(0,1)	60
ГД508А	-	0,8	0,7	10	60	8(10)	10(0,03)	55
ГД508Б	-	0,8	0,65	5	100	8(10)	10(0,03)	55
ГД511А	-	1	0,6	5	50	12	15(0,05)	70
ГД511Б	-	1	0,6	5	100	12	15(0,05)	70
ГД511В	-	1	0,6	5	200	12	15(0,05)	70
Д18	-	0,5	1	20	50	20	16 (0,05)	70
Д20	40	0,5	1	20	100	10 (22)	20 (0,05)	70
Д219А	-	15	1	50	1	70	50 (0,5)	100
Д219С	-	-	0,6	1	-	-	50 (0,5)	125
Д220	-	15	1,5	50	1	50	50 (0,5)	100
Д220А	-	15	1,5	50	1	70	50 (0,5)	100
Д220Б	-	15	1,5	50	1	100	50 (0,5)	100
Д220С	-	-	0,63	1	-	-	50 (0,5)	125
Д220С	-	-	0,64	1	-	-	50 (0,5)	125

Таблица 2.8 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров					Предельные значения		
	$f_{\text{раб}} (f_{\text{макс}}),$ МГц	$C_d, \text{ пФ}$	$U_{\text{пр}}, \text{ В}$	при $I_{\text{пр}},$ мА	$I_{\text{обр}}, \text{ мкА}$	$U_{\text{обр.макс.}}$ ($U_{\text{обр.и.макс.}}$), В	$I_{\text{пр.макс.}}$ ($I_{\text{пр.и.макс.}}$), мА (А)	$T_{\text{к.макс.}}$ (T_n), °С
ДЗ10	-	15	0,55	500	20	20	500 (0,8)	70
ДЗ11	-	1,5	0,4	10	100	30 (30)	40 (0,5)	70
ДЗ11А	-	3	0,4	10	100	30 (30)	80 (0,6)	70
ДЗ11Б	-	2	0,4	10	100	30 (30)	20 (0,25)	70
ДЗ12	-	3	0,5	10	100	100 (100)	50 (0,5)	70
ДЗ12А	-	3	0,5	10	100	75 (75)	50 (0,5)	70
ДЗ12Б	-	3	0,5	10	10	100(100)	50 (0,5)	70
КД401А	0,15	1	1	5	5	-75	30(0,09)	100
КД401Б	0,15	1,5	1	10	5	-75	30(0,09)	100
КД407А	1000	1	-	-	0,5	24(24)	50(0,5)	100
КД409А	1000	2	-	-	0,5	24(24)	50(0,5)	100
КД409А9	-	1	-	-	0,5	40(40)	100(0,5)	100
КД409Б9	-	1,5	-	-	0,5	24(24)	50(0,5)	100
КД410А	0,02	-	2	50	3000	1000	50(0,5)	85
КД410АМ	0,02	-	2	50	3000	1000	50	85
КД410Б	0,02	-	2	50	5000	600	50(0,5)	85
КД410БМ	0,02	-	2	50	5000	600	50	85
КД411А	0,16	-	-	-	700	-700	1000	90
КД411АМ	0,03	-	1,4	1000	300	-700	2000(12)	75
КД411Б	0,16	-	-	-	700	-600	1000	90
КД411БМ	0,03	-	1,4	1000	300	-750	2000(12)	75
КД411В	0,16	-	-	-	700	-500	1000	90
КД411ВМ	0,03	-	1,4	1000	300	-600	2000(12)	75
КД411Г	0,16	-	-	-	700	-400	1000	90
КД411ГМ	0,03	-	2	1000	300	-500	2000(12)	75
КД412А	-	-	2	10А	100	1000(1000)	10А(35)	80
КД412Б	-	-	2	10А	100	800(800)	10А(35)	80
КД412В	-	-	2	10А	100	600(600)	10А(35)	80
КД412Г	-	-	2	10А	100	400(400)	10А(35)	80
КД413А	-	0,7	1	20	-	24(24)	20	85
КД413Б	-	0,7	1	20	-	24(24)	20	85
КД416А	0,0005	-	1,1	300	500	400(400)	300(15)	100
КД416Б	0,0005	-	1,1	300	500	200(200)	300(15)	100
КД417А	-	0,4	-	-	-	24	20	85
КД419А	400	1,5	0,4	1	-	15	10	125
КД419Б	-	1,5	0,4	1	-	30(30)	10	125
КД419В	-	1,5	0,4	1	-	50(50)	10	125
КД419Г	400	2	0,5	1	-	15	10	125
КД421А	-	-	0,65	1	-	2	5	125
КД424А	-	10	1,1	300	0,1	250(250)	350(2)	100
КД503А	-	5	1	10	4	30(30)	20(0,2)	70
КД503Б	-	2,5	1,2	10	4	30(30)	20(0,2)	70
КД504А	-	20	1,2	100	2	40	160(1)	100

Таблица 2.8 (продолжение)

Тип прибора	Значения параметров					Предельные значения		
	$f_{\text{раб.}} (f_{\text{макс.}}),$ МГц	$C_{\text{д}},$ пФ	$U_{\text{пр.}},$ В	при $I_{\text{пр.}},$ мА	$I_{\text{обр.}},$ мкА	$U_{\text{обр.макс.}}$ ($U_{\text{обр.и.макс.}}),$ В	$I_{\text{пр.макс.}}$ ($I_{\text{пр.и.макс.}}),$ мА (А)	$T_{\text{к.макс.}} (T_{\text{п.}}),$ °С
КД507А	-	0,8	0,5	5	50	20	16(0,1)	60
КД508А	-	0,8	0,4	1	60	8	10(0,03)	55
КД508Б	-	0,8	0,4	1	100	8	10(0,03)	55
КД509А	-	4	1,1	100	5	50(70)	100(1,5)	100
КД510А	-	4	1,1	200	5	50(70)	200(1,5)	85
КД512А	-	1	1	10	5	15	20(0,2)	100
КД513А	-	4	1,1	100	5	50(70)	100(1,5)	85
КД514А	-	0,9	1	10	5	10	10(0,05)	100
КД518А	-	-	0,57	1	-	-	100(1,5)	85
КД519А	-	4	1,1	100	5	30(40)	30(0,3)	85
КД519Б	-	2,5	1,1	100	5	30(40)	30(0,3)	85
КД520А	-	3	1	20	1	15(25)	20(0,05)	100
КД521А	-	4	1	50	1	75(100)	50(0,5)	125
КД521Б	-	4	1	50	1	60(85)	50(0,5)	125
КД521В	-	4	1	50	1	50(75)	50(0,5)	125
КД521Г	-	4	1	50	1	30(40)	50(0,5)	125
КД521Д	-	4	1	50	1	12(15)	50(0,5)	125
КД522А	-	4	1,1	100	2	12(15)	100(1,5)	85
КД522Б	-	4	1,1	100	5	50(75)	100(1,5)	85
КД524А	-	3	-	-	250	24	40(0,4)	125
КД524Б	-	2,5	-	-	300	30	40(0,4)	125
КД524В	-	4	-	-	300	15	40(0,4)	125
КД529А	0,005	-	3,5	20А	1500	-2000	10А(200)	85
КД529Б	0,005	-	3,5	20А	1500	-2000	10А(200)	85
КД529В	0,005	-	3,5	20А	1500	-1600	10А(200)	85
КД529Г	0,005	-	3,5	20А	1500	-1600	10А(200)	85
КД805А	-	2	1	100	5	75(75)	200(0,45)	125
КД922А	1000	1	1	50	0,5	18(18)	50(0,1)	100
КД922Б	1000	1	1	35	0,5	21(21)	35(0,07)	100
КД922В	1000	1	0,55	10	0,5	10(10)	10(0,02)	100
КД923А	-	3,6	1	100	5	14(14)	100(0,2)	100
КД924А	-	3	1	150	5	18(18)	200(0,4)	100

Варикапы



Определение.

Варикап — это полупроводниковый диод, в котором используется зависимость емкости р-п-перехода от обратного напряжения.

Подавая на них постоянное напряжение смещения, можно дистанционно и практически безинерционно менять их емкость, чтобы изменять резонансную частоту контура, в который включен варикап.

Варикапы применяют для усиления и генерации СВЧ сигналов, перестройки частоты колебательных контуров или автоподстройки частоты.

Принцип работы варикапа основан на свойствах барьерной емкости р-п перехода, причем при увеличении обратного напряжения на переходе его емкость уменьшается. Эта емкость имеет относительно высокую добротность, низкий уровень собственных шумов и не зависит от частоты вплоть до миллиметрового диапазона.

В таблице по варикапам (табл. 2.9) применены следующие условные обозначения: $C_{\text{ном}}$ — номинальная емкость варикапа при заданном обратном напряжении; $U_{\text{обр}}$ — обратное напряжение на варикапе; ΔC — диапазон отклонения номинальной емкости варикапа; K_c — коэффициент перекрытия по емкости варикапа при изменении напряжения от U_1 до U_2 ; Q_v — добротность варикапа на частоте f ; $U_{\text{обр. макс}}$ — максимально-допустимое обратное напряжение варикапа; $I_{\text{обр}}$ — постоянный обратный ток варикапа; $T_{\text{к. макс}}$ — максимально-допустимая температура корпуса варикапа; $T_{\text{п. макс}}$ — максимально-допустимая температура перехода варикапа.

Параметры варикапов

Таблица 2.9

Тип прибора	Основные параметры варикапов									
	$C_{\text{ном при пФ (В)}}$	$\Delta C, \text{ пФ}$	K_c	$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	Q_v	при $f, \text{ МГц}$	$U_{\text{обр. макс.}}, \text{ В}$	$I_{\text{обр.}}, \text{ мкА}$	$T_{\text{к. макс.}} (T_{\text{п.}},) ^\circ \text{C}$
2В102А	22,5 (4)	2,5	1,8	4	45	40	50	45	1	120
2В102Б	24,5 (4)	2,5	1,8	4	45	40	50	45	1	120
2В102В	31,0 (4)	6	1,8	4	45	50	50	45	1	120
2В102Г	18,0 (4)	4	1,8	4	45	50	50	45	1	120
2В102Д	23,5 (4)	4,5	1,8	4	45	100	50	45	1	120
2В102Е	31,0 (4)	6	1,8	4	45	100	50	45	1	120
2В102Ж	23,5 (4)	4,5	2,1	4	80	50	50	80	1	120
2В103А	20,0 (4)	10	-	-	-	50	50	80	10	125
2В103Б	38,0 (4)	10	-	-	-	40	50	80	10	125
2В104А	105 (4)	15	1,8	4	45	100	10	45	5	125
2В104Б	125 (4)	19	1,8	4	45	100	10	45	5	125
2В104В	160 (4)	32	1,8	4	45	100	10	45	5	125
2В104Г	119 (4)	24	2,1	4	80	100	10	80	5	125
2В104Д	160 (4)	32	2,1	4	80	100	10	80	5	125
2В104Е	119 (4)	24	1,8	4	45	150	10	45	5	125
2В105А	500 (4)	100	4	4	90	500	1	90	20	125
2В105Б	500 (4)	100	3	4	50	500	1	50	20	125
2В106А	35,0 (4)	15	-	-	-	40	50	120	20	125
2В106Б	25,0 (4)	10	-	-	-	60	50	90	20	125
2В110А	15,0 (4)	3	2,5	4	45	300	50	45	1	125
2В110Б	18,0 (4)	3,6	2,5	4	45	300	50	45	1	125
2В110В	22,0 (4)	4,4	2,5	4	45	300	50	45	1	125
2В110Г	15,0 (4)	3	2,5	4	45	150	50	45	1	125

Таблица 2.9 (продолжение)

Тип прибора	Основные параметры варикапов									
	$C_{ном}$ при $(U_{обр})$, пФ (В)	ΔC , пФ	K_c	U_1 , В	U_2 , В	Q_v	при f , МГц	$U_{обр, макс}$, В	$I_{обр, f}$, мкА	$T_{к, макс}$ ($T_{п}$), °С
2В110Д	18,0 (4)	3,6	2,5	4	45	150	50	45	1	125
2В110Е	22,0 (4)	4,4	2,5	4	45	150	50	45	1	125
2В112А-1	12,0 (4)	2,4	1,8	4	25	200	50	25	1	125
2В112Б-1	15,0 (4)	3	1,8	4	25	200	50	25	1	125
2В112Б9	15,0 (4)	3	1,8	4	25	200	50	25	1	125
2В113А	68,0 (4)	14	4,4	4	150	300	10	150	10	125
2В113Б	68,0 (4)	14	3,9	4	115	300	10	115	10	125
2В114А-1	68,0 (4)	14	4,4	4	150	300	10	150	10	125
2В114Б-1	68,0 (4)	14	3,9	4	115	300	10	115	10	125
2В116А-1	210 (1)	42	18	1	10	100	1	10	1	125
2В117А	33,0 (3)	6,6	5,0—7,0	3	25	180	50	25	1	125
2В119А	210 (1)	42	18	1	10	100	1	12	1	125
2В124А	27,0 (3)	2,7	4,75—6,75	3	25	200	50	28	0,5	125
2В124А-5	27,0 (3)	2,7	4,75—6,75	3	25	200	50	28	0,5	125
2В124А9	27,0 (3)	2,7	4,75—6,75	3	25	200	50	28	0,5	125
2В124Б	10,0 (3)	2	4,0—6,5	3	25	250	50	30	0,5	125
2В125А	30,0 (1)	6	-	-	-	150	50	14	1	125
2В125Б	10,0 (4)	2	-	-	-	150	50	14	1	125
2В141А-6	6,0 (8)	0,6	3	1	8	600	50	16	0,2	125
2В143А	27,0 (3)	2,7	3,2—4,1	3	15	400	50	18	0,1	125
2В143Б	27,0 (3)	2,7	3,8—4,8	3	15	400	50	18	0,1	125
2ВС118А	86,0 (4)	14	3,6—4,4	4	100	200	10	115	1	125
2ВС118Б	86,0 (4)	14	2,7—3,3	4	50	250	10	60	1	125
Д901А	27,0 (4)	5	3,6—4,4	4	80	25	50	80	1	100
Д901Б	27,0 (4)	5	2,7—3,3	4	45	30	50	45	1	100
Д901В	33,0 (4)	5	3,6—4,4	4	80	25	50	80	1	100
Д901Г	33,0 (4)	5	2,7—3,3	4	45	30	50	45	1	100
Д901Д	39,0 (4)	5	3,6—4,4	4	80	25	50	80	1	100
Д901Е	39,0 (4)	5	2,7—3,3	4	45	30	50	45	1	100
Д902	9,0 (4)	3	2,5	-	-	30	50	25	10	100
КВ101А	200 (0,8)	40	-	-	-	150	1	4	1	55
КВ102А	18,5 (4)	4,5	1,8	4	45	40	50	45	1	85
КВ102Б	24,5 (4)	5,5	1,8	4	45	40	50	45	1	85
КВ102В	32,5 (4)	7,5	1,8	4	45	40	50	45	1	85
КВ102Г	24,5 (4)	5,5	1,8	4	45	100	50	45	1	85
КВ102Д	24,5 (4)	5,5	1,8	4	80	40	50	80	1	85
КВ103А	20,0 (4)	10	-	-	-	50	50	80	10	80
КВ103Б	38,0 (4)	10	-	-	-	40	50	80	10	80
КВ104А	105 (4)	15	1,8	4	45	100	10	45	5	85
КВ104Б	125 (4)	19	1,8	4	45	100	10	45	5	85
КВ104В	160 (4)	32	1,8	4	45	100	10	45	5	85
КВ104Г	119 (4)	24	2,1	4	80	100	10	80	5	85
КВ104Д	160 (4)	32	2,1	4	80	100	10	80	5	85

Таблица 2.9 (продолжение)

Тип прибора	Основные параметры варикапов									
	$C_{ном}$ при $(U_{обр})$, пФ (В)	ΔC , пФ	K_c	U_1 , В	U_2 , В	$Q_{в.}$	при f , МГц	$U_{обр.макс.}$, В	$I_{обр.}$, мкА	$T_{к.макс.}$ ($T_{п.}$), °С
KB104E	119 (4)	24	1,8	4	45	150	10	45	5	85
KB105A	500 (4)	100	3,8	4	90	500	1	90	20	100
KB105Б	500 (4)	100	3	4	50	500	1	50	20	100
KB106A	35,0 (4)	15	-	-	-	40	50	120	20	95
KB106Б	25,0 (4)	10	-	-	-	60	50	90	20	95
KB107A	25 (2—9)	15	-	-	-	20	10	5,5—16	100	70
KB107Б	25 (6—18)	15	-	-	-	20	10	13—31	100	70
KB107B	47,5 (2—9)	18	-	-	-	20	10	5,5—16	100	70
KB107Г	47,5 (6—18)	18	-	-	-	20	10	13—31	100	70
KB109A	2,45 (25)	0,2	4,0—5,5	3	25	300	50	25	0,5	85
KB109Б	2,15 (25)	0,2	4,5—6,5	3	25	300	50	25	0,5	85
KB109B	2,5 (25)	0,6	4,0—6,0	3	25	160	50	25	0,5	85
KB109Г	12,5 (3)	4,5	4	3	25	160	50	30	0,5	100
KB109Д	11,5 (3)	4,5	2,2	3	25	30	50	30	1	100
KB109E	2,15 (25)	0,2	4,5—6,0	3	25	450	50	30	0	100
KB109Ж	2,3 (25)	0,5	4,0—6,0	3	25	300	50	30	0	100
KB110A	15,0 (4)	3	2,5	4	45	300	50	45	1	85
KB110Б	18,0 (4)	3,6	2,5	4	45	300	50	45	1	85
KB110B	22,0 (4)	4,4	2,5	4	45	300	50	45	1	85
KB110Г	15,0 (4)	3	2,5	4	45	150	50	45	1	85
KB110Д	18,0 (4)	3,6	2,5	4	45	150	50	45	1	85
KB110E	22,0 (4)	4,4	2,5	4	45	150	50	45	1	85
KB112A-1	12,0 (4)	2,4	1,8	4	25	200	50	25	1	85
KB112Б-1	15,0 (4)	3	1,8	4	25	200	50	25	1	85
KB113A	68,0 (4)	14	4,4	4	150	300	10	150	10	85
KB113Б	68,0 (4)	14	3,9	4	115	300	10	115	10	85
KB114A-1	68,0 (4)	14	4,4	4	150	300	10	150	10	85
KB114Б-1	68,0 (4)	14	3,9	4	115	300	10	115	10	85
KB115A	400 (0)	300	-	-	-	-	-	100	0,1	85
KB115Б	400 (0)	300	-	-	-	-	-	100	0,1	85
KB115B	400 (0)	300	-	-	-	-	-	100	0	85
KB116A	210 (1)	42	18	1	10	100	1	10	1	85
KB117A	33,0 (3)	6,6	5,0—7,0	3	25	180	50	25	1	100
KB117Б	33,0 (3)	6,6	4,0—7,0	3	25	150	50	25	1	100
KB119A	210 (1)	42	18	1	10	100	1	12	1	85
KB121A	5,15 (25)	0,9	7,6	1,5	25	150	50	30	0,5	100
KB121Б	5,15 (25)	0,9	7,6	1,5	25	200	50	30	0,5	100
KB122A	2,55 (25)	0,3	4,0—5,5	3	25	450	50	30	0,2	100
KB122A9	2,55 (25)	0,3	4,0—5,5	3	25	450	50	30	0,1	100
KB122Б	2,15 (25)	0,2	4,5—6,5	3	25	450	50	30	0,2	100
KB122Б9	2,15 (25)	0,3	4,5—6,5	3	25	450	50	30	0,1	100
KB122B	2,5 (25)	0,6	4,0—6,0	3	25	300	50	30	0,2	100
KB122B9	2,5 (25)	0,6	4,0—6,0	3	25	300	50	30	0,1	100

Таблица 2.9 (продолжение)

Тип прибора	Основные параметры варикапов									
	$C_{\text{ном при пФ (В)}}$	$\Delta C, \text{ пФ}$	K_c	$U_1, \text{ В}$	$U_2, \text{ В}$	Q_v	при $f, \text{ МГц}$	$U_{\text{обр. макс.}}, \text{ В}$	$I_{\text{обр.}}, \text{ мкА}$	$T_{\text{к. макс.}} (T_{\text{п.}}), ^\circ\text{C}$
KB123A	3,2 (25)	0,6	6,8	3	25	250	50	28	0,1	100
KB126A-5	3,2 (25)	0,6	6,8	3	25	200	50	28	0,5	100
KB127A	255 (1)	25	20	1	30	140	1	32	0,5	100
KB127Б	290 (1)	30	20	1	30	140	1	32	0,5	100
KB127B	245 (1)	15	20	1	30	140	1	32	0,1	100
KB127Г	275 (1)	45	20	1	30	100	1	32	0,5	100
KB128A	25,0 (1)	3	1,9	1	9	300	50	12	0,1	100
KB129A	9,0 (3)	1,8	4			50	50	25	0,5	100
KB130A	4,1 (28)	0,4	12	1	28	300	50	28	0,1	100
KB130A9	4,1 (28)	0,4	12	1	28	300	50	28	0,1	100
KB131A	485 (1)	45	18	1	8,5	130	1	14	0,1	100
KB132A	33,0 (2)	6,6	3,5	2	5	300	50	12	0,1	100
KB133A	150 (4)	30	8	4	27	100	10	32	1	125
KB134A	20,0 (1)	2	3	1	10	400	50	23	0,1	100
KB134A9	20,0 (1)	2	3	1	10	400	50	23	0,1	100
KB135A	540 (1)	54	16	1	10	150	1	13	0,5	100
KB136A	18,0 (4)	1,9	2,6—3,1	2	30	350	50	30	0	100
KB136Б	22,0 (4)	2,2	2,6—3,1	2	30	350	50	30	0	100
KB138A	18,0 (2)	2	3,5	2	5	200	50	12	0,1	100
KB138Б	19,0 (2)	2	3,5	2	5	200	50	12	0,1	100
KB139A	560 (1)	60	18	1	5	160	1	16	0,1	100
KB140A-1	190 (1)	20	18	1	10	200	1	15	1	125
KB140Б-1	217,5(1)	23	18	1	10	200	1	15	1	125
KBC111A	33,0 (4)	3,3	2,1	4	30	200	50	30	1	100
KBC111Б	33,0 (4)	3,3	2,1	4	30	150	50	30	1	100
KBC120A	275 (1)	45	20	1	30	100	1	32	0,5	85
KBC120A1	275 (1)	45	20	1	30	100	1	32	0,5	85
KBC120Б	275 (1)	45	20	1	30	100	1	32	0,5	85

Лавинные диоды

Лавинные диоды являются разновидностью выпрямительных диодов. Эти приборы на обратной ветви ВАХ имеют лавинную характеристику, подобную стабилитронам.



Примечание.

Наличие лавинной характеристики позволяет применять их в качестве элементов защиты цепей от импульсных перенапряжений, в том числе непосредственно в схеме выпрямителей.

В последнем случае выпрямители на этих диодах надежно работают в условиях коммутационных перенапряжений, возникающих в индуктивных цепях в момент включения, выключения сети питания или нагрузки.

В таблице по лавинным диодам (табл. 2.10) применены следующие условные обозначения: $U_{обр.макс.}$ — максимально-допустимое постоянное обратное напряжение диода; $U_{обр.и.макс.}$ — максимально-допустимое импульсное обратное напряжение диода; $I_{пр.макс.}$ — максимальный средний прямой ток за период; $I_{пр.и.макс.}$ — максимальный импульсный прямой ток за период; $U_{проб.}$ — напряжение пробоя диода; $t_{вост.обр.}$ — время восстановления обратного сопротивления диода; $U_{пр}$ при $I_{пр}$ — постоянное прямое напряжения диода при токе $I_{пр.}$; $I_{обр.}$ — постоянный обратный ток диода; $T_{к.макс.}$ — максимально-допустимая температура корпуса диода. $T_{п.макс.}$ — максимально-допустимая температура перехода диода.

Параметры лавинных диодов

Таблица 2.10

Тип прибора	Значения параметров				Предельные значения параметров			
	$t_{вос.обр.}$, мкс	$U_{пр.}$, В	при $I_{пр.}$, А	$I_{обр.}$, мА	$U_{обр.макс.}$, В	$I_{пр.макс.}$, А	$U_{проб.}$, В	$T_{к.макс.}(T_{п.})$, °С
2Д206А	10	1,5	5	1,5	400 (400)	5	750	-130
2Д206Б	10	1,5	5	1,5	500 (500)	5	950	-130
2Д206В	10	1,5	5	1,5	600 (600)	5	1250	-130
2Д210А	-	1,1	10	4,5	800 (800)	5	1000	-140
2Д210Б	-	1,1	10	4,5	800 (800)	10	1000	-140
2Д210В	-	1,1	10	4,5	1000 (1000)	5	1250	-140
2Д210Г	-	1,1	10	4,5	1000 (1000)	10	1250	-140
КД206А	10	1,2	1	1,5	400 (400)	5	-	-130
КД206Б	10	1,2	1	1,5	500 (500)	5	-	-130
КД206В	10	1,2	1	1,5	600 (600)	5	-	-130
КД210А	-	1,1	10	4,5	-800	5	1000	-140
КД210Б	-	1,1	10	4,5	-800	10	1000	-140
КД210В	-	1,1	10	4,5	-1000	5	1250	-140
КД210Г	-	1,1	10	4,5	-1000	10	1250	-140

Стабилитроны и стабисторы



Определение.

Стабилитрон — это полупроводниковый диод, напряжение на обратной ветви ВАХ которого в области электрического пробоя слабо зависит от значения проходящего тока.

В области пробоя напряжение на стабилитроне ($U_{ст.}$) лишь незначительно изменяется при больших изменениях тока стабилизации. Такая характеристика используется для получения стабильного напряжения.

Существующие стабилитроны имеют минимальное напряжение стабилизации примерно до 3 В.

Стабисторы используются для получения меньшего напряжения стабилизации. В этих приборах, в отличие от стабилитронов, используется прямая ветвь ВАХ.

В таблице по стабилитронам и стабисторам (табл. 2.11) применены следующие условные обозначения: $U_{\text{ст.ном.}}$ — номинальное напряжение стабилизации стабилитрона; $I_{\text{ст.ном.}}$ — номинальный ток стабилизации стабилитрона; $P_{\text{макс.}}$ — максимально-допустимая рассеиваемая мощность на стабилитроне; $U_{\text{ст.}}$ — напряжение стабилизации стабилитрона; $r_{\text{ст.}}$ — дифференциальное сопротивление стабилитрона; $\alpha_{\text{ст.}}$ — температурный коэффициент стабилизации стабилитрона; $I_{\text{ст.}}$ — ток стабилизации стабилитрона; $T_{\text{к.макс.}}$ — максимально-допустимая температура корпуса стабилитрона; $T_{\text{п.макс.}}$ — максимально-допустимая температура перехода стабилитрона.

Параметры стабилитронов и стабисторов

Таблица 2.11

Тип прибора	Предельные значения			Значения параметров							Мощность
	$U_{\text{ст.ном.}}$ В	при $I_{\text{ст.ном.}}$ мА	$P_{\text{макс.}}$ мВт	$U_{\text{ст.мин.}}$ В	$U_{\text{ст.макс.}}$ В	$r_{\text{ст.}}$ Ом	$0,01 \alpha_{\text{ст.}}$ %/°С	$I_{\text{ст.мин.}}$ мА	$I_{\text{ст.макс.}}$ мА	$T_{\text{к.макс.}}$ (Тп.) °С	
12С147Г	4,7	5	125	4,2	5,2	150	-7	1	26,5	125	малая
12С147Т1	4,7	3	50	4,4	4,9	220	-8	1	10,6	125	малая
12С147У1	4,7	3	50	4,2	5,2	220	-8	1	10,6	125	малая
2С102А	5,1	20	300	4,84	5,4	17	1	3	58	125	малая
2С107А	0,7	10	125	0,63	0,8	7	-34	1	100	125	малая
2С111А	6,2	10	150	5,66	6,8	35	-6	3	22	125	малая
2С111Б	6,8	10	150	6,24	7,4	28	5	3	20	125	малая
2С111В	7	10	150	6,43	7,6	18	1	3	20	125	малая
2С112А	7,5	5	150	6,82	8,2	16	4	3	18	125	малая
2С112Б	8,2	5	150	7,49	9	14	4	3	17	125	малая
2С112В	9,1	5	150	8,25	10	18	6	3	15	125	малая
2С113А	1,3	10	200	1,17	1,4	12	-42	1	100	125	малая
2С119А	1,9	10	200	1,72	2,1	15	-42	1	100	125	малая
2С124Д1	2,4	3	50	2,2	2,6	180	-7,5	0,25	20,8	125	малая
2С127А1	2,7	3	50	2,43	3	180	-20	1	6	85	малая
2С127Д1	2,7	3	50	2,5	2,9	180	-7,5	0,25	18,5	125	малая
2С130Д1	3	3	50	2,8	3,2	180	-7,5	0,25	16,7	125	малая
2С133А	3,3	10	300	2,97	3,6	65	-11	3	81	125	малая
2С133Б	3,3	10	100	3	3,7	65	-10	3	30	125	малая
2С133В	3,3	5	125	3,1	3,5	150	-10	1	37,5	125	малая
2С133Г	3,3	5	125	3	3,6	150	-10	1	37,5	125	малая
2С133Д1	3,3	3	50	3,1	3,5	180	-7,5	0,25	15,2	125	малая
2С136Д1	3,6	3	50	3,4	3,8	180	-7	0,25	13,9	125	малая
2С139А	3,9	10	300	3,51	4,3	60	-10	3	70	125	малая
2С139Б	3,9	10	100	3,5	4,3	60	-10	3	26	125	малая
2С139Д1	3,9	3	50	3,7	4,1	180	-6,5	0,25	12,8	125	малая
2С143Д1	4,3	3	50	4	4,6	180	-6	0,25	11,6	125	малая
2С147А	4,7	10	300	4,23	5,2	56	-9...10	3	58	125	малая
2С147Б	4,7	10	100	4,1	5,2	56	-8...+2	3	21	125	малая
2С147В	4,7	5	125	4,5	4,9	150	-7	1	26,5	125	малая

Таблица 2.11 (продолжение)

Тип прибора	Предельные значения			Значения параметров							Мощность
	$U_{ст.ном.}$ В	$I_{ст.ном.}$ мА	$P_{макс.}$ мВт	$U_{ст.мин.}$ В	$U_{ст.макс.}$ В	$r_{ст.}$ Ом	$0,01 \alpha_{ст.}$ %/°С	$I_{ст.мин.}$ мА	$I_{ст.макс.}$ мА	$T_{к.мах.}$ (Тп.) °С	
2C147Т9	4,7	3	200	4,4	4,9	220	-8	1	38	125	малая
2C151Т1	5,1	3	50	4,8	5,4	180	-6...3	1	10	125	малая
2C156А	5,6	10	300	5,04	6,2	46	5	3	55	125	малая
2C156Б	5,6	10	100	5	6,4	45	-4...7	3	18	125	малая
2C156В	5,6	5	125	5,3	5,9	100	5	1	22,4	125	малая
2C156Г	5,6	5	125	5	6,2	100	7	1	22,4	125	малая
2C156Т1	5,6	3	50	5,3	5,9	160	-4...6	1	9	125	малая
2C156Т9	5,6	3	200	5,3	5,9	160	-4...6	1	34	125	малая
2C156У1	5,6	3	50	5	6,2	160	-4...6	1	9	125	малая
2C156Ф	5,6	5	125	5,3	5,9	30	4	1	20	125	малая
2C162А	6,2	10	150	5,66	6,8	35	-6	3	22	125	малая
2C162Б1	6,2	3	21	5,89	6,5	15	6	1	3,4	85	малая
2C162В1	6,2	3	21	5,58	6,8	25	6	1	3,4	85	малая
2C168А	6,8	10	300	6,12	7,5	28	6	3	45	125	малая
2C168Б	6,8	10	100	6	7,5	15	7	3	15	125	малая
2C168В	6,8	10	150	6,24	7,4	28	5	3	20	125	малая
2C168К1	6,8	0,5	20	6,46	7,1	200	5	0,1	2,94	125	малая
2C168К9	6,8	0,5	200	6,46	7,1	200	5	0,1	27	125	малая
2C168Х	6,8	0,5	20	6,5	7,1	200	5	0,5	3	125	малая
2C170А	7	10	150	6,43	7,6	18	1	3	20	125	малая
2C175А	7,5	5	150	6,82	8,2	16	4	3	18	125	малая
2C175Ж	7,5	4	150	7,1	7,9	20	7	0,5	20	125	малая
2C175К1	7,5	0,5	20	7,13	7,9	200	6,5	0,1	2,66	125	малая
2C175Х	7,5	0,5	20	7,1	7,9	200	6,5	0,1	2,65	125	малая
2C175Ц	7,5	0,5	125	7,1	7,9	200	6,5	0,1	17	125	малая
2C175Ц1	7,5	0,1	20	7,1	7,9	820	6	0,05	2,65	85	малая
2C180А	8	5	125	7	8,5	8	7	3	15	125	малая
2C182А	8,2	5	150	7,49	9	14	4	3	17	125	малая
2C182Ж	8,2	4	150	7,8	8,7	40	8	0,5	18	125	малая
2C182К1	8,2	0,5	20	7,79	8,6	220	7,5	0,1	2,44	125	малая
2C182Х	8,2	0,5	20	7,8	8,6	200	7,5	0,5	2,5	125	малая
2C182Ц	8,2	0,5	125	7,8	8,6	200	7	0,1	15	125	малая
2C190А	9	5	125	8	9,5	12	8	3	13	125	малая
2C191А	9,1	5	150	8,25	10	18	6	3	15	125	малая
2C191Ж	9,1	4	125	8,6	9,6	40	9	0,5	16	125	малая
2C191К1	9,1	0,5	20	8,65	9,6	220	8	0,1	2,2	125	малая
2C191Х	9,1	0,5	20	8,6	9,6	200	8	0,5	2,24	125	малая
2C191Ц	9,1	0,5	125	8,6	9,6	200	8	0,1	14	125	малая
2C205А	10	5	150	9,12	11	22	6	3	13	125	малая
2C210А	10	5	125	9	11	15	9	3	11	125	малая
2C210Б	10	5	150	9,5	11	22	6	3	14	125	малая
2C210Ж	10	4	150	9,5	11	40	9	0,5	15	125	малая

Таблица 2.11 (продолжение)

Тип прибора	Предельные значения			Значения параметров							Мощность
	$U_{ст.ном.}$ В	$I_{ст.ном.}$ мА	$P_{макс.}$ мВт	$U_{ст.мин.}$ В	$U_{ст.макс.}$ В	$r_{ст.}$ Ом	$0,01 \alpha_{ст.}$ %/°С	$I_{ст.мин.}$ мА	$I_{ст.макс.}$ мА	$T_{к.мах. (T_{п.})}$ °С	
2C210K	10	0,5	20	9,5	11	200	9	0,5	2	125	малая
2C210K1	10	0,5	20	9,5	11	220	9	0,1	2	125	малая
2C210Ц	10	0,5	125	9,5	11	200	8,5	0,1	12,5	125	малая
2C211A	11	5	125	10	12	19	9,5	3	10	125	малая
2C211Ж	11	4	150	10,4	12	40	9,2	0,5	14	125	малая
2C211И	11	5	150	10,5	12	23	7	3	13	125	малая
2C211K1	11	0,5	20	10,5	12	200	9,5	0,1	1,8	125	малая
2C211X	11	0,5	20	10,4	12	200	9,5	0,5	1,8	125	малая
2C211Ц	11	0,5	125	10,4	12	200	8,5	0,1	11,2	125	малая
2C212B	12	5	150	10,9	13	24	7,5	3	12	125	малая
2C212Ж	12	4	150	11,4	13	40	9,5	0,5	13	125	малая
2C212K1	12	0,5	20	11,4	13	200	9,5	0,1	1,7	125	малая
2C212X	12	0,5	20	11,4	13	200	9,5	0,5	1,7	125	малая
2C212Ц	12	0,5	125	11,4	13	200	8,5	0,1	10,6	125	малая
2C213A	13	5	125	11,5	14	22	9,5	3	9	125	малая
2C213Б	13	5	150	11,9	14	25	7,5	3	10	125	малая
2C213Ж	13	4	150	12,3	14	40	9,5	0,5	12	125	малая
2C215Ж	15	2	150	14,2	16	70	10	0,5	10	125	малая
2C216Ж	16	2	150	15,2	17	70	10	0,5	9,4	125	малая
2C218Ж	18	2	150	17	19	70	10	0,5	8,3	125	малая
2C220Ж	20	2	150	19	21	70	10	0,5	7,5	125	малая
2C222Ж	22	2	150	20,9	23	70	10	0,5	6,8	125	малая
2C224Ж	24	2	150	22,8	25	70	10	0,5	6,3	125	малая
2C291A	91	1	250	86	96	700	11	0,5	2,7	125	малая
2C411A	8	5	340	7	8,5	6	7	3	40	125	большая
2C411Б	9	5	340	8	9,5	10	8	3	36	125	большая
2C433A	3,3	60	1000	2,97	3,6	14	-10	3	229	125	большая
2C439A	3,9	51	1000	3,51	4,3	12	-10	3	212	125	большая
2C447A	4,7	43	1000	4,23	5,2	10	-8...3	3	190	125	большая
2C456A	5,6	36	1000	5,04	6,2	7	5	3	167	125	большая
2C468A	6,8	29	1000	6,12	7,5	5	6,5	3	142	125	большая
2C482A	8,2	5	1000	7,4	9	25	8	1	96	125	большая
2C510A	10	5	1000	9	11	25	10	1	79	125	большая
2C512A	12	5	1000	10,8	13	25	10	1	67	125	большая
2C515A	15	5	1000	13,5	17	25	10	1	53	125	большая
2C516A	10	5	340	9	11	12	9	3	32	125	большая
2C516Б	11	5	340	10	12	15	9,5	3	29	125	большая
2C516B	13	5	340	11,5	14	18	9,5	3	24	125	большая
2C518A	18	5	1000	16,2	20	25	10	1	45	125	большая
2C522A	22	5	1000	19,8	24	25	10	1	37	125	большая
2C522A5	22	5	1000	19,8	24	25	-	1	37	125	большая
2C524A	24	5	1000	22,8	25	30	10	1	33	125	большая

Таблица 2.11 (продолжение)

Тип прибора	Предельные значения			Значения параметров							Мощность
	$U_{ст.ном}, В$	$I_{ст.ном}, мА$	$P_{макс}, мВт$	$U_{ст.мин}, В$	$U_{ст.макс}, В$	$r_{ст}, Ом$	$0,01 \alpha_{ст}, \%/^{\circ}C$	$I_{ст.мин}, мА$	$I_{ст.макс}, мА$	$T_{к.мах} (T_{п}), ^{\circ}C$	
2C527A	27	5	1000	24,3	30	40	10	1	30	125	большая
2C530A	30	5	1000	28,5	32	45	10	1	27	125	большая
2C536A	36	5	1000	34,2	38	50	10	1	23	125	большая
2C551A	51	1,5	1000	48	54	200	12	1	14,6	125	большая
2C591A	91	1,5	1000	86	96	400	12	1	8,8	125	большая
2C600A	100	1,5	1000	95	105	450	12	1	8,1	125	большая
2C920A	120	50	5000	108	132	100	16	5	42	125	большая
2C930A	130	50	5000	117	143	120	16	5	38	125	большая
2C950A	150	25	5000	136	164	170	16	2,5	33	125	большая
2C980A	180	25	5000	162	198	220	16	2,5	28	125	большая
Д219С	0,57	1	-	-	-	-	-	-	50	120	малая
Д220С	0,59	1	-	-	-	-	-	-	50	120	малая
Д223С	0,59	1	-	-	-	-	-	-	50	120	малая
Д808	8	5	280	7	8,5	6	7	3	33	125	малая
Д809	9	5	280	8	9,5	10	8	3	29	125	малая
Д810	10	5	280	9	11	12	9	3	26	125	малая
Д811	11	5	280	10	12	15	9,5	3	23	125	малая
Д813	13	5	280	11,5	14	18	9,5	3	20	125	малая
Д814А	8	5	340	7	8,5	6	7	3	40	125	малая
Д814А1	8	5	340	7	8,5	6	7	3	40	125	малая
Д814Б	9	5	340	8	9,5	10	8	3	36	125	малая
Д814Б1	9	5	340	8	9,5	10	8	3	36	125	малая
Д814В	10	5	340	9	11	12	9	3	32	125	малая
Д814В1	10	5	340	9	11	12	9	3	32	125	малая
Д814Г	11	5	340	10	12	15	9,5	3	29	125	малая
Д814Г1	11	5	340	10	12	15	9,5	3	29	125	малая
Д814Д	13	5	340	11,5	14	18	9,5	3	24	125	малая
Д814Д1	13	5	340	11,6	14	18	9,5	3	24	125	малая
Д815А	5,6	1000	8000	5	6,2	1	4,5	50	1400	125	большая
Д815Б	6,8	1000	8000	6,1	7,5	1,2	6	50	1150	125	большая
Д815В	8,2	1000	8000	7,4	9,1	1,5	9	50	950	125	большая
Д815Г	10	500	8000	9	11	1,8	8	25	800	125	большая
Д815Д	12	500	8000	10,8	13	2	9	25	650	125	большая
Д815Е	15	500	8000	13,3	16	2,5	10	25	550	125	большая
Д815Ж	18	500	8000	16,2	20	3	11	25	450	125	большая
Д815И	4,7	1000	8000	4,2	5,2	0,8	14	50	1400	125	большая
Д816А	22	150	5000	19,6	24	7	12	10	230	125	большая
Д816Б	27	150	5000	24,2	30	8	12	10	180	125	большая
Д816В	33	150	5000	29,5	36	10	12	10	150	125	большая
Д816Г	36	150	5000	35	43	12	12	10	130	125	большая
Д816Д	47	150	5000	42,5	52	15	12	10	110	125	большая
Д817А	56	50	5000	50,5	52	35	14	5	90	125	большая

Таблица 2.11 (продолжение)

Тип прибора	Предельные значения			Значения параметров							Мощность
	$U_{ст.ном.}$ В	$I_{ст.ном.}$ мА	$P_{макс.}$ мВт	$U_{ст.мин.}$ В	$U_{ст.макс.}$ В	$r_{ст.}$ Ом	$0,01 \alpha_{ст.}$ %/°С	$I_{ст.мин.}$ мА	$I_{ст.макс.}$ мА	$T_{к.мах. (T_{п.})}$ °С	
Д817Б	68	50	5000	61	75	40	14	5	75	125	большая
Д817В	82	50	5000	74	90	45	14	5	60	125	большая
Д817Г	100	50	5000	90	110	50	14	5	50	125	большая
КС107А	0,7	10	125	0,63	0,8	7	-34	1	100	125	малая
КС113А	1,3	10	200	1,17	1,4	12	-42	1	100	125	малая
КС119А	1,9	10	200	1,72	2,1	15	-42	1	100	125	малая
КС130Д1	3	3	50	2,8	3,2	180	-7,5	0,25	16,7	125	малая
КС133А	3,3	10	300	2,97	3,6	65	-11	3	81	125	малая
КС133Г	3,3	5	125	3	3,6	150	-10	1	37,5	125	малая
КС139А	3,9	10	300	3,51	4,3	60	-10	3	70	125	малая
КС139Г	3,9	5	125	3,5	4,3	150		1	32	125	малая
КС147А	4,7	10	300	4,23	5,2	56	-9...10	3	58	125	малая
КС147Г	4,7	5	125	4,2	5,2	150	-7	1	26,5	125	малая
КС156А	5,6	10	300	5,04	6,2	46	5	3	55	125	малая
КС156Г	5,6	5	125	5	6,2	100	7	1	22,4	125	малая
КС162А	6,2	10	300	5,8	6,6	35	-6	3	50	100	малая
КС162В	6,2	10	150	5,8	6,6	-	-6	3	22	100	малая
КС168А	6,8	10	300	6,12	7,5	7	6	3	45	125	малая
КС168В	6,8	10	150	6,3	7,3	28	5	3	20	100	малая
КС170А	7	10	150	6,43	7,6	20	1	3	20	100	малая
КС175А	7,5	5	150	6,82	8,2	16	4	3	18	100	малая
КС175Ж	7,5	0,5	125	7,1	7,9	40	7	0,5	17	125	малая
КС175Ц	7,5	0,5	125	7,1	7,9	200	6,5	0,1	17	125	малая
КС182А	8,2	5	150	7,6	8,8	14	-	3	17	100	малая
КС182Ж	8,2	4	125	7,4	9	40	8	0,5	15	125	малая
КС182Ц	8,2	0,5	125	7,8	8,6	200	7	0,1	15	125	малая
КС182Ц1	8,2	0,1	20	7,8	8,6	820	6,5	0,05	2,5	85	малая
КС191А	9,1	5	150	8,5	9,7	18	-	3	15	100	малая
КС191Ж	9,1	4	125	8,6	9,6	40	9	0,5	14	125	малая
КС191Ц	9,1	0,5	125	8,6	9,6	200	8	0,1	14	125	малая
КС191Ц1	9,1	0,1	20	8,6	9,6	820	7,5	0,05	2,24	125	малая
КС196А	9,6	5	200	9,1	10	18	-	3	20	125	малая
КС196Б	9,6	5	200	9,1	10	18	-	3	20	125	малая
КС196В	9,6	5	200	9,1	10	18	-	3	20	125	малая
КС196Г	9,6	5	200	9,1	10	18	-	3	20	125	малая
КС210А	10	5	150	-	-	-	-	3	14	100	малая
КС210Б	10	5	150	9,3	11	22	6	3	14	100	малая
КС210Ж	10	4	125	9	11	40	9	0,5	13	125	малая
КС210Ц	10	0,5	125	9,5	11	200	8,5	0,1	12,5	125	малая
КС210Ц1	10	0,1	20	9,5	11	820	8	0,05	2	85	малая
КС211Ж	11	4	125	10,4	12	40	9,2	0,5	12	85	малая
КС211Ц	11	0,5	125	10,4	12	200	8,5	0,1	11,2	85	малая

Таблица 2.11 (продолжение)

Тип прибора	Предельные значения			Значения параметров							Мощность
	$U_{ст.ном.}$ В	$I_{ст.ном.}$ мА	$P_{макс.}$ мВт	$U_{ст.мин.}$ В	$U_{ст.макс.}$ В	$r_{ст.}$ Ом	$0,01 \alpha_{ст.}$ %/°С	$I_{ст.мин.}$ мА	$I_{ст.макс.}$ мА	$T_{к.мах. (T_{п.})}$ °С	
КС211Ц1	11	0,1	20	10,4	12	820	8,5	0,05	1,8	85	малая
КС212Ж	12	4	125	10,8	13	40	9,5	0,5	11	125	малая
КС212Ц	12	0,5	125	11,4	13	200	8,5	0,1	10,6	125	малая
КС212Ц1	12	0,1	20	11,4	13	820	8,5	0,05	1,7	125	малая
КС213А	13	5	150	-	-	-	-	3	10	125	малая
КС213Б	13	5	150	12,1	14	25	8	3	10	125	малая
КС213Ж	13	4	125	12,3	14	40	9,5	0,5	10	125	малая
КС215Ж	15	2	125	13,5	17	70	10	0,5	8,3	125	малая
КС216Ж	16	2	125	15,2	17	70	10	0,5	7,8	125	малая
КС218Ж	18	2	125	16,2	20	70	10	0,5	6,9	125	малая
КС220Ж	20	2	125	19	21	70	10	0,5	6,2	125	малая
КС222Ж	22	2	125	19,8	24	70	10	0,5	5,7	125	малая
КС224Ж	24	2	125	22,8	25	70	10	0,5	5,2	125	малая
КС406А	8,2	15	500	7,7	8,7	6,5	9	0,5	35	85	большая
КС406Б	10	12	500	9,4	11	8,5	11	0,25	28	85	большая
КС407А	3,3	10	500	3,1	3,5	28	-8	1	100	85	большая
КС407Б	3,9	20	500	3,7	4,1	23	-7	1	83	85	большая
КС407В	4,7	20	500	4,4	5	19	-3	1	68	85	большая
КС407Г	5,1	20	500	4,8	5,4	17	$\pm 2,0$	1	59	85	большая
КС407Д	6,8	18	500	6,4	7,2	4,5	5	1	42	85	большая
КС409А	5,6	5	400	5,3	5,9	20	2...4	1	48	85	большая
КС412А	6,2	5	400	5,8	6,6	10	-1...6	1	55	125	большая
КС433А	3,3	60	1000	2,97	3,6	25	-10	3	229	125	большая
КС439А	3,9	51	1000	3,51	4,3	25	-10	3	212	125	большая
КС447А	4,7	43	1000	4,23	5,2	18	-8...3	3	190	125	большая
КС456А	5,6	36	1000	5,04	6,2	7	5	3	167	125	большая
КС468А	6,8	30	1000	6,12	7,5	5	6,5	3	119	125	большая
КС482А	8,2	5	1000	7,4	9	25	8	1	96	125	большая
КС508А	12	10,5	500	11,4	13	11	11	0,25	23	85	большая
КС508Б	15	10,5	500	13,8	16	16	11	0,25	18	85	большая
КС508В	16	7,8	500	15,3	17	17	11	0,25	17	85	большая
КС508Г	18	7	500	16,8	19	21	11	0,25	15	85	большая
КС508Д	24	5,2	500	22,8	26	33	12	0,25	11	85	большая
КС509А	15	15	1300	13,8	16	15	9	0,5	42	85	большая
КС509Б	18	15	1300	18,6	19	20	9	0,5	35	85	большая
КС509В	20	10	1300	18,8	21	24	9	0,5	31	85	большая
КС510А	10	5	1000	9	11	25	10	1	79	125	большая
КС512А	12	5	1000	10,8	13	25	10	1	67	125	большая
КС515А	15	5	1000	13,5	17	25	10	1	53	125	большая
КС518А	18	5	1000	16,2	20	25	10	1	45	125	большая
КС522А	22	5	1000	19,8	24	25	10	1	37	125	большая
КС524А	24	5	1000	22,8	25	30	10	1	33	125	большая
КС527А	27	5	1000	24,3	30	40	10	1	30	125	большая

Таблица 2.11 (продолжение)

Тип прибора	Предельные значения			Значения параметров							Мощность
	$U_{ст.ном.}$ В	$I_{ст.ном.}$ мА	$P_{макс.}$ мВт	$U_{ст.мин.}$ В	$U_{ст.макс.}$ В	$r_{ст.}$ Ом	$0,01\alpha_{ст.}$ %/°С	$I_{ст.мин.}$ мА	$I_{ст.макс.}$ мА	$T_{к.мах.}$ (Тп.) °С	
КС533А	33	5	640	30	36	40	10	3	17	125	большая
КС551А	51	1,5	1000	48	54	200	12	1	14,6	125	большая
КС591А	91	1,5	1000	86	96	400	12	1	8,8	125	большая
КС600А	100	1,5	1000	95	105	450	12	1	8,1	125	большая
КС620А	120	50	5000	108	132	150	20	5	42	125	большая
КС630А	130	50	5000	117	143	180	20	5	38	125	большая
КС650А	150	25	5000	136	164	270	20	2,5	33	125	большая
КС680А	180	25	5000	162	198	330	20	2,5	28	125	большая

Ограничители напряжения



Определение.

Ограничители напряжения — это полупроводниковые диоды, работающие на обратной ветви ВАХ с лавинным пробоем и (или) на прямой ветви характеристики.

Они предназначены для защиты от перенапряжения электрических цепей интегральных и гибридных схем, радиоэлектронных компонентов и многих других цепей аппаратуры.

Обладая одинаковыми со стабилитронами физическими принципами действия, эти приборы имеют несколько отличную от них систему параметров, конструкцию и систему испытаний, обеспечивающих высокие уровни допустимых импульсных токов нагрузки.

Ограничители напряжения могут быть **несимметричными** (предназначены для защиты цепей постоянного тока) и **симметричными** (предназначены для защиты цепей переменного тока).

Несимметричные ограничители напряжения имеют время срабатывания при работе на обратной ветви ВАХ единицы пикосекунд и по прямой ветви — единицы наносекунд. Малое время срабатывания этих приборов обеспечивает защиту цепей аппаратуры практически от всех видов перенапряжения, возникающих в ее цепях.

В таблице по ограничителям напряжения (табл. 2.12) применены следующие условные обозначения: $U_{проб.ном.}$ — номинальное напряжение пробоя ограничителя при токе пробоя $I_{проб.т.}$; $I_{проб.т.}$ — ток пробоя ограничителя напряжения; $P_{огр.и.макс.}$ — максимально-допустимая импульсная рассеиваемая мощность на ограничителе; $U_{проб.}$ — напряжение пробоя ограничителя; $U_{огр.и.}$ — максимально-допустимое импульсное напряжение ограничителя; $I_{огр.и.макс.}$ — максимально-допустимый импульсный ток

ограничителя; $U_{обр.макс.}$ — максимально-допустимое обратное напряжение ограничителя; $I_{обр.}$ — постоянный обратный ток ограничителя; $T_{к.макс.}$ — максимально-допустимая температура корпуса ограничителя; $T_{п.макс.}$ — максимально-допустимая температура перехода ограничителя.

Параметры ограничителей напряжения при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таблица 2.12

Тип прибора	$U_{проб.ном.}$ В	$I_{проб.т.}$ мА	$P_{огр.и. макс.}$ ($t_n=1мс$), кВт	$U_{проб. мин.}$ В	$U_{проб. макс.}$ В	$U_{огр.и.}$ В	$I_{огр.и. макс.}$ А	$U_{обр. макс.}$ В	$I_{обр.}$ мкА	$T_{к. макс.}$ ($T_{п.}$), $^{\circ}\text{C}$
2C401A	6,8	10	1,5	6,1	7,5	10,8	139	5,5	1000	125
2C4015C	7,5	10	1,5	6,8	8,2	11,7	128	6	1000	125
2C408A	6,2	1	1,5	5,9	6,5	8,5	130	5	300	125
2C414A	3,9	10	1,5	3,5	4,3	8,5	200	2,4	800	125
2C501A	15	1	1,5	14	17	22	68	12	5	125
2C501AC	15	1	1,5	14	17	22	68	12	5	125
2C501Б	30	1	1,5	27	33	43,5	34,5	24	5	125
2C501БC	30	1	1,5	27	331	43,5	34,5	24	5	125
2C503AC	12	1	1,5	11	13	17	87	9	5	125
2C503БC	33	1	1,5	30	36	47	31,5	26	5	125
2C503BC	39	1	1,5	35	43	56	26,5	31	5	125
2C514A	62	1	1,5	59	65	80	17,7	53	5	125
2C514A1	62	1	1,5	56	68	89	16,9	50,2	5	125
2C514Б	68	1	1,5	65	71	85	16,3	58,1	5	125
2C514Б1	68	1	1,5	61	75	98	15,3	55,1	5	125
2C514В	82	1	1,5	78	86	100	13,3	70,1	5	125
2C514В1	82	1	1,5	74	90	118	12,7	66,4	5	125
2C602A	110	1	1,5	105	116	135	9,9	94	5	125
2C602A1	110	1	1,5	99	121	158	9,5	89,2	5	125
2C801A	33	40	4	30	36	47	104	26,8	5	125
2C802A	16	70	5	15	17	21	222	13,6	5	125
2C802A1	16	70	5	14	18	23,5	212	12,9	5	125
2C802Б	26	30	5	34	38	46	96	30,8	5	125
2C802Б1	36	30	5	32	40	52	100	29,1	5	125
KC410AC	8,2	10	1,5	7,8	8,6	12,1	124	7	200	125
KC511A	15	1	1,5	14	16	21,2	71	12,8	5	85
KC511Б	75	1	1,5	71	79	103	14,6	-	5	85

2.3.3. Характеристики зарубежных диодов, стабилитронов, симисторов, тиристоров

Стабилитроны фирмы GENERAL SEMICONDUCTOR

В приведенной ниже табл. 2.13 стабилитроны расположены по вертикали по увеличению напряжения стабилизации, а по горизонтали по увеличению мощности (для справки в верхней строке указаны типы

корпусов). В табл. 2.14 указаны типы стабилитронов на напряжения свыше 100 В.

Таблица для подбора необходимого стабилитрона
(от 0,8 до 100 В) фирмы GENERAL SEMICONDUCTOR

Таблица 2.13

Корпус	SOT-23	SOD-123	DO-35	MiniMELF	DO-41	DO-41	MELF	MELF	DO-201
U _{стаб} В	Мощность, Вт								
	0,35	0,35	0,41	0,5	0,5	1	1,3	1	5
0,8	BZX84-C	BZT52-C	-	BZX55-C0V8	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	ZMM1	-	-	ZMY1	-
2,4	BZX84-C2V4	BZT52-C2V4	-	BZX55-C2V4	-	-	-	-	-
2,7	BZX84-C2V7	BZT52-C2V7	-	BZX55-C2V7	ZMM2.7	-	-	-	-
3	BZX84-C3	BZT52-C3	-	BZX55-C3	ZMM3	-	-	-	-
3,3	BZX84-C3V3	BZT52-C3V3	1N5226	BZX55-C3V3	ZMM3.3	-	-	-	1N5333
3,6	BZX84-C3V6	BZT52-C3V6	1N5227	BZX55-C3V6	ZMM3.6	-	BZX85-C3V6	-	1N5334
3,9	BZX84-C3V9	BZT52-C3V9	1N5228	BZX55-C3V9	ZMM3.9	-	BZX85-C3V9	ZMY3.9	1N5335
4,3	BZX84-C4V3	BZT52-C4V3	1N5229	BZX55-C4V3	ZMM4.3	1N4731	BZX85-C4V3	ZMY4.3	1N5336
4,7	BZX84-C4V7	BZT52-C4V7	1N5230	BZX55-C4V7	ZMM4.7	1N4732	BZX85-C4V7	ZMY4.7	1N5337
5,1	BZX84-C5V1	BZT52-C5V1	1N5231	BZX55-C5V1	ZMM5.1	1N4733	BZX85-C5V1	ZMY5.1	1N5338
5,6	BZX84-C5V6	BZT52-C5V6	1N5232	BZX55-C5V6	ZMM5.6	1N4734	BZX85-C5V6	ZMY5.6	1N5339
6	-	-	1N5233	-	-	-	-	-	1N5340
6,2	BZX84-C6V2	BZT52-C6V2	1N5234	BZX55-C6V2	ZMM6.2	1N4735	BZX85-C6V2	ZMY6.2	1N5341
6,8	BZX84-C6V8	BZT52-C6V8	1N5235	BZX55-C6V8	ZMM6.8	1N4736	BZX85-C6V8	ZMY6.8	1N5342
7,5	BZX84-C7V5	BZT52-C7V5	1N5236	BZX55-C7V5	ZMM7.5	1N4737	BZX85-C7V5	ZMY7.5	1N5343
8,2	BZX84-C8V2	BZT52-C8V2	1N5237	BZX55-C8V2	ZMM8.2	1N4738	BZX85-C8V2	ZMY8.2	1N5344
8,7	-	-	1N5238	-	-	-	-	-	1N5345
9,1	BZX84-C9V1	BZT52-C9V1	1N5239	BZX55-C9V1	ZMM9.1	1N4739	BZX85-C9V1	ZMY9.1	1N5346
10	BZX84-C10	BZT52-C10	1N5240	BZX55-C10	ZMM10	1N4740	BZX85-C10	ZMY10	1N5347
11	BZX84-C11	BZT52-C11	1N5241	BZX55-C11	ZMM11	1N4741	BZX85-C11	ZMY11	1N5348
12	BZX84-C12	BZT52-C12	1N5242	BZX55-C12	ZMM12	1N4742	BZX85-C12	ZMY12	1N5349
13	BZX84-C13	BZT52-C13	1N5243	BZX55-C13	ZMM13	1N4743	BZX85-C13	ZMY13	1N5350
14	-	-	1N5244	-	-	-	-	-	1N5351
15	BZX84-C15	BZT52-C15	1N5245	BZX55-C15	ZMM15	1N4744	BZX85-C15	ZMY15	1N5352
16	BZX84-C16	BZT52-C16	1N5246	BZX55-C16	ZMM16	1N4745	BZX85-C16	ZMY16	1N5353
17	-	-	1N5247	-	-	-	-	-	1N5354
18	BZX84-C18	BZT52-C18	1N5248	BZX55-C18	ZMM18	1N4746	BZX85-C18	ZMY18	1N5355
19	-	-	1N5249	-	-	-	-	-	1N5356
20	BZX84-C20	BZT52-C20	1N5250	BZX55-C20	ZMM20	1N4747	BZX85-C20	ZMY20	1N5357
22	BZX84-C22	BZT52-C22	1N5251	BZX55-C22	ZMM22	1N4748	BZX85-C22	ZMY22	1N5358
24	BZX84-C24	BZT52-C24	1N5252	BZX55-C24	ZMM24	1N4749	BZX85-C24	ZMY24	1N5359
25	-	-	1N5253	-	-	-	-	-	1N5360
27	BZX84-C27	BZT52-C27	1N5254	BZX55-C27	ZMM27	1N4750	BZX85-C27	ZMY27	1N5361
28	-	-	1N5255	-	-	-	-	-	1N5362
30	BZX84-C30	BZT52-C30	1N5256	BZX55-C30	ZMM30	1N4751	BZX85-C30	ZMY30	1N5363
33	BZX84-C33	BZT52-C33	1N5257	BZX55-C33	ZMM33	1N4752	BZX85-C33	ZMY33	1N5364
36	BZX84-C36	BZT52-C36	1N5258	BZX55-C36	ZMM36	1N4753	BZX85-C36	ZMY36	1N5365

Таблица 2.13 (продолжение)

Корпус	SOT-23	SOD-123	DO-35	MiniMELF	DO-41	DO-41	MELF	MELF	DO-201
U _{стаб} , В	Мощность, Вт								
	0,35	0,35	0,41	0,5	0,5	1	1,3	1	5
39	BZX84-C39	BZT52-C39	1N5259	BZX55-C39	ZMM39	1N4754	BZX85-C39	ZMY39	1N5366
43	BZX84-C43	BZT52-C43	1N5260	BZX55-C43	ZMM43	1N4755	BZX85-C43	ZMY43	1N5367
47	BZX84-C47	BZT52-C47	1N5261	BZX55-C47	ZMM47	1N4756	BZX85-C47	ZMY47	1N5368
51	BZX84-C51	BZT52-C51	1N5262	BZX55-C51	ZMM51	1N4757	BZX85-C51	ZMY51	1N5369
56	BZX84-C56	BZT52-C56	1N5263	BZX55-C56	ZMM56	1N4758	BZX85-C56	ZMY56	1N5370
60	-	-	1N5264	-	-	-	-	-	1N5371
62	BZX84-C62	BZT52-C62	1N5265	BZX55-C62	ZMM62	1N4759	BZX85-C62	ZMY62	1N53724
68	BZX84-C68	BZT52-C68	1N5266	BZX55-C68	ZMM68	1N4760	-	ZMY68	1N5373
75	BZX84-C75	BZT52-C75	1N5267	BZX55-C75	ZMM75	1N4761	-	ZMY75	1N5374
82	-	-	-	-	-	1N4762	-	ZMY82	1N5375
87	-	-	-	-	-	-	-	1N5376	
91	-	-	-	-	-	1N4763	-	ZMY91	1N5377
100	-	-	-	-	-	1N4764	-	ZMY100	1N5378

Таблица для подбора необходимого стабилитрона (от 100 до 200 В)
фирмы GENERAL SEMICONDUCTOR

Таблица 2.14

Корпус	MELF	DO-41	DO-41	DO-41	DO-201
U _{стаб} , В	Мощность, Вт				
	1	1	1,3	1	5
110	-	-	BZY97-C110	ZY110	1N5379
120	ZMU120	ZPU120	BZY97-C120	ZY120	1N5380
130	-	-	BZY97-C130	ZY130	1N5381
150	ZMU150	ZPU150	BZY97-C150	ZY150	1N5383
160	-	-	BZY97-C160	ZY160	1N5384
180	ZMU180	ZPU180	BZY97-C180	ZY180	1N5386
190	-	-	-	-	1N5387
200	-	-	BZY97-C200	ZY200	1N5388_

Выпрямительные диоды фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

В табл. 2.15 указаны следующие параметры диодов: $U_{об}$ — максимальное обратное напряжение (в скобках — импульсное); I — максимальный прямой ток (в скобках — импульсный); $U_{пр}$ — прямое падение напряжения при максимальном токе; $I_{об}$ — максимальный обратный ток.

Характеристики выпрямительных диодов фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Таблица 2.15

Тип	U _{об} , В	I, А	U _{пр} , В	I _{об} , мкА	Корпус
1N4001	50	1 (10)	1,1	10	SOD57
1N4002	100	1 (10)	1,1	10	SOD57
1N4003	200	1 (10)	1,1	10	SOD57
1N4004	400	1 (10)	1,1	10	SOD57
1N4005	600	1 (10)	1,1	10	SOD57

Таблица 2.15 (продолжение)

Тип	$U_{об}$, В	I , А	$U_{пр}$, В	$I_{об}$, мкА	Корпус
1N4006	800	1 (10)	1,1	10	SOD57
1N4007	1000	1 (10)	1,1	10	SOD57
1N5059	200	2 (50)	1,0	1	SOD57
1N5060	400	2 (50)	1,0	1	SOD57
1N5061	600	2 (50)	1,0	1	SOD57
1N5062	800	2 (50)	1,0	1	SOD57
BY527	800 (1250)	2 (50)	1,0	1	SOD57
BYD13D	200	1,4 (20)	1,05	1	SOD81
BYD13G	400	1,4 (20)	1,05	1	SOD81
BYD13J	600	1,4 (20)	1,05	1	SOD81
BYD13K	800	1,4 (20)	1,05	1	SOD81
BYD13M	1000	1,4 (20)	1,05	1	SOD81
BYD17D	200	1,5 (20)	1,05	1	SOD87
BYD17G	400	1,5 (20)	1,05	1	SOD87
BYD17J	600	1,5 (20)	1,05	1	SOD87
BYD17K	800	1,5 (20)	1,05	1	SOD87
BYD17M	1000	1,5 (20)	1,05	1	SOD87
BYM56A	200	3,5 (80)	1,15	1	SOD64
BYM56B	400	3,5 (80)	1,15	1	SOD64
BYM56C	600	3,5 (80)	1,15	1	SOD64
BYM56D	800	3,5 (80)	1,15	1	SOD64
BYM56E	1000	3,5 (80)	1,15	1	SOD64
BYX10G	800 (1600)	1,2 (25)	1,5	1	SOD57
S1A	50	1 (30)	1,1	1	SOD124
S1B	100	1 (30)	1,1	1	SOD124
S1D	200	1 (30)	1,1	1	SOD124
S1G	400	1 (30)	1,1	1	SOD124
S1J	600	1 (30)	1,1	1	SOD124
S1K	800	1 (25)	1,1	5	SOD124
S1M	1000	1 (25)	1,1	5	SOD124

Высоковольтные выпрямители фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

В табл. 2.16 указаны следующие параметры высоковольтных диодов: $U_{об}$ — максимальное обратное напряжение (в скобках — импульсное); I — максимальный прямой ток (в скобках — импульсный); $U_{пр}$ — прямое падение напряжения при максимальном токе; t_n — время переключения.

Характеристики высоковольтных выпрямителей фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR Таблица 2.16

Тип	$U_{об}$, В	I , мА	$U_{пр}$, В	t_n , нс	Корпус
BY505	2200	85	2,0	200	SOD61A
BY584	1800	85	1,5	200	SOD61A
Тип	$U_{об}$, В	I , мА	$U_{пр}$, В	t_n , нс	Корпус
BY614	2200	50	2,0	300	SOD61A
BY8004	4000	20	5,0	100	SOD61A

Таблица 2.16 (продолжение)

Тип	$U_{обр}$, В	I , мА	$U_{пр}$, В	$t_{пр}$, нс	Корпус	Тип	$U_{обр}$, В	I , мА	$U_{пр}$, В	$t_{пр}$, нс	Корпус
BY8006	6000	10	8,0	100	SOD61A	BYX101G	10000	400	9,0	600	SOD88A
BY8008	8000	5	10,0	100	SOD61A	BYX102G	10000	360	9,0	350	SOD88A
BY8010	10000	5	12,0	100	SOD61A	BYX103G	10000	310	9,0	175	SOD88A
BY8012	12000	5	14,0	100	SOD61A	BYX104G	10000	225	9,0	50	SOD88A
BY8014	14000	5	17,0	100	SOD61A	BYX105G	5000	650	4,5	600	SOD88A
BY8016	16000	3	19,0	100	SOD61A	BYX106G	5000	575	4,5	350	SOD88A
BY8104	4000	20	5,0	60	SOD61A	BYX107G	5000	480	4,5	175	SOD88A
BY8106	6000	10	8,0	60	SOD61A	BYX108G	5000	340	4,5	50	SOD88A
BY8108	8000	5	10,0	60	SOD61A	BYX120G	3000	100	3,0	5000	SOD88A
BY8110	10000	5	12,0	60	SOD61A	BYX132G	2000	50	2,0	5000	SOD61A
BY8112	12000	5	14,0	60	SOD61A	BYX132GL	2000	50	2,0	5000	SOD119A
BY8114	14000	5	17,0	60	SOD61A	BYX132GPL	2000	50	2,0	5000	SOD125
BY8116	16000	3	19,0	60	SOD61A	BYX133G	3000	50	3,0	5000	SOD61A
BY8404	4000	20	5,0	100	SOD61A	BYX133GL	3000	50	3,0	5000	SOD119A
BY8406	6000	10	8,0	100	SOD61A	BYX134G	4000	50	4,0	5000	SOD61A
BY8408	8000	5	10,0	100	SOD61A	BYX134GL	4000	50	4,0	5000	SOD119A
BY8410	10000	5	12,0	100	SOD61A	BYX134GP	4000	50	4,0	5000	SOD107A
BY8412	12000	5	14,0	100	SOD61A	BYX134GPL	4000	50	4,0	5000	SOD125
BY8414	14000	5	17,0	100	SOD61A	BYX134GPS	4000	50	4,0	5000	SOD118A
BY8416	16000	3	19,0	100	SOD61A	BYX135G	5000	50	5,0	5000	SOD61A
BY8418	18000	3	22,0	100	SOD61A	BYX135GL	5000	50	5,0	5000	SOD119A
BY8420	20000	3	24,0	100	SOD61A	BYX134GPL	5000	50	5,0	5000	SOD125
BY8424	24000	3	30,0	100	SOD61A	BYX90G	7500	550	6,0	350	SOD83A_

Стандартные симисторы фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

В табл. 2.17 использованы следующие обозначения: I — максимальный рабочий ток; V — максимальное обратное напряжение; $I_{вкл}$ — максимальный ток включения симистора.

Характеристики стандартных симисторов фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Таблица 2.17

Тип	I , А	V , В	$I_{вкл}$, мА	Корпус	Тип	I , А	V , В	$I_{вкл}$, мА	Корпус
BT131W-600	1	600	3	SOT223	BT136-800E	4	800	10	SOT78 (TO220AB)
BT132-600D	4	600	5	SOT54	BT136B-600D	4	600	5	SOT404 (D2PAK)
BT134-600D	4	600	5	SOT82	BT136B-600E	4	600	10	SOT404 (D2PAK)
BT134-800E	4	800	10	SOT82	BT136B-800E	4	800	10	SOT404 (D2PAK)
BT134W-600	18	600	35	SOT223	BT136S-600	4	600	35	SOT428 (DPAK)
BT134W-600D	1	600	5	SOT223	BT136S-600D	4	600	5	SOT428 (DPAK)
BT134W-600E	1	600	10	SOT223	BT136S-600E	4	600	10	SOT428 (DPAK)
BT134W-800	1	800	35	SOT223	BT136S-600F	4	600	25	SOT428 (DPAK)
BT136-600D	4	600	5	SOT78 (TO220AB)	BT136S-800	4	600	35	SOT428 (DPAK)
BT136-600E	4	600	10	SOT78 (TO220AB)	BT136S-800E	4	600	10	SOT428 (DPAK)
BT136-600F	4	600	25	SOT78 (TO220AB)	BT136S-800F	4	600	25	SOT428 (DPAK)

Таблица 2.17 (продолжение)

Тип	I, A	V, B	$I_{\text{норм}}$ мА	Корпус	Тип	I, A	V, B	$I_{\text{норм}}$ мА	Корпус
BT136X-600	4	600	35	SOT186A (TO220F)	BT138B-600E	12	600	25	SOT404 (D2PAK)
BT136X-600D	4	600	5	SOT186A (TO220F)	BT138B-800E	12	800	10	SOT404 (D2PAK)
BT136X-600E	4	600	10	SOT186A (TO220F)	BT138X-600	12	600	35	SOT186A (TO220F)
BT136X-600F	4	600	25	SOT186A (TO220F)	BT138X-600E	12	600	10	SOT186A (TO220F)
BT136X-800	4	800	35	SOT186A (TO220F)	BT138X-600F	12	600	25	SOT186A (TO220F)
BT136X-800E	4	800	10	SOT186A (TO220F)	BT138X-800	12	800	35	SOT186A (TO220F)
BT137-600D	8	600	5	SOT78 (TO220AB)	BT138X-800E	12	800	10	SOT186A (TO220F)
BT137-600E	88	600	10	SOT78 (TO220AB)	BT138X-800F	12	800	25	SOT186A (TO220F)
BT137-600F	8	600	25	SOT78 (TO220AB)	BT139-600E	16	600	10	SOT78 (TO220AB)
BT137-800E	8	800	10	SOT78 (TO220AB)	BT139-600F	16	600	25	SOT78 (TO220AB)
BT136B-600	8	600	35	SOT404 (D2PAK)	BT139-800E	16	800	10	SOT78 (TO220AB)
BT136B-600D	8	600	5	SOT404 (D2PAK)	BT139-800F	16	800	25	SOT78 (TO220AB)
BT136B-600E	8	600	10	SOT404 (D2PAK)	BT139B-600	16	600	35	SOT404 (D2PAK)
BT136B-600F	8	600	25	SOT404 (D2PAK)	BT139B-600E	16	600	10	SOT404 (D2PAK)
BT136B-800	8	600	25	SOT404 (D2PAK)	BT139B-600F	16	600	25	SOT404 (D2PAK)
BT136B-800E	8	800	10	SOT404 (D2PAK)	BT139B-800	16	800	35	SOT404 (D2PAK)
BT136B-800F	8	800	25	SOT404 (D2PAK)	BT139B-800E	16	800	10	SOT404 (D2PAK)
BT137S-600	8	600	35	SOT428 (DPAK)	BT139B-800F	16	800	25	SOT404 (D2PAK)
BT137S-600D	8	600	5	SOT428 (DPAK)	BT139X-600	12	600	10	SOT186A (TO220F)
BT137S-600E	8	600	10	SOT428 (DPAK)	BT139X-600E	12	600	25	SOT186A (TO220F)
BT137S-600F	8	600	25	SOT428 (DPAK)	BT139X-600F	12	600	35	SOT186A (TO220F)
BT137X-600	8	600	35	SOT186A (TO220F)	BT139X-800	12	800	10	SOT186A (TO220F)
BT137X-600D	8	600	5	SOT186A (TO220F)	BTA140-600	25	600	35	SOT78 (TO220AB)
BT137X-600E	8	600	10	SOT186A (TO220F)	BTA140-800	25	800	35	SOT78 (TO220AB)
BT137X-600F	8	600	25	SOT186A (TO220F)	MAC97A6	0,6	400	5	SOT54
BT137X-800	8	800	35	SOT186A (TO220F)	MAC97A8	0,6	400	5	SOT54
BT137X-800E	8	800	10	SOT186A (TO220F)	Z0103MN	1	600	3	SOT223
BT138-600E	12	600	10	SOT78 (TO220AB)	Z0103NN	1	800	3	SOT223
BT138-600F	12	600	25	SOT78 (TO220AB)	Z0107MN	1	600	5	SOT223
BT138-800E	12	800	10	SOT78 (TO220AB)	Z0107NN	1	800	5	SOT223
BT138-800F	12	800	25	SOT78 (TO220AB)	Z0109MN	1	600	10	SOT223
BT138B-600	12	600	35	SOT404 (D2PAK)	Z0109NN	1	800	10	SOT223
BT138B-600D	12	600	10	SOT404 (D2PAK)					

Тиристоры и симисторы фирмы ST MICROELECTRONICS

Параметры тиристоров приведены в табл. 2.18, где I_{oc} — максимальный непрерывный ток в открытом состоянии; U_{sc} — максимальное постоянное напряжение в закрытом состоянии, $I_{\text{отп}}$ — отпирающий ток управления. В табл. 2.19 те же параметры приведены для симисторов фирмы ST Microelectronics.

Параметры тиристоров и симисторов фирмы ST MICROELECTRONICS

Таблица 2.18

Тип	I_{oc} , А	U_{sc} , В	I_{om} , мА	Корпус	Тип	I_{oc} , А	U_{sc} , В	I_{om} , мА	Корпус
MDS35-800	50	800	50	ISOTOP	TYN612	12	600	15	TO-220AB
MDS80-800	85	800	150	ISOTOP	TYN612T	12	600	5	TO-220AB
P0102BL5AA4	0,25	200	0,2	SOT-23	TYN616	16	600	25	TO-220AB
P0102DA1AA3	0,8	400	0,2	TO-92	TYN640	40	600	35	TO-220AB
P0111DA1AA3	0,8	400	0,025	TO-92	TYN816	16	800	25	TO-220AB
P0118DA1AA3	0,8	400	0,05	TO-92	TYN825	25	600	0,2	TO-220AB
N1215-600G-TR	12	600	15	D2PAK	X00602MA1AA2	0,8	600	0,2	TO-92
TN805-600B-TR	8	600	5	DPAK	X0202MA1BA2	1,25	600	0,2	TO-92
TN815-600B-TR	8	600	15	DPAK	X0202MN5BA4	1,25	600	0,2	SOT-223
TS1220-600B-TR	12	600	0,2	DPAK	X0205MA1BA2	1,25	600	0,05	TO-92
TS420-600B-TR	4	600	0,2	DPAK	X0205NA1BA2	1,25	600	0,05	TO-92
TS420-600T	4	600	0,2	TO-220AB	X0402MF1AA2	4	600	0,2	TO202-3
TS820-600T	4	600	0,2	TO-220AB	X0405MF1AA2	4	600	0,05	TO202-3

Параметры симисторов фирмы ST MICROELECTRONICS

Таблица 2.19

Тип	I_{oc} , А	U_{sc} , В	I_{om} , мА	Корпус	Тип	I_{oc} , А	U_{sc} , В	I_{om} , мА	Корпус
BTA06-600B	6	600	50	TO-220AB	BTA16-800BW	16	800	50	TO-220AB
BTA06-600BW	6	600	50	TO-220AB	BTA24-600BW	25	600	50	TO-220AB
BTA06-600C	6	600	25	TO-220AB	BTA24-600BWRG	25	600	50	TO-220AB
BTA06-600CW	6	600	35	TO-220AB	BTA24-800BW	25	800	50	TO-220AB
BTA06-600SW	6	600	10	TO-220AB	BTA25-600B	25	600	50	RD91
BTA08-600B	8	600	50	TO-220AB	BTA25-800B	25	800	50	RD91
BTA08-600BW	8	600	50	TO-220AB	BTA26-600B	25	600	50	TOP-3
BTA08-600C	8	600	25	TO-220AB	BTA26-600BW	25	600	50	TOP-3
BTA08-600SW	8	600	10	TO-220AB	BTA26-800BW	25	800	50	TOP-3
BTA08-600SWRG	8	600	10	TO-220AB	BTA40-600B	40	600	50	RD91
BTA08-600TW	8	600	5	TO-220AB	BTA40-800B	40	800	50	RD91
BTA10-600C	10	600	25	TO-220AB	BTA41-600B	40	600	50	TOP-3
BTA10-600CW	10	600	35	TO-220AB	BTA41-800B	40	800	50	TOP-3
BTA12-600B	12	600	50	TO-220AB	BTB06-600BRG	6	600	50	TO-220AB
BTA12-600BW	12	600	50	TO-220AB	BTB06-600BW	6	600	50	TO-220AB
BTA12-600BWRG	12	600	50	TO-220AB	BTB06-600C	6	600	25	TO-220AB
BTA12-600C	12	600	25	TO-220AB	BTB08-600B	8	600	50	TO-220AB
BTA12-600CWRG	12	600	25	TO-220AB	BTB08-600BW	8	600	50	TO-220AB
BTA12-600SW	12	600	10	TO-220AB	BTB08-600C	8	600	25	TO-220AB
BTA12-800B	12	800	50	TO-220AB	BTB08-600CW	8	600	35	TO-220AB
BTA12-800CWRG	12	800	35	TO-220AB	BTB08-800TW	8	800	5	TO-220AB
BTA16-600B	16	600	50	TO-220AB	BTB10-600BW	10	600	50	TO-220AB
BTA16-600BRG	16	600	50	TO-220AB	BTB10-600BWRG	10	600	5	TO-220AB
BTA16-600BW	16	600	50	TO-220AB	BTB12-600B	12	600	50	TO-220AB
BTA16-600BWRG	16	600	50	TO-220AB	BTB12-600BW	12	600	50	TO-220AB
BTA16-600CW	16	600	35	TO-220AB	BTB12-600BWRG	12	600	50	TO-220AB
BTA16-800B	16	800	50	TO-220AB	BTB12-600CW	12	600	35	TO-220AB

Таблица 2.19 (продолжение)

Тип	I_{oc} , А	U_{ac} , В	$I_{отс}$, мА	Корпус	Тип	I_{oc} , А	U_{ac} , В	$I_{отс}$, мА	Корпус
BTB12-600CWRG	12	600	35	TO-220AB	T410-600T	4	600	10	TO-220AB
BTB12-800B	16	600	50	TO-220AB	T410-600W	4	600	10	ISOWATT
BTB16-600B	16	600	50	TO-220AB	T410-700T	4	700	5	TO-220AB
BTB16-600BW	16	600	50	TO-220AB	T435-600B-TR	4	600	35	DPAK
BTB16-600BWRG	16	600	50	TO-220AB	T435-600T	4	600	35	TO-220AB
BTB16-600CW	16	600	35	TO-220AB	T830-800W	8	800	30	ISOWATT
BTB16-600CWRG	16	600	35	TO-220AB	T835-600B-TR	8	600	35	DPAK
BTB16-800B	16	800	50	TO-220AB	T835-600G-TR	8	600	35	D2PAK
BTB16-800BW	16	800	50	TO-220AB	Z00607MA1BA2	0,8	600	5	TO-92
BTB24-600BW	25	600	50	TO-220AB	Z0103MA1AA2	1	600	3	TO-92
BTB24-600BWRG	25	600	50	TO-220AB	Z0103MN5AA4	1	800	3	SOT-223
BTB24-600CW	25	600	35	TO-220AB	Z0107MA1AA2	1	600	5	TO-92
BTB41-600B	40	600	50	TOP-3	Z0107SN5AA4	1	700	5	SOT-223
BTB41-600BRG	40	600	50	TOP-3	Z0109MN5AA4	1	600	10	SOT-223
BTW69-1200	50	1200	80	TOP-3	Z0109SN5AA4	1	700	10	SOT-223
BTW69-600	50	600	80	TOP-3	Z0402MF1AA2	4	600	3	TO202-3
BTW69-800	50	800	80	TOP-3	Z0405MF1AA2	4	600	5	TO202-3
T405-600B-TR	4	600	5	DPAK	Z0405NF1AA2	4	800	5	TO202-3
T405-600T	4	600	5	TO-220AB	Z0409MF1AA2	4	600	10	TO202-3
T410-600B-TR	4	600	10	DPAK	Z0409NF1AA2	4	800	10	TO202-3
T410-600H	4	600	10	DPAK	Z0410MF1AA2	4	600	25	TO202-3

Стандартные тиристоры фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

В табл. 2.20 использованы следующие обозначения: I — максимальный рабочий ток; V — максимальное обратное напряжение; $I_{вкл}$ — максимальный ток включения тиристора; $U_{вкл}$ — напряжение включения тиристора; di/dt — скорость изменения тока после включения; R_t — термическое сопротивление.

Параметры стандартных тиристоров фирмы PHILIPS SEMICONDUCTOR

Таблица 2.20

Тип	I , А	V , В	$I_{вкл}$, мА	$U_{вкл}$, В	di/dt , А/мкс	R_t , °C/Вт	Корпус
BT145-800R	25	800	35	0,6	200	60	SOT78
BT148-400R	4	400	0,2	0,4	50	95	SOT82
BT148-500R	4	500	0,2	0,4	50	95	SOT82
BT148-600R	4	600	0,2	0,4	50	95	SOT82
BT148W-400R	1	400	0,2	0,4	50	95	SOT223
BT148W-600R	1	600	0,2	0,4	50	95	SOT223
BT149B	0,8	200	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT149D	0,8	400	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT149G	0,8	600	0,2	0,5	50	150	TO-92

Таблица 2.20 (продолжение)

Тип	I, A	V, B	$I_{вкл}$, mA	$U_{вкл}$, B	di/dt , A/ мкс	R_{θ} , °C/Вт	Корпус
BT150-500R	4	500	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT150S-500R	4	600	0,2	0,4	50	60	SOT428
BT151-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT78
BT151-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT78
BT151-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT78
BT151B-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT404
BT151B-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT404
BT151B-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT404
BT151S-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT428
BT151S-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT428
BT151S-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT428
BT151X-500R	12	500	15	0,6	50	60	SOT186A
BT151X-650R	12	650	15	0,6	50	60	SOT186A
BT151X-800R	12	800	15	0,6	50	60	SOT186A
BT152-400R	20	400	32	0,6	200	60	SOT78
BT152-600R	20	600	32	0,6	200	60	SOT78
BT152-800R	20	800	32	0,6	200	60	SOT78
BT152B-400R	20	400	32	0,6	200	60	SOT404
BT152B-600R	20	600	32	0,6	200	60	SOT404
BT152B-800R	20	800	32	0,6	200	60	SOT404
BT152X-400R	20	400	32	0,6	200	60	SOT186A
BT152X-600R	20	600	32	0,6	200	60	SOT186A
BT152X-800R	20	800	32	0,6	200	60	SOT186A
BT168E	0,8	500	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT168G	0,8	600	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT168GW	0,8	500	0,2	0,5	50	150	SOT223
BT169B	0,8	200	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT169D	0,8	400	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT169E	0,8	500	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT169G	0,8	600	0,2	0,5	50	150	TO-92
BT258-500R	8	500	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT258-600R	8	600	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT258-800R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT78
BT258S-800R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT428
BT258U-600R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT533
BT258X-500R	8	500	0,2	0,4	50	60	SOT186A
BT258X-600R	8	600	0,2	0,4	50	60	SOT186A
BT258X-800R	8	800	0,2	0,4	50	60	SOT186A
BT300-600R	8	600	15	0,6	50	60	SOT78
BT300S-600R	8	600	15	0,6	50	60	SOT428
BTA151-650R	12	650	4	1,4	50	60	SOT82

2.4. ТРАНЗИСТОРЫ

2.4.1. Первое знакомство

Разновидности транзисторов



Определение.

Транзистор (от англ. *transfer* — переносить и *resistance* — сопротивление или *transconductance* — активная межэлектродная проводимость и *varistor* — переменное сопротивление) — электронный прибор из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, позволяющий входным сигналам управлять током в электрической цепи.

Транзисторы используются обычно для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов.

Принцип действия

Управление током в выходной цепи осуществляется за счет изменения входного напряжения или тока. Небольшое изменение входных величин может приводить к существенно большему изменению выходного напряжения и тока. Это усилительное свойство транзисторов используется в аналоговой технике (аналоговые ТВ, радио, связь).

В настоящее время в аналоговой технике доминируют **биполярные транзисторы** (международный термин — BJT, bipolar junction transistor). Другой важнейшей отраслью электроники является цифровая техника (логика, память, процессоры, компьютеры, цифровая связь), где, напротив, биполярные транзисторы почти полностью вытеснены **полевыми**.



Определение.

Полевой транзистор — это полупроводниковый прибор, через который протекает поток основных носителей зарядов, регулируемый поперечным электрическим полем. Оно создается напряжением, приложенным между затвором и стоком или между затвором и истоком.

Протекание в полевом транзисторе рабочего тока обусловлено носителями заряда только одного знака (электронами или дырками), поэтому такие приборы часто включают в более широкий класс униполярных электронных приборов (в отличие от биполярных).

Вся современная цифровая техника построена, в основном, на **полевых МОП** (металл-оксид-полупроводник)-транзисторах (МОПТ), как более экономичных, по сравнению с биполярными, элементах. Иногда

их называют МДП (металл-диэлектрик-полупроводник)- транзисторы. Международный термин — MOSFET (metal-oxide-semiconductor field effect transistor).

Транзисторы изготавливаются в рамках интегральной технологии на одном кремниевом кристалле (чипе) и составляют элементарный «кирпичик» для построения микросхем логики, памяти, процессора и т. п. Размеры современных МОПТ составляют от 90 до 32 нм. На одном современном чипе (обычно размером 1—2 см²) размещаются несколько (пока единицы) миллиардов МОПТ.

На протяжении 60 лет происходит уменьшение размеров (миниатюризация) МОПТ и увеличение их количества на одном чипе (степень интеграции), в ближайшие годы ожидается дальнейшее увеличение степени интеграции транзисторов на чипе. Уменьшение размеров МОПТ приводит также к повышению быстродействия процессоров.

2.4.2. Характеристики отечественных биполярных транзисторов

Обозначение основных параметров

В табл. 2.21 параметры транзисторов обозначаются следующим образом: $F_{гр}$ — граничная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером; $H_{21э}$ — статический коэффициент передачи тока биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером; $I_{C\max}$ — максимально допустимый постоянный ток стока; $I_{C\text{нач}}$ — начальный ток стока; $I_{C\text{ост}}$ — остаточный ток стока; $I_{K\max}$ — максимально допустимый постоянный ток коллектора; $I_{K\max и}$ — максимально допустимый импульсный ток коллектора; I_{KBO} — обратный ток коллектора; $R_{СИ\text{отк}}$ — сопротивление сток-исток в открытом состоянии; S — крутизна характеристики; $U_{ЗИ\max}$ — максимально допустимое напряжение затвор-исток; $U_{ЗИ\text{отс}}$ — напряжение отсечки транзистора, при котором ток стока достигает заданного низкого значения (для полевых транзисторов с р-п переходом, и с изолированным затвором); $U_{ЗИ\text{пор}}$ — пороговое напряжение транзистора между затвором и стоком, при котором ток стока достигает заданного низкого значения (для полевых транзисторов с изолированным затвором и n-каналом); U_{KBO} — максимально допустимое напряжение коллектор-база; $U_{KBO и}$ — максимально допустимое импульсное напряжение коллектор-база; $U_{кэн}$ — напряжение насыщения коллектор-эмиттер; $U_{кэо}$ — мак-

симально допустимое напряжение коллектор-эмиттер; $U_{кЭ0}$ — максимально допустимое импульсное напряжение коллектор-эмиттер; $U_{СИ\max}$ — максимально допустимое напряжение сток-исток; $U_{СИ0}$ — напряжение сток-исток при оборванном затворе; $K_{ш}$ — коэффициент шума биполярного (полевого) транзистора $P_{к\max}$ — максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность коллектора без теплоотвода; $P_{к\max\tau}$ — максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность коллектора с теплоотводом; $P_{СИ\max}$ — максимально допустимая постоянная рассеиваемая мощность сток-исток.

Значение со звездочкой (*) приводится для импульсного режима. Если приводится два значения параметра через черточку, это означает минимальное и максимальное значение.



Интернет.

Корпуса рассмотренных транзисторов приводятся в Интернете, например, на сайте <http://cxem.net/sprav/sprav43.php>.

Параметры отечественных биполярных транзисторов

Параметры отечественных биполярных транзисторов приведены в табл. 2.21.

Параметры отечественных биполярных транзисторов

Таблица 2.21

Тип	Струк.	$U_{кЭ0}$ (н) В	$U_{кЭ0}$ (н) В	$I_{к\max}$ (н) мА	$P_{к\max}$ (н) Вт	$h_{121э}$	$I_{кЭ0}$ мкА	$f_{гр}$ МГц	$K_{ш}$ дБ
1Т813А	р-п-р	100	100	30 (40)А	1,5 (50)	10, 60	16мА	≥ 5	-
1Т813Б	р-п-р	125	125	30 (40)А	1,5 (50)	10, 60	16мА	≥ 5	-
1Т813В	р-п-р	150	150	30 (40)А	1,5 (50)	10, 60	16мА	≥ 5	-
2Т709А2*	р-п-р	100	100	10 (20)А	1(30)	≥ 500	1мА	≥ 5	<2
2Т709Б2*	р-п-р	80	80	10 (20)А	1(30)	≥ 750	1 нА	≥ 5	<2
2Т709В2*	р-п-р	60	60	10 (20)А	1(30)	≥ 750	1мА	≥ 5	<2
2Т713А	п-п-п	2500	2500	3А	50	5, 20	1мА	$\geq 1,5$	<1
2Т716АГ*	п-п-п	100	100	10 (20)А	1(30)	≥ 500	1мА	≥ 5	<2
2Т716Б1*	п-п-п	80	80	10 (20)А	1(30)	≥ 750	1мА	≥ 5	<2
2Т716В1*	п-п-п	60	60	10 (20)А	1(30)	≥ 750	1мА	≥ 5	<2
2Т812А	п-п-п	700	700	10 (17)А	50	≥ 5	5мА	≥ 3	<2,5
2Т812Б	п-п-п	500	500	10 (17)А	50	≥ 5	5мА	≥ 3	<2,5
2Т818Б	р-п-р	80	80	15 (20)А	3 (100)	20, 225	1мА	≥ 3	<1
2Т818В	р-п-р	60	60	15 (20)А	3 (100)	20, 225	1мА	≥ 3	<1
2Т819А	р-п-р	100	100	15 (20)А	3 (100)	20, 225	1мА	≥ 3	<1
2Т819Б	р-п-р	80	80	15 (20)А	3 (100)	20, 225	1мА	≥ 3	<1
2Т819В	р-п-р	60	60	15 (20)А	3 (100)	20, 225	1мА	≥ 3	<1
2Т825А*	р-п-р	100	100	20 (40)А	160	500, 18000	1мА	≥ 4	<2
2Т825Б*	р-п-р	80	80	20 (40)А	160	750, 18000	1мА	≥ 4	<2
2Т825В*	р-п-р	60	60	20 (40)А	160	750, 18000	1мА	≥ 4	<2

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{к50}$ (н) ^г В	$U_{к30}$ (н) ^г В	$I_{кmax}$ (н) ^г мА	$P_{кmax}$ (н) ^г Вт	h121э	$I_{к50}$ мкА	$f_{гг}$ МГц	$K_{ш}$ дБ
ГТ313А	р-н-р	15	15	30	0,1	20, 250	5	≥300	-
ГТ313Б	р-н-р	15	15	30	0,1	20, 250	5	≥450	-
ГТ313В	р-н-р	15	15	30	0,1	30, 170	5	≥350	-
ГТ328А	р-н-р	15	15	10	0,05	20, 200	10	≥400	7
ГТ328Б	р-н-р	15	15	10	0,05	40, 200	10	≥300	7
ГТ328В	р-н-р	15	15	10	0,05	10, 70	10	≥300	7
ГТ346А	р-н-р	20	20	10	0,05	10, 150	10	≥700	3
ГТ346Б	р-н-р	20	20	10	0,05	10, 150	10	≥550	5,5
ГТ346В	р-н-р	20	20	10	0,05	15, 150	10	≥550	6
ГТ806А	р-н-р	75	75	15А	2 (30)	10, 100	15мА	≥10	-
ГТ806Б	р-н-р	100	100	15А	2 (30)	10, 100	15мА	≥10	-
ГТ806В	р-н-р	120	120	15А	2 (30)	10, 100	15мА	≥10	-
ГТ806Г	р-н-р	50	50	15А	2 (30)	10, 100	15мА	≥10	-
ГТ806Д	р-н-р	140	140	15А	2 (30)	10, 100	15мА	≥10	-
ГТ905А	р-н-р	75	75	3 (7)А	6	35, 100	20мА	≥60	-
ГТ905Б	р-н-р	60	60	3 (7)А	6	35, 100	20мА	≥60	-
ГТ906А(М)	р-н-р	75	75	6А	15	30, 150	8мА	≥30	-
КТ117А	н-база	30	30	50 (1А)	0,3	0,5, 0,7	1	0,2	-
КТ117Б	н-база	30	30	50 (1А)	0,3	0,65, 0,9	1	0,2	-
КТ117В	н-база	30	30	50 (1А)	0,3	0,5, 0,7	1	0,2	-
КТ201Б(М)	н-р-н	20	20	20 (100)	0,15	30, 90	1	≥10	-
КТ201В(М)	н-р-н	10	10	20 (100)	0,15	30, 90	1	≥10	-
КТ201Г(М)	н-р-н	10	10	20 (100)	0,15	70, 210	1	≥10	-
КТ201Д(М)	н-р-н	10	10	20 (100)	0,15	30, 90	1	≥10	15
КТ203А(М)	р-н-р	60	60	10 (50)	0,15	≥9	1	≥5	-
КТ203Б(М)	р-н-р	30	30	10 (50)	0,15	30, 150	1	≥5	-
КТ203В(М)	р-н-р	15	15	10 (50)	0,15	30, 200	1	≥5	-
КТ208А(1)	р-н-р	20	20	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥5	-
КТ208Б(1)	р-н-р	20	20	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥5	-
КТ208В(1)	р-н-р	20	20	300 (500)	0,2	80, 240	1	≥5	4
КТ208Г(1)	р-н-р	30	30	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥5	-
КТ208Д(1)	р-н-р	30	30	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥5	-
КТ208Е(1)	р-н-р	30	30	300 (500)	0,2	80, 240	1	≥5	4
КТ208Ж(1)	р-н-р	45	45	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥5	-
КТ208И(1)	р-н-р	45	45	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥5	-
КТ208К(1)	р-н-р	45	45	300 (500)	0,2	80, 240	1	≥5	4
КТ208Л(1)	р-н-р	60	60	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥5	-
КТ208М(1)	р-н-р	60	60	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥5	-
КТ209А	р-н-р	15	15	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥5	-
КТ209Б	р-н-р	15	15	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥5	-
КТ209Б1	р-н-р	15	15	300 (500)	0,2	≥12	1	≥5	-
КТ209В	р-н-р	15	15	300 (500)	0,2	80, 240	1	≥5	5
КТ209В1	р-н-р	15	15	300 (500)	0,2	≥30	1	≥5	5
КТ209В2	р-н-р	15	15	300 (500)	0,2	≥200	1	≥5	5
КТ209Г	р-н-р	30	30	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥5	-
КТ209Д	р-н-р	30	30	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥5	-
КТ209Е	р-н-р	30	30	300 (500)	0,2	80, 240	1	≥5	5
КТ209Ж	р-н-р	45	45	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥5	-
КТ209И	р-н-р	45	45	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥5	-

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{к50} (н) / В$	$U_{к30} (н) / В$	$I_{кmax} (н) / мА$	$P_{кmax} (н) / Вт$	h121э	$I_{к50} / мкА$	$f_{гг} / МГц$	$K_{ш} / дБ$
КТ209К	р-н-р	45	45	300 (500)	0,2	80, 160	1	≥ 5	5
КТ209Л	р-н-р	60	60	300 (500)	0,2	20, 60	1	≥ 5	-
КТ209М	р-н-р	60	60	300 (500)	0,2	40, 120	1	≥ 5	-
КТ306Б(М)	н-р-н	15	10	30 (50)	0,15	40, 120	0,5	≥ 500	-
КТ306В(М)	н-р-н	15	10	30 (50)	0,15	20, 100	0,5	≥ 300	-
КТ306Г(М)	н-р-н	15	10	30 (50)	0,15	40, 200	0,5	≥ 500	-
КТ306Д(М)	н-р-н	15	10	30 (50)	0,15	30, 150	0,5	≥ 200	-
КТ3101А-2	н-р-н	15	15	20 (40)	0,1	35, 300	0,5	≥ 4000	4,5
КТ3102К(М)	н-р-н	20	20	100 (200)	0,25	200, 500	0,015	≥ 150	-
КТ3102А(М)	н-р-н	50	50	100 (200)	0,25	100, 200	0,05	≥ 150	10
КТ3102Б(М)	н-р-н	50	50	100 (200)	0,25	200, 500	0,05	≥ 150	10
КТ3102В(М)	н-р-н	30	30	100 (200)	0,25	200, 500	0,015	≥ 150	10
КТ3102Г(М)	н-р-н	20	20	100 (200)	0,25	400, 1000	0,015	≥ 150	10
КТ3102Д(М)	н-р-н	30	30	100 (200)	0,25	200, 500	0,015	≥ 150	4
КТ3102Е(М)	н-р-н	20	20	100 (200)	0,25	400, 1000	0,015	≥ 150	4
КТ3102Ж(М)	н-р-н	20	20	100 (200)	0,25	100, 250	0,05	≥ 150	-
КТ3102И(М)	н-р-н	20	20	100 (200)	0,25	200, 500	0,05	≥ 150	-
КТ3107А	р-н-р	50	45	100 (200)	0,3	70, 140	0,1	≥ 200	10
КТ3107Б	р-н-р	50	45	100 (200)	0,3	120, 220	0,1	≥ 200	10
КТ3107Г	р-н-р	30	25	100 (200)	0,3	120, 220	0,1	≥ 200	10
КТ3107Д	р-н-р	30	25	100 (200)	0,3	180, 460	0,1	≥ 200	10
КТ3107Е	р-н-р	25	20	100 (200)	0,3	120, 220	0,1	≥ 200	4
КТ3107Ж	р-н-р	25	20	100 (200)	0,3	180, 460	0,1	≥ 200	4
КТ3107И	р-н-р	50	45	100 (200)	0,3	180, 460	0,1	≥ 200	10
КТ3107К	р-н-р	30	25	100 (200)	0,3	380, 800	0,1	≥ 200	10
КТ3107Л	р-н-р	25	20	100 (200)	0,3	380, 800	0,1	≥ 200	4
КТ3108А	р-н-р	60	60	200	0,3	50, 150	0,2	≥ 250	6
КТ3108Б	р-н-р	45	45	200	0,3	50, 150	0,2	≥ 250	6
КТ3108В	р-н-р	45	45	200	0,3	100, 300	0,2	≥ 300	6
КТ3109А	р-н-р	30	25	50	0,17	≥ 20	0,1	≥ 800	6
КТ3109Б	р-н-р	25	20	50	0,17	≥ 20	0,1	≥ 300	7
КТ3109В	р-н-р	25	20	50	0,17	≥ 15	0,1	≥ 600	8
КТ3115А-2	н-р-н	10	10	8,5	0,07	≥ 15	0,5	≥ 5800	5
КТ3115В-2	н-р-н	10	10	8,5	0,07	≥ 15	0,5	≥ 5800	6
КТ3117А(1)	н-р-н	60	60	400 (800)	0,3	40, 200	10	≥ 200	-
КТ3117Б	н-р-н	75	75	400 (800)	0,3	100, 300	10	≥ 200	-
КТ3120А	н-р-н	15	15	20 (40)	0,1	≥ 15	0,5	≥ 1800	2
КТ3123А-2	р-н-р	15	15	30(50)	0,15	≥ 40	0,01	≥ 5000	2,4
КТ3123Б-2	р-н-р	15	15	30 (50)	0,15	≥ 40	0,01	≥ 5000	3
КТ3123В-2	р-н-р	10	10	30 (50)	0,15	≥ 40	0,01	≥ 5000	2,4
КТ3126А	р-н-р	20	20	20	0,15	25, 100	1	≥ 500	5
КТ3126Б	р-н-р	20	20	20	0,15	60, 180	1	≥ 500	5
КТ3127А	р-н-р	20	20	25	0,1	25, 150	1	≥ 600	5
КТ3128А(1)	р-н-р	40	40	20	0,1	15, 150	1	≥ 800	-
КТ3129А-9	р-н-р	50	50	100 (200)	0,075	30, 120	1	≥ 200	-
КТ3129Б-9	р-н-р	50	50	100 (200)	0,075	80, 250	1	≥ 200	-
КТ3129В-9	р-н-р	30	30	100 (200)	0,075	80, 250	1	≥ 200	-
КТ3129Г-9	р-н-р	30	30	100 (200)	0,075	200, 500	1	≥ 200	-
КТ3129Д-9	р-н-р	20	20	100 (200)	0,075	200, 500	1	≥ 200	-

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{КЭО} (н)^\circ$ В	$U_{КЭО} (н)^\circ$ В	$I_{Кмакс} (н)^\circ$ мА	$P_{Кмакс} (н)^\circ$ Вт	h121э	$I_{КЭО}^\circ$ мкА	$f_{пз}^\circ$ МГц	$K_{ш}^\circ$ дБ
КТ312А	п-р-п	20	20	30 (60)	0,225	10, 100	10	≥ 280	-
КТ312Б	п-р-п	35	35	30 (60)	0,225	25, 100	10	≥ 120	-
КТ312В	п-р-п	20	20	30 (60)	0,225	50, 280	10	≥ 120	-
КТ3130А-9	п-р-п	50	50	100	0,1	100, 250	0,1	≥ 150	10
КТ3130Б-9	п-р-п	50	50	100	0,1	200, 500	0,1	≥ 150	10
КТ3130В-9	п-р-п	30	30	100	0,1	200, 500	0,1	≥ 150	10
КТ3130Г-9	п-р-п	20	20	100	0,1	400, 1000	50,1	≥ 150	10
КТ3130Д-9	п-р-п	30	30	100	0,1	200, 500	0,1	≥ 150	10
КТ3130Е-9	п-р-п	20	20	100	0,1	400, 1000	0,1	≥ 150	4
КТ3130Ж-9	п-р-п	30	30	100	0,1	100, 500	0,1	≥ 150	4
КТ313А(М)	р-п-р	60	60	350 (700)	0,3	30, 120	0,5	≥ 200	-
КТ313Б(М)	р-п-р	60	60	350 (700)	0,3	80, 300	0,5	≥ 200	-
КТ3157А	р-п-р	250	250	30 (100)	0,2	≥ 50	0,1	≥ 60	-
КТ315Н	п-р-п	20	20	100	0,1	50, 350	0,6	≥ 250	-
КТ315А	п-р-п	25	25	100	0,15	30, 120	0,5	≥ 250	-
КТ315Б	п-р-п	20	20	100	0,15	50, 350	0,5	≥ 250	-
КТ315В	п-р-п	40	40	100	0,15	30, 120	0,5	≥ 250	-
КТ315Г	п-р-п	35	35	100	0,15	50, 350	0,5	≥ 250	-
КТ315Г1	п-р-п	35	35	100	0,15	100, 350	0,5	≥ 250	-
КТ315Д	п-р-п	40	40	100	0,15	20, 90	0,6	≥ 250	-
КТ315Е	п-р-п	35	35	100	0,15	50, 350	0,6	≥ 250	-
КТ315Ж	п-р-п	20	20	50	0,1	30, 250	0,01	≥ 250	-
КТ315И	п-р-п	60	60	50	0,1	≥ 30	0,1	≥ 250	-
КТ315Р	п-р-п	35	35	100	0,1	150, 350	0,5	≥ 250	-
КТ3168А-9	п-р-п	15	15	28 (56)	0,18	60, 180	0,5	≥ 3000	3
КТ316А(М)	п-р-п	10	10	50	0,15	20, 60	0,5	≥ 600	-
КТ316Б(М)	п-р-п	10	10	50	0,15	40, 120	0,5	≥ 800	-
КТ316В(М)	п-р-п	10	10	50	0,15	40, 120	0,5	≥ 800	-
КТ316Г(М)	п-р-п	10	10	50	0,15	20, 100	0,5	≥ 600	-
КТ316Д(М)	п-р-п	10	10	50	0,15	60, 300	0,5	≥ 800	-
КТ325А(М)	п-р-п	15	15	30 (60)	0,225	30, 90	0,5	≥ 800	-
КТ325Б(М)	п-р-п	15	15	30 (60)	0,225	70, 210	0,5	≥ 800	-
КТ325В(М)	п-р-п	15	15	30 (60)	0,225	160, 400	0,5	≥ 1000	-
КТ326А(М)	р-п-р	20	15	50	0,2	20, 70	0,5	≥ 250	-
КТ326Б(М)	р-п-р	20	15	50	0,2	45, 160	0,5	≥ 400	-
КТ339А(М)	п-р-п	40	25	25	0,26	≥ 25	1	≥ 300	-
КТ339Б	п-р-п	25	15	25	0,26	≥ 15	1	≥ 250	-
КТ339В	п-р-п	40	25	25	0,26	≥ 25	1	≥ 450	-
КТ339Г	п-р-п	40	25	25	0,26	≥ 40	1	≥ 250	-
КТ339Д	п-р-п	40	25	25	0,26	≥ 15	1	≥ 250	-
КТ342А(М)	п-р-п	25	30	50 (300)	0,25	100, 250	0,05	≥ 250	-
КТ342Б(М)	п-р-п	20	25	50 (300)	0,25	200, 500	0,05	≥ 300	-
КТ342В(М)	п-р-п	10	10	50 (300)	0,25	400, 1000	0,05	≥ 300	-
КТ342ГМ	п-р-п	25	30	50 (300)	0,25	100, 250	0,05	≥ 200	-
КТ342ДМ	п-р-п	20	25	50 (300)	0,25	200, 500	0,05	≥ 200	-
КТ345А	р-п-р	20	20	200 (300)	0,3	≥ 20	0,5	≥ 350	-
КТ345Б	р-п-р	20	20	200 (300)	0,3	≥ 50	0,5	≥ 350	-
КТ345В	р-п-р	20	20	200 (300)	0,3	≥ 70	0,5	≥ 350	-
КТ347А	р-п-р	15	15	50 (110)	0,15	30, 400	1	≥ 500	-

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{к50}$ (н) В	$U_{к30}$ (н) В	$I_{кmax}$ (н) мА	$P_{кmax}$ (н) Вт	h121э	$I_{к50}$ мкА	$f_{гр}$ МГц	$K_{ш}$ дБ
КТ347Б	р-п-р	9	9	50 (110)	0,15	30, 400	1	≥500	-
КТ347В	р-п-р	6	6	50 (110)	0,15	50, 400	1	≥200	-
КТ349А	р-п-р	20	15	50 (100)	0,2	20, 80	1	≥300	-
КТ349Б	р-п-р	20	15	50 (100)	0,2	40, 160	1	≥300	-
КТ349В	р-п-р	20	15	50 (100)	0,2	120, 300	1	≥300	-
КТ350А	р-п-р	20	20	600	0,3	20, 200	1	≥100	-
КТ351А	р-п-р	20	15	-400	0,3	20, 80	1	≥200	-
КТ351Б	р-п-р	20	15	-400	0,3	50, 200	1	≥200	-
КТ352А	р-п-р	20	15	-200	0,3	25, 125	1	≥200	-
КТ352Б	р-п-р	20	15	-200	0,3	70, 300	1	≥200	-
КТ355АМ	н-р-п	15	15	30 (60)	0,225	80, 300	0,5	≥1500	5,5
КТ361А	р-п-р	25	25	100	0,15	20, 90	1	≥250	-
КТ361Б	р-п-р	20	20	100	0,15	50, 350	1	≥250	-
КТ361В	р-п-р	40	40	100	0,15	40, 160	1	≥250	-
КТ361Г	р-п-р	35	35	100	0,15	50, 350	1	≥250	-
КТ361Г1	р-п-р	35	35	100	0,15	100, 350	1	≥250	-
КТ361Д	р-п-р	40	40	50	0,15	20, 90	1	≥250	-
КТ361Е	р-п-р	35	35	50	0,15	50, 350	1	≥250	-
КТ361И	р-п-р	15	15	50	0,15	≥250	1	≥250	-
КТ361К	р-п-р	60	60	50	0,15	50, 350	1	≥250	-
КТ363А(М)	р-п-р	15	15	30 (50)	0,15	20, 120	0,5	≥1000	-
КТ363Б(М)	р-п-р	15	12	30 (50)	0,15	40, 120	0,5	≥1500	-
КТ368А(М)	н-р-п	15	15	30 (60)	0,225	50, 450	0,5	≥900	3,3
КТ371А	н-р-п	10	10	20 (40)	0,1	30, 240	0,5	≥3000	5
КТ372А	н-р-п	15	15	10	0,05	≥10	0,5	≥2400	3,5
КТ372Б	н-р-п	15	15	10	0,05	≥10	0,5	≥3000	5,5
КТ382А(М)	н-р-п	15	10	20 (40)	0,1	40, 330	0,5	≥1800	3
КТ382Б(М)	н-р-п	15	10	20 (40)	0,1	40, 330	0,5	≥1800	4,5
КТ391А-2	н-р-п	15	10	10	0,07	≥20	0,5	≥5000	4,5
КТ391Б-2	н-р-п	15	10	10	0,07	≥20	0,6	≥5000	5,5
КТ391В-2	н-р-п	10	10	10	0,07	≥20	0,5	≥4000	в
КТ399А	н-р-п	15	15	20 (40)	0,15	≥40	0,5	≥21800	2
КТ399АМ	н-р-п	15	15	30 (60)	0,15	≥40	0,5	≥21800	2
КТ3Б1Ж	р-п-р	10	10	50	0,15	50, 350	1	≥250	-
КТ3ЕВБ(М)	н-р-п	15	15	30 (60)	0,225	50, 450	0,5	≥900	-
КТ3ОВА(М)	н-р-п	15	10	30 (50)	0,15	20, 60	0,5	≥300	-
КТ501А	р-п-р	15	15	300 (500)	0,35	20, 60	1	≥5	-
КТ501Б	р-п-р	15	15	300 (500)	0,35	40, 120	1	≥5	-
КТ501В	р-п-р	15	15	300 (500)	0,35	80, 240	1	≥5	4
КТ501Г	р-п-р	30	30	300 (500)	0,35	20, 60	1	≥5	-
КТ501Д	р-п-р	30	30	300 (500)	0,35	40, 120	1	≥5	-
КТ501Е	р-п-р	30	30	300 (500)	0,35	80, 240	1	≥5	4
КТ501Ж	р-п-р	45	45	300 (500)	0,35	20, 60	1	≥5	-
КТ501И	р-п-р	45	45	300 (500)	0,35	40, 120	1	≥5	-
КТ501К	р-п-р	45	45	300 (500)	0,35	80, 240	1	≥5	4
КТ501Л	р-п-р	60	60	300 (500)	0,35	20, 60	1	≥5	-
КТ501М	р-п-р	60	60	300 (500)	0,35	40, 120	1	≥5	-
КТ502А	р-п-р	40	25	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥350	-
КТ502Б	р-п-р	40	25	150 (350)	0,35	80, 240	1	≥350	-

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{КЭО} (н)^\circ$ В	$U_{КЭО} (н)^\circ$ В	$I_{Кмакс} (н)^\circ$ мА	$P_{Кмакс} (н)^\circ$ Вт	h121э	$I_{КЭО}^\circ$ мкА	$f_{гг}^\circ$ МГц	$K_{ш}^\circ$ дБ
КТ502В	р-п-р	60	40	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥ 350	-
КТ502Г	р-п-р	60	40	150 (350)	0,35	80, 240	1	≥ 350	-
КТ502Д	р-п-р	80	60	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥ 350	-
КТ502Е	р-п-р	90	60	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥ 350	-
КТ503А	п-р-п	40	25	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥ 350	-
КТ503В	п-р-п	40	25	150 (350)	0,35	80, 240	1	≥ 350	-
КТ503В	п-р-п	60	40	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥ 350	-
КТ503Г	п-р-п	60	40	150 (350)	0,35	80, 240	1	≥ 350	-
КТ503Д	п-р-п	80	60	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥ 350	-
КТ503Е	п-р-п	100	80	150 (350)	0,35	40, 120	1	≥ 350	-
КТ504А	п-р-п	400	350	1 (2)А	1 (10)	15, 100	100	≥ 20	-
КТ504Б	п-р-п	250	200	1 (2)А	1 (10)	15, 100	100	≥ 20	-
КТ504В	п-р-п	300	275	1 (2)А	1 (10)	15, 100	100	≥ 20	-
КТ505А	р-п-р	300	300	1 (2)А	1 (10)	25, 140	100	≥ 20	-
КТ505Б	р-п-р	250	250	1 (2)А	1 (10)	25, 140	100	≥ 20	-
КТ506А	п-р-п	800	600	2 (5)А	0,8 (10)	30, 150	1 МА	≥ 10	-
КТ506Б	п-р-п	600	600	2 (5)А	0,8 (10)	30, 150	1 МА	≥ 10	-
КТ601А(М)	п-р-п	100	100	30	0,25 (0,5)	216	50	≥ 40	-
КТ602А(М)	п-р-п	120	100	75 (500)	0,85 (2,8)	20, 80	70	≥ 150	-
КТ602Б(М)	п-р-п	120	100	75 (500)	0,85 (2,8)	50, 200	70	≥ 150	-
КТ602В	п-р-п	80	80	75 (300)	0,85 (2,8)	15, 80	70	≥ 150	-
КТ602Г	п-р-п	80	80	75 (300)	0,85 (2,8)	250	70	≥ 150	-
КТ603А	п-р-п	30	30	300 (600)	0,5	10, 80	10	≥ 200	<1
КТ603Б	п-р-п	30	30	300 (600)	0,5	≥ 60	10	≥ 200	<1
КТ603В	п-р-п	15	15	300 (600)	0,5	10, 80	5	≥ 200	<1
КТ603Г	п-р-п	15	15	300 (800)	0,5	≥ 60	5	≥ 200	<1
КТ603Д	п-р-п	10	10	300 (600)	0,5	20, 80	1	≥ 200	<1
КТ603Е	п-р-п	10	10	300 (600)	0,5	60, 200	1	≥ 200	<1
КТ603И	п-р-п	30	30	300 (600)	0,5	≥ 20	10	≥ 200	<1
КТ604А(М)	п-р-п	300	250	200	0,8(3)	10, 40	20	≥ 40	<8
КТ604Б(М)	п-р-п	300	250	200	0,8 (3)	30, 120	20	≥ 40	<8
КТ605А(М)	п-р-п	300	250	100 (200)	0,4	10, 40	20	≥ 40	<8
КТ605Б(М)	п-р-п	300	250	100 (200)	0,4	30, 120	20	≥ 40	<8
КТ608Б	п-р-п	60(80)	60 (80)	400 (800)	0,5	40, 160	10	≥ 200	<1
КТ611БМ	п-р-п	200	180	100	0,8 (3)	30, 120	100	≥ 60	<0,8
КТ6127А	р-п-р	90	90	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	<0,15
КТ6127Б	р-п-р	70	70	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	0,15
КТ6127В	р-п-р	50	50	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,3
КТ6127Г	р-п-р	30	30	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,3
КТ6127Д	р-п-р	20	12	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,3
КТ6127Е	р-п-р	10	12	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,3
КТ6127Ж	р-п-р	120	120	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	<0,2
КТ6127И	р-п-р	160	160	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	<0,2
КТ6127К	р-п-р	200	200	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	<0,25
КТ626А	р-п-р	45	45	0,5(1,5)А	6,5	40, 250	10	≥ 75	<1
КТ626Б	р-п-р	60	60	0,5(1,5)А	6,5	30, 100	50	≥ 75	<1
КТ626В	р-п-р	80	80	0,5(1,5)А	6,5	40, 120	50	≥ 45	<1
КТ626Г	р-п-р	20	20	0,5(1,5)А	6,5	15, 60	150	≥ 45	<1
КТ626Д	р-п-р	20	20	0,5(1,5)А	6,5	40, 250	150	≥ 45	<1

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	U_{K50} (н)/ В	U_{K30} (н)/ В	I_{Kmax} (н)/ мА	P_{Kmax} (н)/ Вт	h121э	I_{K50} мкА	$f_{гг}$ МГц	$K_{гг}$ дБ
КТ630А	п-р-п	120	120	1(2) А	0,8	40, 120	1	≥50	<0,3
КТ630Б	п-р-п	120	120	1(2) А	0,8	80, 240	1	≥50	<0,3
КТ630В	п-р-п	150	150	1(2) А	0,8	40, 120	1	≥50	<0,3
КТ630Г	п-р-п	100	100	1(2) А	0,8	40, 120	1	≥50	<0,3
КТ630Д	п-р-п	60	60	1(2) А	0,8	80, 240	1	≥50	<0,3
КТ630Е	п-р-п	60	60	1(2) А	0,8	160, 480	1	≥50	<0,3
КТ639А	р-п-р	45	45	1,5 (2) А	1 (12,5)	40, 100	0,1	≥80	<0,5
КТ639Б	р-п-р	45	45	1,5 (2) А	1 (12,5)	63, 160	0,1	≥80	<0,5
КТ639В	р-п-р	45	45	1,5 (2) А	1 (12,5)	100, 250	0,1	≥80	<0,5
КТ639Г	р-п-р	60	60	1,5 (2) А	1 (12,5)	40, 100	0,1	≥80	<0,5
КТ639Д	р-п-р	60	60	1,5 (2) А	1 (12,5)	63, 160	0,1	≥80	<0,5
КТ639Е	р-п-р	100	100	1,5 (2) А	1	40, 100	0,1	≥80	<0,5
КТ639И	р-п-р	30	30	1,5 (2) А	1	180, 400	0,1	≥80	<0,5
КТ644А	р-п-р	60	60	0,6 (1) А	1 (12,5)	40, 120	1	≥200	<0,4
КТ644Б	р-п-р	60	60	0,6 (1) А	1 (12,5)	100, 300	1	≥200	<0,4
КТ644В	р-п-р	60	40	0,6 (1) А	1 (12,5)	40, 120	1	≥200	<0,4
КТ644Г	р-п-р	60	40	0,6 (1) А	1 (12,5)	100, 300	1	≥200	<0,4
КТ645А	п-р-п	60	60	300 (600)	0,5 (1)	20, 200	10	≥200	<0,5
КТ645Б	п-р-п	40	40	300 (600)	0,5	80	10	≥200	<0,5
КТ646А	п-р-п	60	60	1 (1, 2) А	1 (2,5)	40, 200	10	≥200	<0,85
КТ646Б	п-р-п	40	40	1 (1, 2) А	1 (2,5)	150, 200	10	≥200	<0,85
КТ660А	п-р-п	50	50	800	0,5	110, 220	1	≥200	<0,5
КТ660Б	п-р-п	30	30	800	0,5	200, 450	1	≥200	<0,5
КТ663А	п-р-п	150	150	1 (2)А	1,2 (8)	40, 120	1	≥50	<0,45
КТ668А	р-п-р	50	45	100 (200)	0,5	75, 140	15	≥200	>0,3
КТ668Б	р-п-р	50	45	100 (200)	0,5	125, 250	15	≥200	<0,3
КТ668В	р-п-р	50	45	100 (200)	0,5	220, 475	15	≥200	<0,3
КТ680А	п-р-п	30	25	0,6 (2) А	0,35	85, 300	10	≥120	<0,5
КТ681А	р-п-р	30	25	0,6 (2)А	0,35	85, 300	10	≥120	<0,2
КТ683Б	п-р-п	120	120	1 (2)А	1,2 (8)	80, 240	1	≥50	<0,45
КТ683В	п-р-п	120	120	1 (2)А	1,2 (8)	40, 120	1	≥50	<0,45
КТ683Г	п-р-п	100	100	1 (2)А	1,2 (8)	40, 120	1	≥50	<0,45
КТ683Д	п-р-п	60	60	1 (2)А	1,2 (8)	80, 240	1	≥50	<0,45
КТ683Е	п-р-п	60	60	1 (2)А	1,2 (8)	160, 480	1	≥50	<0,45
КТ684А	р-п-р	45	45	1 (1, 5)А	0,8	40, 250	0,1	≥40	<0,5
КТ684Б	р-п-р	60	60	1 (1, 5)А	0,8	40, 160	0,1	≥40	<0,5
КТ684В	р-п-р	100	100	1 (1, 5)А	0,8	40, 160	0,1	≥40	<0,5
КТ685А	р-п-р	60	40	0,6А	0,6	40, 120	0,02	≥200	<0,4
КТ685Б	р-п-р	60	60	0,6А	0,6	40, 120	0,01	≥200	<0,4
КТ685В	р-п-р	60	40	0,6А	0,6	100, 300	0,02	≥200	0,4
КТ685Г	р-п-р	60	60	0,6А	0,6	100, 300	0,01	≥200	<0,4
КТ685Д	р-п-р	30	25	0,6А	0,6	70, 200	0,02	≥300	<0,3
КТ685Е	р-п-р	30	25	0,6А	0,6	40, 120	0,02	≥250	<0,3
КТ685Ж	р-п-р	30	25	0,6А	0,6	100, 300	0,02	≥250	<0,3
КТ686F	р-п-р	30	25	0,8(1,5)А	0,625(1,4)	250, 630	0,1	≥100	<0,7
КТ686А	р-п-р	50	45	0,8(1,5)А	0,625(1,4)	100, 250	0,1	≥100	0,7
КТ686Б	р-п-р	50	45	0,8(1,5)А	0,625(1,4)	160, 400	0,1	≥100	<0,7
КТ686В	р-п-р	50	45	0,8(1,5)А	0,625(1,4)	250, 630	0,1	≥100	<0,7
КТ686Г	р-п-р	30	25	0,8(1,5)А	0,625(1,4)	100, 250	0,1	≥100	<0,7

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{КЭ0}$ (н)/ В	$U_{КЭ0}$ (н)/ В	$I_{Кмаx}$ (н)/ мА	$P_{Кмаx}$ (н)/ Вт	h121э	$I_{КЭ0}$ мкА	$f_{гг}$ МГц	$K_{гг}$ дБ
КТ686Д	р-п-р	30	25	0,8(1,5)А	0,625(1,4)	160, 400	0,1	≥ 100	<0,7
КТ686Ж	р-п-р	30	25	0,8(1,5)А	0,625(1,4)	100, 250	0,1	≥ 100	<0,7
КТ695А	н-р-п	30	25	30	0,45	50, 200	0,1	≥ 300	<0,4
КТ698А	н-р-п	90	90	2А	0,8	≥ 20	20	≥ 200	<0,25
КТ698Г	н-р-п	30	30	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,2
КТ698Д	н-р-п	12	12	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,2
КТ698Е	н-р-п	12	12	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,12
КТ698Ж	н-р-п	120	120	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	<0,25
КТ698И	н-р-п	160	160	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	<0,3
КТ698К	н-р-п	200	200	2А	0,8	≥ 30	20	≥ 200	<0,35
КТ698Б	н-р-п	70	70	2А	0,8	≥ 20	20	≥ 200	<0,25
КТ658В	н-р-п	50	50	2А	0,8	≥ 50	20	≥ 200	<0,25
КТ710А	н-р-п	-3000	-3000	5 (7,5)А	50	$\geq 3,5$	2мА	$\geq 1,5$	<3,5
КТ801А	н-р-п	80	80	2А	5	15, 50	10мА	≥ 10	<2
КТ801Б	н-р-п	60	60	2А	5	30, 150	10мА	≥ 10	<2
КТ802А	н-р-п	150	130	5А	50	≥ 15	60мА	≥ 10	<5
КТ803А	н-р-п	60	-80	10А	60	10, 70	5мА	≥ 20	<2,5
КТ805АМ	н-р-п	60 (160)	60 (160)	5 (8)А	30	≥ 15	(25)мА	≥ 20	<2,5
КТ805ВМ	н-р-п	60 (135)	60 (135)	5 (8)А	30	≥ 15	(25)мА	≥ 20	<2,5
КТ805ИМ	н-р-п	60 (135)	60 (135)	5 (8)А	30	≥ 15	(25)мА	≥ 20	<2,5
КТ807А	н-р-п	100	100	0,5(1,5)А	10	15, 45	<5мА	≥ 5	<1
КТ807Б	н-р-п	100	100	0,5(1,5)А	10	30, 100	5мА	≥ 5	<1
КТ808А	н-р-п	120 (250)	120 (250)	10А	5 (50)	10, 50	3мА	$\geq 7,2$	<2,5
КТ808АМ	н-р-п	120 (250)	120 (250)	10А	60	20, 125	2мА	≥ 8	<2,5
КТ808БМ	н-р-п	100 (160)	100(160)	10А	60	20, 125	2мА	≥ 8	<2,5
КТ808ВМ	н-р-п	80 (135)	80 (135)	10А	60	20, 125	2мА	≥ 8	<2,5
КТ808ГМ	н-р-п	70 (80)	70 (80)	10А	60	20, 125	2мА	≥ 8	<2,5
КТ809А	н-р-п	400	400	3(5)А	40	15, 100	3мА	$\geq 5,1$	<1,5
КТ8101А	н-р-п	200	160	16А	150	≥ 20	2мА	≥ 10	<2
КТ8101Б	н-р-п	160	120	16А	150	≥ 20	<2мА	≥ 10	<2
КТ8102А	р-п-р	200	160	16А	150	≥ 20	<2мА	≥ 10	<2
КТ8102Б	р-п-р	180	120	16А	150	≥ 20	<2мА	≥ 10	<2
КТ8104А	н-р-п	350	350	20 (25)А	150	≥ 1000	5мА	≥ 10	<2,2
КТ8105А	н-р-п	200	200	20 (25)А	150	≥ 1000	5мА	≥ 10	<2,2
КТ8106А	н-р-п	90	80	20 (30)А	125	750, 10000	5мА	≥ 4	<2
КТ8106Б	н-р-п	80	45	20 (30)А	125	750, 10000	5мА	≥ 4	<2
КТ8107А	н-р-п	1500	700	8 (15)А	100	$\geq 2,25$	1мА	≥ 7	<1
КТ8107Б	н-р-п	1500	700	5 (7,5)А	125	$\geq 2,25$	1мА	≥ 7	<1
КТ8107В	н-р-п	1500	600	5 (8)А	50	8, 12	1мА	≥ 7	<5
КТ8108А	н-р-п	850	500	5 (7)А	70	10, 50	2мА	≥ 5	<1
КТ8108Б	н-р-п	850	500	5 (7)А	70	40, 80	2мА	≥ 5	<1
КТ8109А*	н-р-п	350	350	7 (10)А	80	≥ 150	1мА	≥ 7	<1,5
КТ8109Б*	н-р-п	300	300	7 (10)А	80	≥ 150	1мА	≥ 7	<1,5
КТ8110В	н-р-п	500	450	7 (14)А	60	≥ 15	2мА	20	<0,8
КТ8110А	н-р-п	500	450	7 (14)А	60	15, 30	2мА	20	<0,8
КТ8110Б	н-р-п	500	450	7 (14)А	60	≥ 15	2мА	20	<0,8
КТ8111А'	н-р-п	100	50	20А	125	750, 18000	2мА	10	<2
КТ8111Б'	н-р-п	80	40	20А	125	750, 18000	2мА	10	<2
КТ8111В"	н-р-п	60	30	20А	125	750, 18000	2мА	10	<2

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{к50}$ (н)/ В	$U_{к30}$ (н)/ В	$I_{кmax}$ (н)/ мА	$P_{кmax}$ (н)/ Вт	h121э	$I_{к50}$ / мкА	$f_{гр}$ / МГц	$K_{уд}$ / дБ
КТ8114А	п-р-п	700	700	8 (15)А	125	-	100	≥ 7	< 1
КТ8114Б	п-р-п	(1500)700	(1500)70	8 (15)А	125	-	100	≥ 7	< 5
КТ8116А'	п-р-п	100	100	8 (16)А	65	≥ 1000	10	≥ 7	< 2
КТ8116Б*	п-р-п	80	80	8 (16)А	65	≥ 1000	10	≥ 7	< 2
КТ8117А	п-р-п	500	400	10 (15)А	100	≥ 10	1мА	≥ 4	$< 1,5$
КТ8118А	п-р-п	900	800	3(10)А	50	10, 40	1мА	≥ 15	< 2
КТ8118Б*	п-р-п	60	60	8 (16)А	65	≥ 1000	10	≥ 7	< 2
КТ8120А	п-р-п	600	450	8 (16)А	60	≥ 10	1мА	≥ 20	< 1
КТ8121А	п-р-п	700	400	4 (8)А	75	8, 60	1мА	≥ 4	< 1
КТ8121Б	п-р-п	600	300	4 (8)А	75	8, 60	1мА	≥ 4	< 1
КТ8123А	п-р-п	200	150	2 (3)А	25	≥ 40	1мА	≥ 5	< 1
КТ8124А	п-р-п	400	200	7 (15)А	60	≥ 10	1мА	≥ 10	< 1
КТ8124Б	п-р-п	400	200	7 (15)А	60	≥ 10	1мА	≥ 10	< 1
КТ8124В	п-р-п	330	150	7 (15)А	60	≥ 10	1мА	≥ 10	< 1
КТ8127А(1)	п-р-п	1500	700	5 (7,5)А	100	≥ 35	0,9мА	2	< 1
КТ8127Б(1)	п-р-п	1200	700	5 (7,5)А	100	≥ 6	0,6мА	2	< 1
КТ8127В(1)	п-р-п	1500	700	5 (7,5)А	100	≥ 35	0,9мА	2	< 1
КТ8129А	п-р-п	1500	700	5А	100	$\geq 2,25$	4,5мА	≥ 4	$< 4,5$
КТ812А	п-р-п	700	700	8 (12)А	50	≥ 4	5мА	≥ 3	$< 2,5$
КТ812Б	п-р-п	500	500	8 (12)А	50	≥ 4	5мА	≥ 3	$< 2,5$
КТ812В	п-р-п	300	300	8 (12)А	50	≥ 10	5мА	≥ 3	$< 2,5$
КТ8130А*	п-н-п	40	40	4А	20	500, 15000	0,5мА	≥ 25	< 2
КТ8130Б*	п-н-п	60	60	4А	20	500, 15000	0,5мА	≥ 25	< 2
КТ8130В*	п-н-п	80	80	4А	20	500, 15000	0,5мА	≥ 25	< 2
КТ8131А*	п-н-п	40	40	4А	20	500, 15000	0,5мА	≥ 25	< 2
КТ8131Б'	п-н-п	60	60	4А	20	500, 15000	0,5мА	≥ 25	< 2
КТ8131В*	п-н-п	80	80	4А	20	500, 15000	0,5мА	≥ 25	< 2
КТ8136А	п-р-п	600	400	10 (15)А	60	10, 50	< 2 мА	≥ 7	< 1
КТ8140А	п-р-п	400	200	7 (10)А	60	≥ 10	2мА	≥ 7	< 1
КТ814В	п-н-п	70	60	1,5 (3)А	1 (10)	40, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ814А	п-н-п	40	25	1,5 (3)А	1 (10)	40, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ814Б	п-н-п	50	40	1,5 (3)А	1 (10)	40, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ814Г	п-н-п	100	80	1,5 (3)А	1 (10)	30, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ815А	п-р-п	40	30	1,5 (3)А	1 (10)	40, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ815Б	п-р-п	50	45	1,5 (3)А	1 (10)	40, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ815В	п-р-п	70	65	1,5 (3)А	1 (10)	40, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ815Г	п-р-п	100	85	1,5 (3)А	1 (10)	30, 275	50	≥ 3	$< 0,6$
КТ816А	п-н-п	40	40	3 (6)А	1 (25)	25, 275	100	≥ 3	< 1
КТ816А2	п-н-п	40	40	3 (6)А	1 (25)	≥ 200	100	≥ 3	$< 0,6$
КТ816Б	п-н-п	45	45	3 (6)А	1 (25)	25, 275	100	≥ 3	< 1
КТ816В	п-н-п	80	60	3 (6)А	1 (25)	25, 275	100	≥ 3	< 1
КТ816Г	п-н-п	100	90	3 (6)А	1 (25)	25, 275	100	≥ 3	< 1
КТ817А	п-р-п	40	40	3 (6)А	1 (25)	25, 275	< 100	≥ 3	$< 0,6$
КТ817Б	п-р-п	45	45	3 (6)А	1 (25)	25, 275	100	≥ 3	$< 0,6$
КТ817Б2	п-р-п	45	45	3 (6)А	1 (25)	≥ 100	100	≥ 3	$< 0,12$
КТ817В	п-р-п	60	60	3 (6)А	1 (25)	25, 275	100	≥ 3	$< 0,6$
КТ817Г	п-р-п	100	90	3 (6)А	1 (25)	25, 275	100	≥ 3	$< 0,6$
КТ817Г2	п-р-п	100	90	3 (6)А	1 (25)	≥ 100	100	≥ 3	$< 0,12$
КТ818А	п-н-п	40	40	10 (15)А	1,5 (60)	15, 225	1мА	≥ 3	< 2

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	$U_{КЭО}^{(н)}/$ В	$U_{КЭО}^{(н)}/$ В	$I_{КЭО}^{(н)}/$ мА	$P_{КЭО}^{(н)}/$ Вт	h121э	$I_{КЭО}^{(н)}/$ мкА	$f_{ПЧ}^{(н)}/$ МГц	$K_{ш}^{(н)}/$ дБ
КТ818АМ	р-п-р	40	40	15 (20)А	2 (100)	15, 225	1мА	≥3	<2
КТ818Б	р-п-р	50	50	10 (15)А	1,5 (60)	20, 225	1мА	≥3	<2
КТ818БМ	р-п-р	50	50	15 (20)А	2 (100)	20, 225	1мА	≥3	<2
КТ818В	р-п-р	70	70	10 (15)А	1,5 (80)	15, 225	<1мА	≥3	<2
КТ818ВМ	р-п-р	70	70	15 (20)А	2 (100)	15, 225	1мА	≥3	<2
КТ818Г	р-п-р	90	90	10 (15)А	1,5 (60)	12, 225	1мА	≥3	<2
КТ818ГМ	р-п-р	90	90	15 (20)А	2 (100)	12, 225	1мА	≥3	<2
КТ819А	п-р-п	40	40	10 (15)А	1,5 (60)	15, 225	1мА	≥3	<2
КТ819АМ	п-р-п	40	40	15 (20)А	2 (100)	15, 225	1мА	≥3	<2
КТ819Б	п-р-п	50	50	10 (15)А	1,5 (60)	20, 225	1мА	≥3	<2
КТ819БМ	п-р-п	50	50	15 (20)А	2 (100)	20, 225	1мА	≥3	<2
КТ819Г	п-р-п	100	100	10 (15)А	1,5 (60)	12, 225	1мА	≥3	<2
КТ819ГМ	п-р-п	100	100	15 (20)А	2 (100)	12, 225	1мА	≥3	<2
КТ825*	р-п-р	90	90	20 (30)А	125	750, 18000	1мА	≥4	<2
КТ825Д*	р-п-р	60	60	20 (30)А	125	750, 18000	1мА	≥4	<2
КТ825Е*	р-п-р	30	30	20 (30)А	125	750, 18000	1мА	≥4	<2
КТ826А	п-р-п	700	700	1 (1)А	15	10, 120	2мА	≥6	<2,5
КТ826Б	п-р-п	700	700	1 (1)А	15	5, 300	2мА	≥6	<2,5
КТ826В	п-р-п	700	700	1 (1)А	15	5, 120	2мА	≥6	<2,5
КТ827А*	п-р-п	100	100	20 (40)А	125	500, 18000	3мА	≥4	<2
КТ827Б*	п-р-п	80	80	20 (40)А	125	750, 18000	3мА	≥4	<2
КТ827В*	п-р-п	60	60	20 (40)А	125	750, 18000	3мА	≥4	<2
КТ828А	п-р-п	800	800	5 (7,5)А	50	≥2,25	5мА	≥4	<3
КТ828Б	п-р-п	600	600	5 (7,5)А	50	≥2,25	5мА	≥4	<3
КТ829А*	п-р-п	100	100	8 (12)А	60	≥750	0,2мА	≥4	<2
КТ829Б*	п-р-п	80	80	8 (12)А	60	≥750	0,2мА	≥4	<2
КТ829В*	п-р-п	60	60	8 (12)А	60	≥750	0,2мА	≥4	<2
КТ829Г*	п-р-п	45	45	8 (12)А	60	≥750	0,2мА	≥4	<2
КТ834А	п-р-п	500	500	15 (20)А	100	≥150	3мА	≥4	<2
КТ834Б	п-р-п	450	450	15 (20)А	100	≥150	3мА	≥4	<2
КТ834В	п-р-п	400	400	15 (20)А	100	≥150	3мА	≥4	<2
КТ835А	р-п-р	30	30	3А	25	≥25	100	≥1	<0,35
КТ835Б	р-п-р	45	45	7,5А	25	10, 100	150	≥1	<0,35
КТ837А	р-п-р	80	80	7,5А	30	10, 40	150	≥1	<2,5
КТ837Б	р-п-р	80	60	7,5А	30	20, 80	150	≥1	<2,5
КТ837В	р-п-р	80	60	7,5А	30	50, 150	150	≥1	<2,5
КТ837Г	р-п-р	60	45	7,5А	30	10, 40	150	≥1	<0,9
КТ837Д	р-п-р	60	45	7,5А	30	20, 80	150	≥1	<0,9
КТ837Ж	р-п-р	45	30	7,5А	30	10, 40	150	≥1	<0,5
КТ837И	р-п-р	45	30	7,5А	30	20, 80	150	≥1	<0,5
КТ837К	р-п-р	45	30	7,5А	30	50, 150	150	≥1	<0,5
КТ837Л	р-п-р	80	60	7,5А	30	10, 40	150	≥1	<2,5
КТ837М	р-п-р	80	60	7,5А	30	20, 80	150	≥1	<2,5
КТ855Б	р-п-р	150	150	5 (8)А	40	≥20	100	5	<1
КТ855В	р-п-р	150	150	5 (8)А	40	≥15	1мА	≥5	<1
КТ857А	п-р-п	250	250	7 (10)А	60	≥7,5	5мА	≥10	<1
КТ858А	п-р-п	400	400	7 (10)А	60	≥10	1мА	≥10	<1
КТ859А	п-р-п	800	800	3(4)А	40	≥10	1мА	≥10	<1,5
КТ863А	п-р-п	30	30	10А	50	≥100	1мА	≥4	<0,3

Таблица 2.21 (продолжение)

Тип	Струк.	U_{K50} (н)/ В	U_{K30} (н)/ В	I_{Kmax} (н)/ мА	P_{Kmax} (н)/ Вт	h121э	I_{K50} / мкА	$f_{гг}$ / МГц	$K_{ш}$ / дБ
КТ872А	н-р-н	700(1500)	700(1500)	8 (15)А	100	-	1мА	7	<1
КТ872Б	н-р-н	700(1500)	700(1500)	8 (15)А	100	-	1мА	7	<1
КТ872В	н-р-н	600(1200)	600(1200)	8 (15)А	100	≥6	0,6мА	7	<1
КТ878А	н-р-н	500	500	30 (50)А	150	12, 50	3мА	10	<1,5
КТ878Б	н-р-н	800	800	30 (50)А	150	12, 50	3мА	10	<1,5
КТ878В	н-р-н	800	600	30 (50)А	150	12, 50	3мА	10	<1,5
КТ879А	н-р-н	200	200	50 (75)А	250	≥20	5мА	10	<1,2
КТ879Б	н-р-н	200	200	50 (75)А	250	215	5мА	≥10	<2
КТ886А1	н-р-н	1400	700	10 (15)А	75	-	1мА	≥5	<1
КТ886Б1	н-р-н	1000	500	10 (15)А	75	-	1мА	≥5	<1
КТ890А*	н-р-н	350	350	20А	120	≥400	0,5мА	≥5	<2
КТ890Б*	н-р-н	350	350	20А	120	≥400	0,5мА	5	<2
КТ890В*	н-р-н	350	350	20А	120	≥400	0,5мА	5	<2
КТ892А*	н-р-н	350	350	15 (30)А	100	300, 6000	5мА	≥10	<1,8
КТ892Б*	н-р-н	400	400	15 (30)А	100	300, 6000	5мА	10	<1,8
КТ892В*	н-р-н	300	300	15 (30)А	100	300, 6000	5мА	≥10	<1,8
КТ896А*	р-н-р	100	50	20А	125	750, 18000	2мА	10	<2
КТ896Б*	р-н-р	80	40	20А	125	750, 18000	2мА	10	<2
КТ896В*	р-н-р	60	30	20А	125	750, 18000	2мА	10	<2
КТ897А*	н-р-н	350	350	20 (30)А	125	≥400	250	≥10	<1,6
КТ897Б*	н-р-н	200	200	20 (30)А	125	≥400	250	10	<1,6
КТ898А*	н-р-н	350	350	30 (30)А	125	≥400	5мА	10	<1,6
КТ898АГ*	н-р-н	350	350	20 (30)А	60	≥400	5мА	≥10	<1,6
КТ898Б*	н-р-н	200	200	20 (30)А	125	≥400	5мА	10	<1,8
КТ898Б1*	н-р-н	200	200	20 (30)А	60	≥400	5мА	10	<1,6
КТ899А*	н-р-н	160	150	8 (15)А	65	≥1000	0,5мА	7	<1,6
КТ903А	н-р-н	60(80)	60(80)	3(5)А	30	15, 70	10мА	120	<2,5
КТ903Б	н-р-н	60(80)	60(80)	3(5)А	30	40, 180	10мА	120	<2,5
КТ908А	н-р-н	100	60	10А	50	8, 60	25мА	≥30	<2,3
КТ908Б	н-р-н	100	60	10А	50	≥20	50мА	≥30	<2,3
КТ9115А	р-н-р	300	300	100 (300)	1,2 (10)	25, 250	0,05	≥90	<1
КТ919В	н-р-н	70	70	10 (15)А	1,5 (60)	15, 225	1мА	≥3	<2
КТ919ВМ	н-р-н	70	70	15 (20)А	2 (100)	15, 225	1мА	≥3	<2
КТ940А	н-р-н	300	300	100 (300)	1,2 (10)	≥25	0,05	90	<1
КТ940Б	н-р-н	250	250	100 (300)	1,2 (10)	≥25	0,05	90	<1
КТ940В	н-р-н	160	160	100 (300)	1,2 (10)	≥25	0,05	≥90	<1
КТ945А	н-р-н	150	150	15 (25)А	50	10, 80	50мА	51	<2,5
КТ961А	н-р-н	100	80	1,5 (2)А	1 (12,5)	40, 100	<10	50	<0,5
КТ961Б	н-р-н	80	60	1,5 (2)А	1 (12,5)	63, 160	10	≥50	<0,5
КТ961В	н-р-н	60	45	1,5 (2)А	1 (12,5)	100, 250	10	50	<0,5
КТ972А*	н-р-н	60	60	4А	8	≥750	1мА	≥200	<1,5
КТ972Б*	н-р-н	45	45	4А	8	≥750	1мА	≥200	<1,5
КТ973А*	р-н-р	60	60	4А	8	≥750	1мА	≥200	<1,5
КТ973Б*	р-н-р	45	45	4А	(В)	≥750	1мА	≥200	<1,5
КТ997А	н-р-р	45	45	10 (20)А	50	≥40	10	51	<1
КТ997Б	н-р-н	45	45	10 (20)А	50	≥20	10	51	<1
КТ999А	н-р-н	250	250	50(100)А	1,6 (5)	≥50	0,1	60	<1

2.4.3. Параметры полевых отечественных транзисторов

В связи с ограничениями места в справочнике принято решение не приводить большой таблицы параметров полевых транзисторов, а дать ссылку на хороший справочник в сети Интернет. Справочник разработал Козак Виктор Романович, Новосибирск. Найти справочник можно, по адресу: <http://www.qrz.ru/reference/kozak/pt/pth00.shtml>.

В этом справочнике приведены данные таких полевых транзисторов: 2П101—КПС203, КП301—КП312, КП313—3П330, 3П331—КП350, 3П351—КП364, КП501—КП698, КП150—КП640 (мощные), КП701—КП730, КП731—КП771, КП801—КП840, КП901—3П930, КП931—КП948, КП951—КП973.

Кроме того рассмотрены пары и сборки полевых транзисторов, цветовая маркировка и аналоги, рисунки корпусов:

Этот справочник является попыткой совместить в одном издании полноту охвата приборов, компактность представления информации, а также удобство ее использования.

Справочник предназначен для широкого круга пользователей от разработчиков радиоэлектронных устройств, до радиолюбителей. В справочнике представлены основные электрические параметры полевых транзисторов. Для компактности и удобства использования настоящего справочника, в нем использована табличная форма представления информации. Кроме электрических параметров в справочнике приводятся габаритные и присоединительные размеры, а также типовая область применения полевых транзисторов. Описанный подход позволил создать компактный, удобный и недорогой справочник, который принесет практическую пользу его владельцу.

В справочнике собраны параметры полевых транзисторов, рассеянные по отечественной литературе. Поскольку главным принципом при составлении справочника являлась полнота охвата номенклатуры, то для некоторых приборов приведены всего несколько параметров (которые приводились в научной статье разработчиков прибора). По мере появления дополнительной информации, она включалась в справочник.

Для некоторых приборов приводятся вместо предельных параметров типовые, когда информация о предельных параметрах отсутствует, а о типовых значениях есть.

2.4.4. Параметры зарубежных транзисторов

Сводная таблица характеристик зарубежных транзисторов

Параметры зарубежных транзисторов приведены в табл. 2.22. В ней применены следующие сокращения: GE-N — германиевый n-p-n, GE-P — германиевый p-n-p, SI-N — кремниевый n-p-n, SI-P — кремниевый p-n-p, ...-DAR — составной, ...+D — с диодом, N-FET — полевой с n-каналом, P-FET — полевой с p-каналом, ARRAY — транзисторная матрица.

Параметры зарубежных транзисторов

Таблица 2.22

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2N109	GE-P	35	0,15	0,165	2N3571	SI-N	30	0,05	0,2
2N1304	GE-N	25	0,3	0,15	2N3583	SI-N	250/175	2	35
2N1305	GE-P	30	0,3	0,15	2N3632	SI-N	40	0,25	23
2N1307	GE-P	30	0,3	0,15	2N3646	SI-N	40	0,2	0,2
2N1613	SI-N	75	1	0,8	2N3700	SI-N	140	1	0,5
2N1711	SI-N	75	1	0,8	2N3707	SI-N	30	0,03	0,36
2N1893	SI-N	120	0,5	0,8	2N3708	SI-N	30	0,03	0,36
2N2102	SI-N	120	1	1	2N3716	SI-N	100	10	150
2N2148	GE-P	60	5	12,5	2N3725	SI-N	80	0,5	1
2N2165	SI-P	30	50mA	0,15	2N3740	SI-P	60	4	25
2N2166	SI-P	15	50mA	0,15	2N3741	SI-N	80	4	25
2N2219A	SI-N	40	0,8	0,8	2N3742	SI-N	300	0,05	1
2N2222A	SI-N	40	0,8	0,5	2N3767	SI-N	100	4	20
2N2223	2xSI-N	100	0,5	0,6	2N3771	SI-N	50	30	150
2N2223A	2xSI-N	100	0,5	0,6	2N3772	SI-N	100	20	150
2N2243A	SI-N	120	1	0,8	2N3773	SI-N	160	16	150
2N2369A	SI-N	40	0,2	0,36	2N3792	SI-P	80	10	150
2N2857	SI-N	30	40mA	0,2	2N3819	N-FET	25	20mA	0,36
2N2894	SI-P	12	0,2	1,2	2N3820	P-FET	20	15mA	0,36
2N2905A	SI-P	60	0,6	0,6	2N3821	N-FET	50	2,5mA	0,3
2N2906A	SI-P	60	0,6	0,4	2N3824	N-FET	50	10mA	0,3
2N2907A	SI-P	60	0,6	0,4	2N3866	SI-N	55	0,4	1
2N2917	SI-N	45	0,03		2N3904	SI-N	60	0,2	0,35
2N2926	SI-N	25	0,1	0,2	2N3906	SI-P	40	0,2	0,35
2N2955	GE-P	40	0,1	0,15	2N3909	P-FET	20	10mA	0,3
2N3019	SI-N	140	1	0,8	2N3958	N-FET	50	5mA	0,25
2N3053	SI-N	60	0,7	5	2N3963	SI-P	80	0,2	0,36
2N3054	SI-N	90	4	25	2N3972	N-FET	40	50mA	1,8
2N3055	SI-N	100	15	115	2N4001	SI-N	100	1	15
2N3055	SI-N	100	15	115	2N4033	SI-P	80	1	0,8
2N3055H	SI-N	100	15	115	2N4036	SI-P	90	1	1
2N3251	SI-P	50	0,2	0,36	2N409	GE-P	13	15mA	80mW
2N3375	SI-N	40	0,5	11,6	2N4126	SI-P	25	200mA	
2N3439	SI-N	450	1	10	2N4220	N-FET	30	0,2	
2N3440	SI-N	300	1	10	2N4236	SI-P	80	3	1
2N3441	SI-N	160	3	25	2N427	GE-P	30	0,4	0,15
2N3442	SI-N	160	10	117	2N428	GE-P	30	0,4	0,15
2N3495	SI-P	120	0,1	0,6	2N4286	SI-N	30	0,05	0,25
2N3502	SI-P	45	0,6	0,7	2N4287	SI-N	45	0,1	0,25
2N3553	SI-N	65	0,35	7	2N4291	SI-P	40	0,2	0,25

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2N4302	N-FET	30	0,5mA	0,3	2N6356	N-DARL	50	20	150
2N4347	SI-N	140	5	100	2N6422	SI-P	500	2	35
2N4348	SI-N	140	10	120	2N6427	N-DARL	40	0,5	0,625
2N4351	N-FET	30	30mA	0,3	2N6476	SI-P	130	4	16
2N4391	N-FET	40	50mA	30E	2N6488	SI-N	90	15	75
2N4392	N-FET	40	25mA	60E	2N6491	SI-P	90	15	30
2N4393	N-FET	40	5mA	100E	2N6517	SI-N	350	0,5	0,625
2N4401	SI-N	60	0,6		2N6520	SI-P	350	0,5	0,625
2N4403	SI-P	40	0,6		2N6547	SI-N	850/400	15	175
2N4416	N-FET	30	15mA		2N6556	SI-P	100	1	10
2N4420	SI-N	40	0,2	0,36	2N6609	SI-P	160	16	150
2N4427	SI-N	40	0,4	1	2N6660	N-FET	60	2	6,25
2N4906	SI-P	80	5	87,5	2N6661	N-FET	90	2	6,2
2N4920	SI-P	80	1	30	2N6675	SI-N	400	15	
2N4923	SI-N	80	1	30	2N6678	SI-N	400	15	
2N5038	SI-N	150	20	140	2N6716	SI-N	60	2	2
2N5090	SI-N	55	0,4	4	2N6718	SI-N	100	2	2
2N5109	SI-N	40	0,5	2,5	2N6725	N-DARL	60	2	1
2N5154	SI-N	100	2	10	2N6728	SI-P	60	2	2
2N5179	SI-N	20	50mA	0,2	2N697	SI-N	60	1	0,6
2N5192	SI-N	80	4	40	2N7002	N-FET	60	0,115	0,2
2N5240	SI-N	375	5	100	2N918	SI-N	30	50mA	0,2
2N5298	SI-N	80	4	36	2SA1006B	SI-P	250	1,5	25
2N5308	N-DARL	40	0,3	0,4	2SA1009	SI-P	350	2	15
2N5320	SI-N	100	2	10	2SA1011	SI-P	160	1,5	25
2N5322	SI-P	100	2	10	2SA1013	SI-P	160	1	0,9
2N5401	SI-P	160	0,6	0,31	2SA1015	SI-P	50	0,15	0,4
2N5416	SI-P	350	1	10	2SA1016	SI-P	100	0,05	0,4
2N5433	N-FET	25	0,4	0,3	2SA1017	SI-P	120	50mA	0,5
2N5672	SI-N	150	30	140	2SA1018	SI-P	250	70mA	0,75
2N5680	SI-P	120	1	1	2SA1020	SI-P	50	2	0,9
2N5682	SI-N	120	1	1	2SA1027	SI-P	50	0,2	0,25
2N5684	SI-P	80	50	200	2SA1029	SI-P	30	0,1	0,2
2N5686	SI-N	80	50	300	2SA1034	SI-P	35	50mA	0,2
2N5770	SI-N	30	0,05	0,7	2SA1037	SI-P	50	0,4	
2N5876	SI-P	80	10	150	2SA1048	SI-P	50	0,15	0,2
2N5878	SI-N	80	10	150	2SA1049	SI-P	120	0,1	0,2
2N5879	SI-N	60	10	150	2SA1061	SI-P	100	6	70
2N5884	SI-P	80	25	200	2SA1062	SI-N	120	7	80
2N5886	SI-N	80	25	200	2SA1065	SI-P	150	10	120
2N6031	SI-P	140	16	200	2SA1084	SI-P	90	0,1	0,4
2N6050	P-DARL+D	60	12	100	2SA1103	SI-P	100	7	70
2N6059	SI-N	100	12	150	2SA1106	SI-P	140	10	100
2N6098	SI-N	70	10	75	2SA1110	SI-P	120	0,5	5
2N6099	SI-N	70	10	75	2SA1111	SI-P	150	1	20
2N6109	SI-P	60	7	40	2SA1112	SI-P	180	1	20
2N6124	SI-P	45	4	40	2SA1115	SI-P	50	0,2	
2N6211	SI-P	275	2	20	2SA1120	SI-P	35	5	
2N6213	SI-P	400	2	35	2SA1123	SI-P	150	50mA	0,75
2N6248	SI-P	110	15	125	2SA1124	SI-P	150	50mA	1
2N6284	N-DARL	100	20	160	2SA1127	SI-P	60	0,1	0,4
2N6287	P-DARL	100	20	160	2SA1141	SI-P	115	10	100
2N6292	SI-N	80	7	40	2SA1142	SI-P	180	0,1	8

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SA1145	SI-P	150	50mA	0,8	2SA1310	SI-P	60	0,1	0,3
2SA1150	SI-P	35	0,8	0,3	2SA1315	SI-P	80	2	0,9
2SA1156	SI-P	400	0,5	10	2SA1316	SI-P	80	0,1	0,4
2SA1160	SI-P	20	2	0,9	2SA1317	SI-P	60	0,2	0,3
2SA1163	SI-P	120	0,1		2SA1318	SI-P	60	0,2	0,5
2SA1170	SI-P	200	17	200	2SA1319	SI-P	180	0,7	0,7
2SA1185	SI-P	50	7	60	2SA1321	SI-P	250	50mA	0,9
2SA1186	SI-P	150	10	100	2SA1328	SI-P	60	12	40
2SA1200	SI-P	150	50mA	0,5	2SA1329	SI-P	80	12	40
2SA1201	SI-P	120	0,8	0,5	2SA1345	SI-N	50	0,1	0,3
2SA1206	SI-P	15	0,05	0,6	2SA1346	SI-P	50	0,1	
2SA1207	SI-P	180	70mA	0,6	2SA1348	SI-P	50	0,1	
2SA1208	SI-P	180	0,07	0,9	2SA1349	P-ARRAY	80	0,1	0,4
2SA1209	SI-P	180	0,14	10	2SA1352	SI-P	200	0,1	5
2SA1210	SI-P	200	0,14	10	2SA1357	SI-P	35	5	10
2SA1213	SI-P	50	2	0,5	2SA1358	SI-P	120	1	10
2SA1215	SI-P	160	15	150	2SA1359	SI-P	40	3	10
2SA1216	SI-P	180	17	200	2SA1360	SI-P	150	50mA	5
2SA1220A	SI-P	120	1,2	20	2SA1361	SI-P	250	50mA	
2SA1221	SI-P	160	0,5	1	2SA1370	SI-P	200	0,1	1
2SA1225	SI-P	160	1,5	15	2SA1371E	SI-P	300	0,1	1
2SA1227A	SI-P	140	12	120	2SA1376	SI-P	200	0,1	0,75
2SA1232	SI-P	130	10	100	2SA1380	SI-P	200	0,1	1,2
2SA1241	SI-P	50	2	10	2SA1381	SI-P	300	0,1	
2SA1242	SI-P	35	5	1	2SA1382	SI-P	120	2	0,9
2SA1244	SI-P	60	5	20	2SA1383	SI-P	180	0,1	10
2SA1249	SI-P	180	1,5	10	2SA1386	SI-P	160	15	130
2SA1261	SI-P	100	10	60	2SA1387	SI-P	60	5	25
2SA1262	SI-P	60	4	30	2SA1392	SI-P	60	0,2	0,4
2SA1264N	SI-P	120	8	80	2SA1396	SI-P	100	10	30
2SA1265N	SI-P	140	10	100	2SA1399	SI-P	55	0,4	0,9
2SA1266	SI-P	50	0,15	0,4	2SA1400	SI-P	400	0,5	10
2SA1268	SI-N	120	0,1	0,3	2SA1403	SI-P	80	0,5	10
2SA1270	SI-P	35	0,5	0,5	2SA1405	SI-P	120	0,3	8
2SA1271	SI-P	30	0,8	0,6	2SA1406	SI-P	200	0,1	7
2SA1275	SI-P	160	1	0,9	2SA1407	SI-P	150	0,1	7
2SA1282	SI-P	20	2	0,9	2SA1413	SI-P	600	1	10
2SA1283	SI-P	60	1	0,9	2SA1428	SI-P	50	2	1
2SA1286	SI-P	30	1,5	0,9	2SA1431	SI-P	35	5	1
2SA1287	SI-P	50	1	0,9	2SA1441	SI-P	100	5	25
2SA1292	SI-P	80	15	70	2SA1443	SI-P	100	10	30
2SA1293	SI-P	100	5	30	2SA1450	SI-P	100	0,5	0,6
2SA1294	SI-P	230	15	130	2SA1451	SI-P	60	12	30
2SA1295	SI-P	230	17	200	2SA1460	SI-P	60	1	1
2SA1296	SI-P	20	2	0,75	2SA1470	SI-P	80	7	25
2SA1298	SI-P	30	0,8	0,2	2SA1475	SI-P	120	0,4	15
2SA1300	SI-P	10	2	0,75	2SA1476	SI-P	200	0,2	15
2SA1302	SI-P	200	15	150	2SA1477	SI-P	180	0,14	10
2SA1303	SI-P	150	14	125	2SA1488	SI-P	60	4	25
2SA1306	SI-P	160	1,5	20	2SA1489	SI-P	80	6	60
2SA1306A	SI-P	180	1,5	20	2SA1490	SI-P	120	8	80
2SA1307	SI-P	60	5	20	2SA1491	SI-P	140	10	100
2SA1309	SI-P	30	0,1	0,3	2SA1494	SI-P	200	17	200

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SA1507	SI-P	180	1,5	10	2SA628	SI-P	30	0,1	
2SA1515	SI-P	40	1	0,3	2SA639	SI-P	180	50mA	0,25
2SA1516	SI-P	180	12	130	2SA642	SI-P	30	0,2	0,25
2SA1519	SI-P	50	0,5	0,3	2SA643	SI-P	40	0,5	0,5
2SA1535A	SI-P	180	1	40	2SA653	SI-P	150	1	15
2SA1538	SI-P	120	0,2	8	2SA684	SI-P	60	1	1
2SA1539	SI-P	120	0,3	8	2SA699	SI-P	40	2	10
2SA1540	SI-P	200	0,1	7	2SA708A	SI-P	100	0,7	0,8
2SA1541	SI-P	200	0,2	7	2SA720	SI-P	60	0,5	0,6
2SA1553	SI-P	230	15	150	2SA725	SI-P	35	0,1	0,15
2SA1566	SI-N	120	0,1	0,15	2SA733	SI-P	60	0,15	0,25
2SA1567	SI-P	50	12	35	2SA738	SI-P	25	1,5	8
2SA1568	SI-P	60	12	40	2SA747	SI-P	120	10	100
2SA1577	SI-P	32	0,5	0,2	2SA756	SI-P	100	6	50
2SA1593	SI-P	120	2	15	2SA762	SI-P	110	2	23
2SA1601	SI-P	60	15	45	2SA765	SI-P	80	6	40
2SA1606	SI-P	180	1,5	15	2SA768	SI-P	60	4	30
2SA1615	SI-P	30	10	15	2SA769	SI-P	80	4	30
2SA1624	SI-P	300	0,1	0,5	2SA770	SI-P	60	6	40
2SA1625	SI-P	400	0,5	0,75	2SA771	SI-P	80	6	40
2SA1633	SI-P	150	10	100	2SA777	SI-P	80	0,5	0,75
2SA1643	SI-P	50	7	25	2SA778A	SI-P	180	0,05	0,2
2SA1667	SI-P	150	2	25	2SA781	SI-P	20	0,2	0,2
2SA1668	SI-P	200	2	25	2SA794	SI-P	100	0,5	5
2SA1670	SI-P	80	6	60	2SA794A	SI-P	120	0,5	5
2SA1671	SI-P	120/120	8	75	2SA812	SI-P	50	0,1	0,15
2SA1672	SI-P	140	10	80	2SA814	SI-P	120	1	15
2SA1673	SI-P	180	15	85	2SA816	SI-P	80	0,75	1,5
2SA1680	SI-P	60	2	0,9	2SA817	SI-P	80	0,3	0,6
2SA1684	SI-P	120	1,5	20	2SA817A	SI-P	80	0,4	0,8
2SA1694	SI-P	120/120	8	80	2SA836	SI-P	55	0,1	0,2
2SA1695	SI-P	140	10	80	2SA838	SI-P	30	30mA	0,25
2SA1703	SI-P	30	1,5	1	2SA839	SI-P	150	1,5	25
2SA1706	SI-P	60	2	1	2SA841	SI-P	60	0,05	0,2
2SA1708	SI-P	120	1	1	2SA858	SI-P	150	50mA	0,5
2SA1726	SI-P	80	6	50	2SA872	SI-P	90	0,05	0,2
2SA1776	SI-P	400	1	1	2SA872A	SI-P	120	50mA	0,3
2SA1803	SI-P	80	6	55	2SA884	SI-P	65	0,2	0,27
2SA1837	SI-P	230	1	20	2SA885	SI-P	45	1	5
2SA1930	SI-P	180	2	20	2SA886	SI-P	50	1,5	1,2
2SA1962	SI-P	230	15	130	2SA893	SI-P	90	50mA	0,3
2SA329	GE-P	15	10mA	0,05	2SA900	SI-P	18	1	1,2
2SA467	SI-P	40	0,4	0,3	2SA914	SI-P	150	0,05	
2SA473	SI-P	30	3	10	2SA915	SI-P	120	0,05	0,8
2SA483	SI-P	150	1	20	2SA916	SI-P	160	0,05	1
2SA493	SI-P	50	0,05	0,2	2SA921	SI-P	120	20mA	0,25
2SA495	SI-P	35	0,1	0,2	2SA933	SI-P	50	0,1	0,3
2SA562	SI-P	30	0,5	0,5	2SA934	SI-P	40	0,7	0,75
2SA566	SI-P	100	0,7	10	2SA935	SI-P	80	0,7	0,75
2SA608	SI-N	40	0,1	0,1	2SA937	SI-P	50	0,1	0,3
2SA614	SI-P	80	1	15	2SA940	SI-P	150	1,5	25
2SA620	SI-P	30	0,05	0,2	2SA941	SI-P	120	0,05	0,3
2SA626	SI-P	80	5	60	2SA949	SI-P	150	50mA	0,8

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SA965	SI-P	120	0,8	0,9	2SB1162	SI-P	160	12	120
2SA966	SI-P	30	1,5	0,9	2SB1163	SI-P	170	15	150
2SA968	SI-P	160	1,5	25	2SB1166	SI-P	60	8	20
2SA970	SI-P	120	0,1		2SB1168	SI-P	120	4	20
2SA982	SI-P	140	8	80	2SB1182	SI-P	40	2	10
2SA984	SI-P	60	0,5	0,5	2SB1184	SI-P	60	3	15
2SA985	SI-P	120	1,5	25	2SB1185	SI-P	50	3	25
2SA988	SI-P	120	0,05	0,5	2SB1186	SI-P	120	1,5	20
2SA991	SI-P	60	0,1	0,5	2SB1187	SI-P	80	3	35
2SA992	SI-P	100	0,05	0,2	2SB1188	SI-P	40	2	
2SA995	SI-P	100	0,05	0,4	2SB1202	SI-P	60	3	15
2SB1009	SI-P	40	2	10	2SB1203	SI-P	60	5	20
2SB1010	SI-P	40	2	0,75	2SB1204	SI-P	60	8	20
2SB1012K	P-DARL	120	1,5	8	2SB1205	SI-P	25	5	10
2SB1013	SI-P	20	2	0,7	2SB1212	SI-P	160	1,5	0,9
2SB1015	SI-P	60	3	25	2SB1223	P-DARL+D	70	4	20
2SB1016	SI-P	100	5	30	2SB1236	SI-P	120	1,5	1
2SB1017	SI-P	80	4	25	2SB1237	SI-P	40	1	1
2SB1018	SI-P	100	7	30	2SB1238	SI-P	80	0,7	1
2SB1020	P-DARL+D	100	7	30	2SB1240	SI-P	40	2	1
2SB1023	P-DARL+D	60	3	20	2SB1243	SI-P	60	3	1
2SB1035	SI-P	30	1	0,9	2SB1254	P-DARL	160	7	70
2SB1039	SI-P	100	4	40	2SB1255	P-DARL	160	8	100
2SB1050	SI-P	30	5	1	2SB1258	P-DARL+D	100	6	30
2SB1055	SI-P	120	6	70	2SB1274	SI-P	60	3	30
2SB1065	SI-P	60	3	10	2SB1282	P-DARL+D	100	4	25
2SB1066	SI-P	50	3	1	2SB1292	SI-P	80	5	30
2SB1068	SI-P	20	2	0,75	2SB1302	SI-P	25	5	
2SB1071	SI-P	40	4	25	2SB1318	P-DARL+D	100	3	1
2SB1077	P-DARL	60	4	40	2SB1326	SI-P	30	5	0,3
2SB1086	SI-P	160	1,5	20	2SB1329	SI-P	40	1	1,2
2SB1098	P-DARL+D	100	5	20	2SB1330	SI-P	32	0,7	1,2
2SB1099	P-DARL+D	100	8	25	2SB1331	SI-P	32	2	1,2
2SB1100	P-DARL+D	100	10	30	2SB1353E	SI-P	120	1,5	1,8
2SB1109	SI-P	160	0,1	1,25	2SB1361	SI-P	150	9	100
2SB1109S	SI-P	160	0,1	1,25	2SB1370	SI-P	60	3	30
2SB1117	SI-P	30	3	1	2SB1373	SI-P	160	12	2,5
2SB1120	SI-P	20	2,5	0,5	2SB1375	SI-P	60	3	25
2SB1121T	SI-P	30	2		2SB1382	P-DARL+D	120	16	75
2SB1123	SI-P	60	2	0,5	2SB1393	SI-P	30	3	2
2SB1132	SI-P	40	1	0,5	2SB1420	SI-P	120	16	80
2SB1133	SI-P	60	3	25	2SB1425	SI-P	20	2	1
2SB1134	SI-P	60	5	25	2SB1429	SI-P	180	15	150
2SB1135	SI-P	60	7	30	2SB1434	SI-P	50	2	1
2SB1136	SI-P	60	12	30	2SB1468	SI-P	60/30	12	25
2SB1140	SI-P	25	5	10	2SB1470	P-DARL	160	8	150
2SB1141	SI-P	20	1,2	10	2SB1490	P-DARL	160	7	90
2SB1143	SI-P	60	4	10	2SB1493	P-DARL	160/140	7	70
2SB1146	P-DARL	120	6	25	2SB1503	P-DARL	160	8	120
2SB1149	P-DARL	100	3	15	2SB1556	P-DARL	140	8	120
2SB1151	SI-P	60	5	20	2SB1557	P-DARL	140	7	100
2SB1154	SI-P	130	10	70	2SB1559	P-DARL	160	8	80
2SB1156	SI-P	130	20	100	2SB1560	P-DARL	160	10	100

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SB1565	SI-P	80	3	25	2SB740	SI-P	70	1	0,9
2SB1587	P-DARL+D	160	8	70	2SB744	SI-P	70	3	10
2SB1624	P-DARL	110	6	60	2SB750	P-DARL+D	60	2	35
2SB206	GE-P	80	30	80	2SB753	SI-P	100	7	40
2SB324	GE-P	32	1	0,25	2SB764	SI-P	60	1	0,9A
2SB337	GE-P	50	7	30	2SB765	P-DARL+D	120	3	30
2SB407	GE-P	30	7	30	2SB766	SI-P	30	1	
2SB481	GE-P	32	1	6	2SB772	SI-P	40	3	10
2SB492	GE-P	25	2	6	2SB774	SI-P	30	0,1	0,4
2SB511E	SI-P	35	1,5	10	2SB775	SI-P	100	6	60
2SB524	SI-P	60	1,5	10	2SB776	SI-P	120	7	70
2SB527	SI-P	110	0,8	10	2SB788	SI-P	120	0,02	0,4
2SB531	SI-P	90	6	50	2SB791	P-DARL+D	120	8	40
2SB536	SI-P	130	1,5	20	2SB794	P-DARL+D	60	1,5	10
2SB537	SI-P	130	1,5	20	2SB795	P-DARL+D	80	1,5	10
2SB541	SI-P	110	8	80	2SB808	SI-P	20	0,7	0,25
2SB544	SI-P	25	1	0,9	2SB810	SI-P	30	0,7	0,35
2SB546A	SI-P	200	2	25	2SB815	SI-P	20	0,7	0,25
2SB549	SI-P	120	0,8	10	2SB816	SI-P	150	8	80
2SB557	SI-P	120	8	80	2SB817	SI-P	160	12	100
2SB560	SI-P	100	0,7	0,9	2SB817F	SI-P	160	12	90
2SB561	SI-P	25	0,7	0,5	2SB819	SI-P	50	1,5	1
2SB564	SI-P	30	1	0,8	2SB822	SI-P	40	2	0,75
2SB598	SI-P	25	1	0,5	2SB824	SI-P	60	5	30
2SB600	SI-P	200	15	200	2SB825	SI-P	60	7	40
2SB601	P-DARL	100	5	30	2SB826	SI-P	60	12	40
2SB605	SI-P	60	0,7	0,8	2SB827	SI-P	60	7	80
2SB621	SI-N	25	1,5	0,6	2SB828	SI-P	60	12	80
2SB621A	SI-N	50	1	0,75	2SB829	SI-P	60	15	90
2SB631	SI-P	100	1	8	2SB857	SI-P	50	4	40
2SB632	SI-P	25	2	10	2SB861	SI-P	200	2	30
2SB633	SI-P	100	6	40	2SB863	SI-P	140	10	100
2SB637	SI-P	50	0,1	0,3	2SB865	P-DARL	80	1,5	0,9
2SB641	SI-P	30	0,1		2SB873	SI-P	30	5	1
2SB647	SI-P	120	1	0,9	2SB882	P-DARL+D	70	10	40
2SB649A	SI-P	160	1,5	1	2SB883	P-DARL+D	70	15	70
2SB656	SI-P	160	12	125	2SB884	P-DARL	110	3	30
2SB673	P-DARL+D	100	7	40	2SB885	P-DARL+D	110	3	35
2SB676	P-DARL	100	4	30	2SB891	SI-P	40	2	5
2SB681	SI-N	150	12	100	2SB892	SI-P	60	2	1
2SB688	SI-P	120	8	80	2SB895A	P-DARL	60	1	
2SB700	SI-P	160	12	100	2SB897	P-DARL+D	100	10	80
2SB703	SI-P	100	4	40	2SB908	P-DARL+D	80	4	15
2SB705	SI-P	140	10	120	2SB909	SI-P	40	1	1
2SB707	SI-P	80	7	40	2SB922	SI-P	120	12	80
2SB709	SI-P	45	0,1	0,2	2SB926	SI-P	30	2	0,75
2SB716	SI-P	120	0,05	0,75	2SB938A	P-DARL+D	60	4	40
2SB720	SI-P	200	2	25	2SB940	SI-P	200	2	35
2SB727	P-DARL+D	120	6	50	2SB941	SI-P	60	3	35
2SB731	SI-P	60	1	10	2SB945	SI-P	130	5	40
2SB733	SI-P	20	2	1	2SB946	SI-P	130	7	40
2SB734	SI-P	60	1	1	2SB950A	P-DARL+D	80	4	40
2SB739	SI-P	20/16	2	0,9	2SB953A	SI-P	50	7	30

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SB955	P-DARL+D	120	10	50	2SC1439	SI-N	150	50mA	0,5
2SB975	P-DARL+D	100	8	40	2SC1445	SI-N	100	6	40
2SB976	SI-P	27	5	0,75	2SC1446	SI-N	300	0,1	10
2SB985	SI-P	60	3	1	2SC1447	SI-N	300	0,15	20
2SB986	SI-P	60	4	10	2SC1448	SI-N	150	1,5	25
2SB988	SI-P	60	3	30	2SC1449	SI-N	40	2	5
2SC1000	SI-N	55	0,1	0,2	2SC1450	SI-N	150	0,4	20
2SC1008	SI-N	80	0,7	0,8	2SC1454	SI-N	300	4	50
2SC1012A	SI-N	250	60mA	0,75	2SC1474-4	SI-N	20	2	0,75
2SC1014	SI-N	50	1,5	7	2SC1501	SI-N	300	0,1	10
2SC1030	SI-N	150	6	50	2SC1505	SI-N	300	0,2	15
2SC1046	SI-N	1000	3	25	2SC1507	SI-N	300	0,2	15
2SC1047	SI-N	30	20mA	0,4	2SC1509	SI-N	80	0,5	1
2SC1050	SI-N	300	1	40	2SC1515	SI-N	200	0,05	0,2
2SC1051	SI-N	150	7	60	2SC1520	SI-N	300	0,2	12,5
2SC1061	SI-N	50	3	25	2SC1545	N-DARL	40	0,3	0,3
2SC1070	SI-N	30	20mA		2SC1567	SI-N	100	0,5	5
2SC1080	SI-N	110	12	100	2SC1570	SI-N	55	0,1	0,2
2SC109	SI-N	50	0,6	0,6	2SC1571	SI-N	40	0,1	0,2
2SC1096	SI-N	40	3	10	2SC1573	SI-N	200	0,1	1
2SC1106	SI-N	350	2	80	2SC1577	SI-N	500	8	80
2SC1114	SI-N	300	4	100	2SC1583	SI-N	50	0,1	0,4
2SC1115	SI-N	140	10	100	2SC1619	SI-N	100	6	50
2SC1116	SI-N	180	10	100	2SC1623	SI-N	60	0,1	0,2
2SC1161	SI-P	160	12	120	2SC1624	SI-N	120	1	15
2SC1162	SI-N	35	1,5	10	2SC1627	SI-N	80	0,4	0,8
2SC1172	SI-N	1500	5	50	2SC1675	SI-N	50	0,03	0,25
2SC1195	SI-N	200	2,5	100	2SC1678	SI-N	65	3	3
2SC1213C	SI-N	50	0,5	0,4	2SC1688	SI-N	50	30mA	0,4
2SC1214	SI-N	50	0,5	0,6	2SC1708A	SI-N	120	50mA	0,2
2SC1215	SI-N	30	50mA	0,4	2SC1729	SI-N	35	3,5	16
2SC1216	SI-N	40	0,2	0,3	2SC1730	SI-N	30	0,05	
2SC1226	SI-N	40/50	2	10	2SC1740	SI-N	40	100mA	0,3
2SC1238	SI-N	35	0,15	5	2SC1741	SI-N	40	0,5	0,3
2SC1247A	SI-N	50	0,5	0,4	2SC1756	SI-N	300	0,2	
2SC1308	SI-N	1500	7	50	2SC1760	SI-N	100	1	7,9
2SC1312	SI-N	35	0,1	0,15	2SC1775A	SI-N	120	0,05	0,2
2SC1318	SI-N	60	0,5	0,6	2SC1781	SI-N	50	0,5	0,35
2SC1343	SI-N	150	10	100	2SC1815	SI-N	50	0,15	0,4
2SC1345	SI-N	55	0,1	0,1	2SC1815BL	SI-N	60	0,15	0,4
2SC1359	SI-N	30	30mA	0,4	2SC1815GR	SI-N	60	0,15	0,4
2SC1360	SI-N	50	0,05	1	2SC1815Y	SI-N	60	0,15	0,4
2SC1362	SI-N	50	0,2	0,25	2SC1827	SI-N	100	4	30
2SC1368	SI-N	25	1,5	8	2SC1832	N-DARL	500	15	150
2SC1382	SI-N	80	0,75	5	2SC1841	SI-N	120	0,05	0,5
2SC1384	SI-N	60	1	1	2SC1844	SI-N	60	0,1	0,5
2SC1393	SI-N	30	20mA	250	2SC1845	SI-N	120	0,05	0,5
2SC1398	SI-N	70	2	15	2SC1846	SI-N	120	0,05	0,5
2SC1413A	SI-N	1200	5	50	2SC1847	SI-N	50	1,5	1,2
2SC1419	SI-N	50	2	20	2SC1855	SI-N	20	20mA	0,25
2SC1426	SI-N	35	0,2		2SC1871	SI-N	450	15	150
2SC1431	SI-N	110	2	23	2SC1879	N-DARL+D	120	2	0,8
2SC1432	N-DARL	30	0,3	0,3	2SC1890	SI-N	90	0,05	0,3

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SC1895	SI-N	1500	6	50	2SC2261	SI-N	180	8	80
2SC1906	SI-N	19	0,05	0,3	2SC2267	SI-N	400/360	0,1	0,4
2SC1907	SI-N	30	0,05		2SC2270	SI-N	50	5	10
2SC1913	SI-N	150	1	15	2SC2271	SI-N	300	0,1	0,9
2SC1914	SI-N	90	50mA	0,2	2SC2275	SI-N	120	1,5	25
2SC1921	SI-N	250	0,05	0,6	2SC2283	SI-N	38	0,75	2,8
2SC1922	SI-N	1500	2,5	50	2SC2287	SI-N	38	1,5	7,1
2SC1929	SI-N	300	0,4	25	2SC2295	SI-N	30	0,03	0,2
2SC1941	SI-N	160	50mA	0,8	2SC2307	SI-N	500	12	100
2SC1945	SI-N	80	6	20	2SC2308	SI-N	55	0,1	0,2
2SC1946A	SI-N	35	7	50	2SC2310	SI-N	55	0,1	0,2
2SC1947	SI-N	35	1	4/	2SC2312	SI-N	60	6	
2SC1953	SI-N	150	0,05	1,2	2SC2314	SI-N	45	1	5
2SC1957	SI-N	40	1	1,8/	2SC2320	SI-N	50	0,2	0,3
2SC1959	SI-N	30	0,5	0,5	2SC2329	SI-N	38	0,75	2
2SC1967	SI-N	35	2	8	2SC2331	SI-N	150	2	15
2SC1968	SI-N	35	5	3	2SC2333	SI-N	500/400	2	40
2SC1969	SI-N	60	6	20	2SC2334	SI-N	150	7	40
2SC1970	SI-N	40	0,6	5	2SC2335	SI-N	500	7	40
2SC1971	SI-N	35	2	12,5	2SC2336B	SI-N	250	1,5	25
2SC1972	SI-N	35	3,5	25	2SC2344	SI-N	180	1,5	25
2SC1975	SI-N	120	2	3,8	2SC2362	SI-N	120	50mA	0,4
2SC1980	SI-N	120	20mA	0,25	2SC2363	SI-N	120	50mA	0,5
2SC1984	SI-N	100	3	30	2SC2365	SI-N	600	6	50
2SC1985	SI-N	80	6	40	2SC2369	SI-N	25	70mA	0,25
2SC2023	SI-N	300	2	40	2SC2383	SI-N	160	1	0,9
2SC2026	SI-N	30	0,05	0,25	2SC2389	SI-N	120	50mA	0,3
2SC2027	SI-N	1500/800	5	50	2SC2407	SI-N	35	0,15	0,16
2SC2053	SI-N	40	0,3	0,6	2SC2412	SI-N	50	0,1	
2SC2055	SI-N	18	0,3	0,5	2SC2433	SI-N	120	30	150
2SC2058	SI-N	40	0,05	0,25	2SC2440	SI-N	450	5	40
2SC2060	SI-N	40	0,7	0,75	2SC2458	SI-N	50	0,15	0,2
2SC2061	SI-N	80	1	0,75	2SC2466	SI-N	30	0,05	
2SC2068	SI-N	300	0,05		2SC2482	SI-N	300	0,1	0,9
2SC2073	SI-N	150	1,5	25	2SC2485	SI-N	100	6	70
2SC2078	SI-N	80	3	10	2SC2486	SI-N	120	7	80
2SC2086	SI-N	75	1		2SC2491	SI-N	100	6	40
2SC2092	SI-N	75	3	5	2SC2497	SI-N	70	1,5	5
2SC2120	SI-N	30	0,8	0,6	2SC2498	SI-N	30	0,05	0,3
2SC2122	SI-N	800	10	50	2SC2508	SI-N	40	6	50
2SC2166	SI-N	75	4	12,5	2SC2510	SI-N	55	20	
2SC2168	SI-N	200	2	30	2SC2512	SI-N	30	50mA	
2SC2200	SI-N	500	7	40	2SC2516	SI-N	150	5	30
2SC2209	SI-N	50	1,5	10	2SC2517	SI-N	150	5	30
2SC2216	SI-N	45	50mA	0,3	2SC2538	SI-N	40	0,4	0,7
2SC2228	SI-N	160	0,05	0,75	2SC2539	SI-N	35	4	17
2SC2229	SI-N	200	50mA	0,8	2SC2542	SI-N	450	5	40
2SC2230	SI-N	200	0,1	0,8	2SC2547	SI-N	120	0,1	0,4
2SC2233	SI-N	200	4	40	2SC2551	SI-N	300	0,1	0,4
2SC2235	SI-N	120	0,8	0,9	2SC2552	SI-N	500	2	20
2SC2236	SI-N	30	1,5	0,9	2SC2553	SI-N	500	5	40
2SC2238	SI-N	160	1,5	25	2SC2562	SI-N	60	5	25
2SC2240	SI-N	120	50mA	0,3	2SC2563	SI-N	120	8	80

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SC2570A	SI-N	25	70mA	0,6	2SC288A	SI-N	35	20mA	0,15
2SC2579	SI-N	160	8	80	2SC2898	SI-N	500	8	50
2SC2581	SI-N	200	10	100	2SC2901	SI-N	40	0,2	0,6
2SC2590	SI-N	120	0,5	5	2SC2908	SI-N	200	5	50
2SC2592	SI-N	180	1	20	2SC2910	SI-N	160	70mA	0,9
2SC2603	SI-N	50	0,2	0,3	2SC2911	SI-N	180	140mA	10
2SC2610	SI-N	300	0,1	0,8	2SC2912	SI-N	200	140mA	10
2SC2611	SI-N	300	0,1	0,8	2SC2922	SI-N	180	17	200
2SC2621E	SI-N	300	0,2	10	2SC2923	SI-N	300	0,1	
2SC2625	SI-N	450	10	80	2SC2928	SI-N	1500	5	50
2SC2630	SI-N	35	14	100	2SC2939	SI-N	500	10	100
2SC2631	SI-N	150	50mA	0,75	2SC2958	SI-N	160	0,5	1
2SC2632	SI-N	150	50mA	1	2SC2979	SI-N	800	3	40
2SC2634	SI-N	60	0,1	0,4	2SC2987	SI-N	140	12	120
2SC2653	SI-N	350	0,2	15	2SC2988	SI-N	36	0,5	
2SC2654	SI-N	40	7	40	2SC2999	SI-N	20	30mA	
2SC2655	SI-N	50	2	0,9	2SC3019	SI-N	35	0,4	0,6
2SC2656	SI-N	450	7	80	2SC3020	SI-N	35	1	10
2SC2660	SI-N	200	2	30	2SC3022	SI-N	35	7	50
2SC2668	SI-N	30	20mA	0,1	2SC3026	SI-N	1700	5	50
2SC2671	SI-N	15	80mA	0,6	2SC3030	N-DARL	900	7	80
2SC2682	SI-N	180	0,1	8	2SC3039	SI-N	500	7	52
2SC2690	SI-N	120	1,2	20	2SC3042	SI-N	500/400	12	100
2SC2694	SI-N	35	20	140	2SC3052F	SI-N	50	0,2	0,15
2SC2705	SI-N	150	50mA	0,8	2SC3063	SI-N	300	0,1	1,2
2SC2706	SI-N	140	10	100	2SC3067	2xSI-N	130	50mA	0,5
2SC2712	SI-N	50	0,15	0,15	2SC3068	SI-N	30	0,3	15
2SC2714	SI-N	30	20mA	0,1	2SC3071	SI-N	120	0,2	15
2SC2717	SI-N	30	50mA	0,3	2SC3073	SI-N	30	3	15
2SC2724	SI-N	30	30mA		2SC3074	SI-N	60	5	20
2SC2749	SI-N	500	10	100	2SC3075	SI-N	500	0,8	10
2SC2750	SI-N	150	15	100	2SC3089	SI-N	800	7	80
2SC2751	SI-N	500	15	120	2SC3101	SI-N	250	30	200
2SC2752	SI-N	500	0,5	10	2SC3102	SI-N	35	18	170
2SC2753	SI-N	17	0,07	0,3	2SC3112	SI-N	50	0,15	0,4
2SC2759	SI-N	30	50mA	0,2	2SC3116	SI-N	180	0,7	10
2SC2786	SI-N	20	20mA		2SC3117	SI-N	180	1,5	10
2SC2787	SI-N	50	30mA	0,3	2SC3133	SI-N	60	6	1,5
2SC2791	SI-N	900	5	100	2SC3148	SI-N	900	3	40
2SC2792	SI-N	850	2	80	2SC3150	SI-N	900	3	50
2SC2793	SI-N	900	5	100	2SC3153	SI-N	900	6	100
2SC2802	SI-N	300	0,2	10	2SC3157	SI-N	150	10	60
2SC2808	SI-N	100	50mA	0,5	2SC3158	SI-N	500	7	60
2SC2810	SI-N	500	7	50	2SC3164	SI-N	500	10	100
2SC2812	SI-N	55	0,15	0,2	2SC3169	SI-N	500	2	25
2SC2814	SI-N	30	0,03		2SC3175	SI-N	400	7	50
2SC2825	SI-N	80	6	70	2SC3178	SI-N	1200	2	60
2SC2837	SI-N	150	10	100	2SC3179	SI-N	60	4	30
2SC2839	SI-N	20	30mA	0,15	2SC3180N	SI-N	80	6	60
2SC2851	SI-N	36	0,3	1	2SC3181N	SI-N	120	8	80
2SC2873	SI-N	50	2	0,5	2SC3182N	SI-N	140	10	100
2SC2878	SI-N	20	0,3	0,4	2SC3195	SI-N	30	20mA	0,1
2SC2882	SI-N	90	0,4	0,5	2SC3199	SI-N	60	0,15	0,2

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SC3200	SI-N	120	0,1	0,3	2SC3383	SI-N	60	0,2	0,5
2SC3202	SI-N	35	0,5	0,5	2SC3397	SI-N	50	0,1	
2SC3203	SI-N	35	0,8	0,6	2SC3399	SI-N	50	0,1	
2SC3205	SI-N	30	2	1	2SC3400	SI-N	50	0,1	
2SC3206	SI-N	150	0,5	0,8	2SC3401	SI-N	50	0,1	
2SC3210	SI-N	500	10	100	2SC3402	SI-N	50	0,1	
2SC3211	SI-N	800	5	70	2SC3405	SI-N	900	0,8	20
2SC3212	SI-N	800	7	3	2SC3409	SI-N	900	2	80
2SC3225	SI-N	40	2	0,9	2SC3416	SI-N	200	0,1	5
2SC3231	SI-N	200	4	40	2SC3419	SI-N	40	0,8	5
2SC3240	SI-N	50	25	110	2SC3420	SI-N	50	5	10
2SC3242	SI-N	20	2	0,9	2SC3421O	SI-N	120	1	1,5
2SC3244E	SI-N	100	0,5	0,9	2SC3421Y	SI-N	120	1	10
2SC3245A	SI-N	150	0,1	0,9	2SC3422Y	SI-N	40	3	10
2SC3246	SI-N	30	1,5	0,9	2SC3423	SI-N	150	50mA	5
2SC3247	SI-N	50	1	0,9	2SC3425	SI-N	500	0,8	10
2SC3257	SI-N	250	10	40	2SC3446	SI-N	800	7	40
2SC3258	SI-N	100	5	30	2SC3447	SI-N	800	5	50
2SC3260	N-DARL	800	3	50	2SC3456	SI-N	1100/800	1,5	40
2SC3262	N-DARL	800	10	100	2SC3457	SI-N	1100	3	50
2SC3263	SI-N	230	15	130	2SC3460	SI-N	1100	6	100
2SC3264	SI-N	230	17	200	2SC3461	SI-N	1100/800	8	120
2SC3271	SI-N	300	1	5	2SC3466	SI-N	1200/650	8	120
2SC3277	SI-N	500	10	90	2SC3467	SI-N	200	0,1	1
2SC3279	SI-N	10	2	0,75	2SC3468	SI-N	300	0,1	1
2SC3280	SI-N	160	12	120	2SC3486	SI-N	1500	6	120
2SC3281	SI-N	200	15	150	2SC3502	SI-N	200	0,1	1,2
2SC3284	SI-N	150	14	125	2SC3503	SI-N	300	0,1	7
2SC3293	N-DARL+D	50	1,2	20	2SC3504	SI-N	70	0,05	0,9
2SC3297	SI-N	30	3	15	2SC3505	SI-N	900	6	80
2SC3299	SI-N	60	5	20	2SC3507	SI-N	1000/800	5	80
2SC3300	SI-N	100	15	100	2SC3509	N-DARL+D	900	10	100
2SC3303	SI-N	100	5	20	2SC3514	SI-N	180	0,1	10
2SC3306	SI-N	500	10	100	2SC3518	SI-N	60	5	10
2SC3307	SI-N	900	10	150	2SC3520	SI-N	500	18	130
2SC3309	SI-N	500	2	20	2SC3526	SI-N	110	0,15	7A
2SC3310	SI-N	500	5	30	2SC3528	SI-N	500	20	125
2SC3311	SI-N	60	0,1	0,3	2SC3549	SI-N	900	3	40
2SC3320	SI-N	500	15	80	2SC3552	SI-N	1100	12	150
2SC3326	SI-N	20	0,3	0,15	2SC3568	SI-N	150	10	30
2SC3327	SI-N	50	0,3	0,2	2SC3571	SI-N	500	7	30
2SC3328	SI-N	80	2	0,9	2SC3577	SI-N	850	5	80
2SC3330	SI-N	60	0,2	0,3	2SC3581	SI-N	55	0,4	0,9
2SC3331	SI-N	60	0,2	0,5	2SC3591	SI-N	400	7	50
2SC3332	SI-N	180	0,7	0,7	2SC3595	SI-N	30	0,5	5
2SC3334	SI-N	250	50mA	0,9	2SC3596	SI-N	80	0,3	8
2SC3345	SI-N	60	12	40	2SC3597	SI-N	80	0,5	10
2SC3346	SI-N	80	12	40	2SC3599	SI-N	120	0,3	8
2SC3355	SI-N	20	0,1	0,6	2SC3600	SI-N	200	0,1	7
2SC3356	SI-N	20	0,1	0,2	2SC3601	SI-N	200	0,15	7
2SC3377	SI-N	40	1	0,6	2SC3608	SI-N	20	0,08	
2SC3378	SI-N	120	0,1	0,2	2SC3611	SI-N	50	0,15	4
2SC3381	2xSI-N	80	0,1	0,4	2SC3616	SI-N	25	0,7	

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SC3621	SI-N	150	1,5	10	2SC3896	SI-N	1500	8	70
2SC3623	SI-N	60	0,15	0,25	2SC3897	SI-N	1500	10	70
2SC3632	SI-N	600	1	10	2SC3902	SI-N	180	1,5	10
2SC3636	SI-N	900/500	7	80	2SC3907	SI-N	180	12	130
2SC3642	SI-N	1200	6	100	2SC3927	SI-N	900	10	120
2SC3655	SI-N	50	0,1	0,4	2SC3940	SI-N	30	1	1
2SC3656	SI-N	50	0,1	0,4	2SC3943	SI-N	110	0,15	2
2SC3659	SI-N+D	1700/800	5	50	2SC3944	SI-N	150	1	40
2SC3668	SI-N	50	2	1	2SC3948	SI-N	850	10	75
2SC3669	SI-N	80	2	1	2SC3950	SI-N	30	0,5	5
2SC3675	SI-N	1500/900	0,1	10	2SC3952	SI-N	80	0,5	10
2SC3678	SI-N	900	3	80	2SC3953	SI-N	120	0,2	8
2SC3679	SI-N	900/800	5	100	2SC3954	SI-N	120	0,3	8
2SC3680	SI-N	900/800	7	120	2SC3955	SI-N	200	0,1	7
2SC3684	SI-N+D	1500	10	150	2SC3956	SI-N	200	0,2	7
2SC3688	SI-N	1500	10	150	2SC3964	SI-N	40	2	1,5
2SC3692	SI-N	100	7	30	2SC3972	SI-N	800/500	5	40
2SC373	SI-N	35	0,1	0,2	2SC3973A	SI-N	900	7	45
2SC3746	SI-N	80	5	20	2SC3979A	SI-N	800	3	2
2SC3748	SI-N	80	10	30	2SC3987	N-DARL+D	50	3	15
2SC3752	SI-N	1100/800	3	30	2SC3996	SI-N	1500/800	15	180
2SC3781	SI-N	120	0,4	15	2SC3998	SI-N	1500	25	250
2SC3782	SI-N	200	0,2	15	2SC3999	SI-N	300	0,1	0,75
2SC3783	SI-N	800	5	100	2SC4004	SI-N	900/800	1	30
2SC3787	SI-N	180	0,14	10	2SC4020	SI-N	900	3	50
2SC3788	SI-N	200	0,1	5	2SC4024	SI-N	100	10	35
2SC3789	SI-N	300	0,1	7	2SC4029	SI-N	230	15	150
2SC3790	SI-N	300	0,1	7	2SC4043	SI-N	20	50mA	0,15
2SC3792	SI-N	50	0,5	0,5	2SC4046	SI-N	120	0,2	8
2SC3795A	SI-N	900	5	40	2SC4052	SI-N	600	3	40
2SC3807	SI-N	30	2	15	2SC4056	SI-N	600	8	45
2SC3808	N-DARL	80	2		2SC4059	SI-N	600/450	15	130
2SC380TM	SI-N	30	50mA	0,3	2SC4064	SI-N	50	12	35
2SC3811	SI-N	40	0,1	0,4	2SC4107	SI-N	500/400	10	60
2SC3831	SI-N	500	10	100	2SC4119	N-DARL+D	1500	15	250
2SC3833	SI-N	500/400	12	100	2SC4123	SI-N+D	1500	7	60
2SC3842	SI-N	600	10	70	2SC4125	SI-N+D	1500/800	10	70
2SC3844	SI-N	600	15	75	2SC4131	SI-N	100	15	60
2SC3851	SI-N	80	4	25	2SC4135	SI-N	120	2	15
2SC3852	SI-N	80	3	25	2SC4137	SI-N	25	0,1	
2SC3855	SI-N	200	10	100	2SC4138	SI-N	500	10	80
2SC3857	SI-N	200	15	150	2SC4153	SI-N	200	7	30
2SC3858	SI-N	200	17	200	2SC4157	SI-N	600	10	100
2SC3866	SI-N	900	3	40	2SC4159	SI-N	180	1,5	15
2SC3868	SI-N	500	1,5	25	2SC4161	SI-N	500	7	30
2SC3883	SI-N+D	1500	6	50	2SC4169	N-DARL+D	50	1,2	1
2SC3884A	SI-N	1500	6	50	2SC4199	SI-N	1400	10	100
2SC3886A	SI-N	1500	8	50	2SC4200	SI-N	20	0,6	5
2SC388A	SI-N	25	50mA	0,3	2SC4204	SI-N	30	0,7	0,6
2SC3890	SI-N	500	7	30	2SC4231	SI-N	1200/800	2	30
2SC3892A	SI-N+D	1500	7	50	2SC4235	SI-N	1200/800	3	80
2SC3893A	SI-N+D	1500	8	50	2SC4236	SI-N	1200/800	6	100
2SC3895	SI-N	1500/800	8	70	2SC4237	SI-N	1200/800	10	150

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SC4242	SI-N	450/400	7	40	2SC4924	SI-N	800	10	70
2SC4256	SI-N	1500	10	175	2SC4977	SI-N	450	7	40
2SC4278	SI-N	150	10	100	2SC5002	SI-N	1500	7	80
2SC4289A	SI-N	1500	16	200	2SC5003	SI-N+D	1500	7	80
2SC4290A	SI-N	1500	20	200	2SC5027	SI-N	1100	3	50
2SC4297	SI-N	500	12	75	2SC5030	SI-N	50	5	1,3
2SC4298	SI-N	500	15	80	2SC5045	SI-N	1600	15	75
2SC4300	SI-N	900	5	75	2SC5047	SI-N	1600	25	250
2SC4304	SI-N	800	3	35	2SC5048	SI-N	1500	12	50
2SC4308	SI-N	30	0,3	0,6	2SC5070	SI-N	30	2	1,5
2SC4313	SI-N	900	10	100	2SC5086	SI-N	20	80mA	
2SC4381	SI-N	150	2	25	2SC509	SI-N	35	0,5	0,6
2SC4382	SI-N	200	2	25	2SC5144	SI-N	1700	20	200
2SC4386	SI-N	160/120	8	75	2SC5148	SI-N	1500	8	50
2SC4387	SI-N	200	10	80	2SC5149	SI-N+D	1500	8	50
2SC4388	SI-N	200	15	85	2SC5150	SI-N	1700	10	50
2SC4408	SI-N	80	2	0,9	2SC5171	SI-N	180	2	20
2SC4429	SI-N	1100/800	8	60	2SC5198	SI-N	140	10	100
2SC4430	SI-N	1100	12	65	2SC5207	SI-N	1500	10	50
2SC4431	SI-N	120	1,5	20	2SC5242	SI-N	230	15	130
2SC4439	SI-N	180	0,3	8	2SC5244A	SI-N	1600	30	200
2SC4467	SI-N	160/120	8	80	2SC5296	SI-N+D	1500	8	60
2SC4468	SI-N	200	10	80	2SC5297	SI-N	1500	8	60
2SC4484	SI-N	30	2,5	1	2SC5299	SI-N	1500	10	70
2SC4488	SI-N	120	1	1	2SC535	SI-N	20	20mA	0,1
2SC4511	SI-N	120	6	30	2SC620	SI-N	50	0,2	0,25
2SC4512	SI-N	120	6	50	2SC643	SI-N	1100	2,5	50
2SC4517	SI-N	900	3	30	2SC644	SI-N	30	50mA	0,25
2SC4517A	SI-N	1000	3	30	2SC645	SI-N	30	30mA	0,14
2SC4531	SI-N+D	1500	10	50	2SC710	SI-N	30	0,03	
2SC4532	SI-N	1700	10	200	2SC711	SI-N	30	0,05	
2SC4538	SI-N	900	5	80	2SC712	SI-N	30	0,5	
2SC454	SI-N	30	0,1		2SC717	SI-N	30	50mA	0,2
2SC4542	SI-N	1500	10	50	2SC730	SI-N	40	0,4	PQ=1,5
2SC4547	N-DARL+D	85	3	30	2SC732	SI-N	50	0,15	0,4
2SC4557	SI-N	900	10	80	2SC735	SI-N	35	0,4	0,3
2SC4560	SI-N	1500	10	80	2SC752	SI-N	15	100mA	0,1
2SC4582	SI-N	600	100	65	2SC756	SI-N	40	4	10
2SC460	SI-N	30	0,1	0,2	2SC815	SI-N	60	0,2	0,25
2SC461	SI-N	30	0,1	0,2	2SC828	SI-N	30	0,05	0,25
2SC4745	SI-N	1500	6		2SC829	SI-N	30	30mA	0,4
2SC4747	SI-N	1500	10	50	2SC839	SI-N	50	0,03	
2SC4758	SI-N	1500	8	50	2SC867	SI-N	400	1	23
2SC4769	SI-N+D	1500	7	60	2SC869	SI-N	160	30mA	0,2
2SC4770	SI-N	1500/800	7	60	2SC898A	SI-N	150	7	80
2SC4793	SI-N	230	1	2	2SC900	SI-N	30	0,03	
2SC4804	SI-N	900	3	30	2SC936	SI-N	1000	1	22
2SC4820	SI-N	450	6	30	2SC941	SI-N	35	20mA	0,2
2SC4826	SI-N	200	3	1,3	2SC982	N-DARL	40	0,3	0,4
2SC4834	SI-N	500	8	45	2SD1010	SI-N	50	50mA	0,3
2SC4883A	SI-N	180	2	20	2SD1012	SI-N	20	0,7	0,25
2SC4891	SI-N	1500	15	75	2SD1018	SI-N	250	4	80
2SC4908	SI-N	900	3	35	2SD1027	N-DARL+D	20	15	100

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SD1033	SI-N	200	2	20	2SD1293	SI-N	120	1	1
2SD1036	SI-N	150/120	15	150	2SD1297	N-DARL+D	150	25	100
2SD1047	SI-N	160	12	100	2SD1302	SI-N	25	0,5	0,6
2SD1048	SI-N	20	0,7	0,25	2SD1306	SI-N	30	0,7	
2SD1049	SI-N	120	25	100	2SD1308	N-DARL+D	150	8	40
2SD1051	SI-N	50	1,5	1	2SD1313	SI-N	800	25	200
2SD1055	SI-N	40	2	0,75	2SD1314	N-DARL+D	600	15	150
2SD1062	SI-N	60	12	40	2SD1330	SI-N	25	0,5	0,6
2SD1064	SI-N	60	12	80	2SD1347	SI-N	60	3	1
2SD1065	SI-N	60	15	90	2SD1348	SI-N	60	4	10
2SD1073	N-DARL	300	4	40	2SD1350A	SI-N	600	0,5	1
2SD1088	N-DARL	300	6	30	2SD1376K	N-DARL+D	120	1,5	40
2SD1113K	N-DARL+D	300	6	40	2SD1378	SI-N	80	0,7	10
2SD1128	N-DARL	150	5	30	2SD1379	N-DARL	40	2	10
2SD1135	SI-N	80	4	40	2SD1380	SI-N	40	2	10
2SD1138	SI-N	200	2	30	2SD1382	SI-N	120	1	10
2SD1140	N-DARL	30	1,5	0,9	2SD1384	SI-N	40	2	0,75
2SD1145	SI-N	60	5	0,9	2SD1391	SI-N	1500	5	80
2SD1148	SI-N	140	10	100	2SD1392	N-DARL+D	60	5	30
2SD1153	SI-N	80	1,5	0,9	2SD1397	SI-N+D	1500	3,5	50
2SD1163A	SI-N	300	7	40	2SD1398	SI-N+D	1500	5	50
2SD1164	SI-N	150	1,5	10	2SD1399	SI-N+D	1500	6	80
2SD1173	SI-N+D	1500	5	70	2SD1403	SI-N	1500	6	120
2SD1187	SI-N	100	10	80	2SD1404	SI-N+D	300	7	25
2SD1189	SI-N	40	2	5	2SD1405	SI-N	50	3	25
2SD1192	N-DARL+D	70	10	40	2SD1406	SI-N	60	3	25
2SD1196	N-DARL+D	110	8	40	2SD1407	SI-N	100	5	30
2SD1198	N-DARL	30	1	1	2SD1408	SI-N	80	4	30
2SD1207	SI-N	60	2	1	2SD1409	N-DARL+D	600	6	25
2SD1210	N-DARL+D	150	10	80	2SD1411	SI-N	100	7	30
2SD1213	SI-N	60	20	50	2SD1413	N-DARL+D	60	3	20
2SD1225	SI-N	40	1	1	2SD1415	N-DARL+D	100	7	30
2SD1238	SI-N	120	12	80	2SD1427	SI-N+D	1500	5	80
2SD1244	SI-N+D	2500/900	1	50	2SD1428	SI-N+D	1500	6	80
2SD1246	SI-N	30	2	0,75	2SD1432	SI-N	1500	6	80
2SD1247	SI-N	30	2,5	1	2SD1439	SI-N+D	1500	3	50
2SD1254	SI-N	130	3	30	2SD1441	SI-N+D	1500	4	80
2SD1255	SI-N	130	4	35	2SD1446	N-DARL+D	500	6	40
2SD1263A	SI-N	400	0,75	35	2SD1453	SI-N	1500	3	50
2SD1264	SI-N	200	2	30	2SD1457	N-DARL+D	140	6	60
2SD1265	SI-N	60	4	30	2SD1458	SI-N	20	0,7	1
2SD1266	SI-N	60	3	35	2SD1491	N-DARL+D	70	2	10
2SD1267	SI-N	60	4	40	2SD1496	SI-N	1500	5	50
2SD1270	SI-N	130	5	2	2SD1497-02	SI-N	1500	6	50
2SD1271	SI-N	130	7	40	2SD1504	SI-N	30	0,5	0,3
2SD1272	SI-N	200	1	40	2SD1506	SI-N	60	3	10
2SD1273	SI-N	80	3	40	2SD1508	N-DARL	30	1,5	10
2SD1274	SI-N	150	5	40	2SD1509	N-DARL+D	80	2	10
2SD1276	N-DARL	60	4	40	2SD1511	N-DARL	100	1	1
2SD1286	N-DARL+D	60	1	8	2SD1521	N-DARL+D	50	1,5	2
2SD1288	SI-N	120	7	70	2SD1525	N-DARL+D	100	30	150
2SD1289	SI-N	120	8	80	2SD1526	SI-N	130	1	1
2SD1292	SI-N	120	1	0,9	2SD1541	SI-N	1500	3	50

Таблица 2.22 (продолжение)

Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт	Тип	Струк.	U, В	I, А	P, Вт
2SD155	SI-N	80	3	25	2SD1796	N-DARL+D	60	4	25
2SD1554	SI-N+D	1500	3,5	40	2SD1802	SI-N	60	3	15
2SD1555	SI-N+D	1500	5	40	2SD1806	SI-N+D	40	2	15
2SD1556	SI-N+D	1500	6	50	2SD1809	N-DARL	60	1	0,9
2SD1563A	SI-N	160	1,5	10	2SD1812	SI-N	160	1,5	0,9
2SD1565	N-DARL+D	100	5	30	2SD1815	SI-N	120	3	20
2SD1576	SI-N	1500	2,5	48	2SD1817	SI-D	80	3	15
2SD1577	SI-N	1500	5	80	2SD1825	N-DARL+D	70	4	20
2SD1579	N-DARL+D	150	1,5	1	2SD1827	N-DARL+D	70	10	30
2SD1589	N-DARL+D	100	5	20	2SD1830	N-DARL+D	110	8	30
2SD1590	N-DARL+D	150	8	25	2SD1843	N-DARL+D	60	1	1
2SD1595	N-DARL+D	60	5	20	2SD1847	SI-N+D	1500/700	5	100
2SD1610	SI-N	200	0,1	1,3	2SD1849	SI-N+D	1500/700	7	120
2SD1624	SI-N	60	3	0,5	2SD1856	N-DARL+D	60	5	25
2SD1632	N-DARL+D	1500	4	80	2SD1857	SI-N	120	1,5	1
2SD1647	N-DARL+D	50	2	25	2SD1858	SI-N	40	1	1
2SD1649	SI-N+D	1500/800	2,5	50	2SD1859	SI-N	80	0,7	1
2SD1650	SI-N+D	1500/800	3,5	50	2SD1862	SI-N	40	2	1
2SD1651	SI-N+D	1500/800	5	60	2SD1863	SI-N	120	1	1
2SD1652	SI-N+D	1500	6	60	2SD1864	SI-N	60	3	1
2SD1656	SI-N	1500	6	50	2SD1877	SI-N+D	1500/800	4	50
2SD1663	SI-N	1500	5	80	2SD1878	SI-N+D	1500	5	60
2SD1664	SI-N	40	1	0,5	2SD1880	SI-N+D	1500	8	70
2SD1666	SI-N	60	3	20	2SD1881	SI-N+D	1500	10	70
2SD1667	SI-N	60	5	25	2SD1887	SI-N	1500/800	10	70
2SD1668R	SI-N	60	7	30	2SD1894	SI-N	160	7	70
2SD1669	SI-N	60	12	30	2SD1895	N-DARL	160	8	100
2SD1677	SI-N	1500	5	100	2SD1913	SI-N	60	3	20
2SD1680	SI-N	330/200	7	70	2SD1929	N-DARL+D	60	2	1,2
2SD1681	SI-N	20	1,2	10	2SD1930	N-DARL	100	2	1,2
2SD1683	SI-N	60	4	10	2SD1933	N-DARL+D	80	4	30
2SD1684	SI-N	120	1,2	10	2SD1944	SI-N	80	3	30
2SD1706	SI-N	130/80	15	80	2SD1958	SI-N	200	4,5	30
2SD1707	SI-N	130/80	20	100	2SD1959	SI-N	1400	10	50
2SD1710	SI-N	1500/800	5	100	2SD1978	N-DARL+D	120	1,5	0,9
2SD1725	SI-N	120	4	20	2SD198	SI-N	300	1	25
2SD1729	SI-N+D	1500/700	3,5	60	2SD1991	SI-N	60	0,1	0,4
2SD1730	SI-N+D	1500/700	5	100	2SD1992	SI-N	30	0,5	0,6
2SD1739	SI-N	1500/700	6	100	2SD1994	SI-N	60	1	1
2SD1740	N-DARL	150	5	25	2SD1996	SI-N	25	0,5	0,6
2SD1758	SI-N	40	2	10	2SD200	SI-N	1500	2,5	10
2SD1760	SI-N	60	3	15	2SD2006	SI-N	80	0,7	1,2
2SD1761	SI-N	80	3	35	2SD2007	SI-N	40	2	1,2
2SD1762	SI-N	60	3	25	2SD2010	N-DARL	60	2	1,2
2SD1763A	SI-N	120	1,5	20	2SD2012	SI-N	60	3	25
2SD1764	N-DARL+D	60	2	20	2SD2018	N-DARL+D	60	1	5
2SD1765	N-DARL+D	100	2	20	2SD2052	SI-N	150	9	100
2SD1769	N-DARL+D	120	6	50	2SD2061	SI-N	80	3	30
2SD1776	SI-N	80	2	25	2SD2066	SI-N	160	12	120
2SD1783	N-DARL+D	60	5	30	2SD2088	N-DARL+D	60	2	0,9
2SD1785	N-DARL+D	120	6	30	2SD2125	SI-N+D	1500	5	50
2SD1790	N-DARL+D	200	4	25	2SD213	SI-N	110	10	100
2SD1791	N-DARL	100	7	30	2SD2136	SI-N	60	3	1,5

2.5. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ И ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

2.5.1. Оптроны



Определение.

Оптрон (оптопара) — электронный прибор, состоящий из излучателя света (обычно — светодиод, в ранних изделиях — миниатюрная лампа накаливания) и фотоприемника (биполярных и полевых фототранзисторов, фотодиодов, фототиристоров, фоторезисторов), связанных оптическим каналом и как правило объединенных в общем корпусе.

Принцип работы оптрона заключается в преобразовании электрического сигнала в свет, его передаче по оптическому каналу и последующем преобразовании обратно в электрический сигнал.

2.5.2. Транзисторные оптопары

Транзисторная оптопара выполняется с фотоприемным элементом на основе фототранзистора. Как правило, в оптопарах используются фототранзисторы со структурой n-p-n на основе кремния, чувствительные к излучению длиной волны около 1 мкм.

Излучателями служат обычно арсенид-галлиевые диоды или диоды, максимум спектрального излучения которых лежит вблизи области наибольшей чувствительности фототранзистора. Излучательный диод конструктивно расположен так, что большая часть света направляется на базовую область фототранзистора. Излучатель и приемник изолированы друг от друга оптически прозрачной средой.

Параметры транзисторных оптопар приведены в табл. 2.23, а пояснительные рисунки — рис. 2.1—2.4.

Параметры транзисторных оптопар

Таблица 2.23

Наименование	$U_{вх}$ при $I_{вх} = 20$ мА, В	$U_{вых}$ остат. не более, В	$I_{утеч. вых.}$ при $I_{вх} = 0$, мкА	$R_{изол.}$ при $U_{изол.} = 500$ В, Ом	$t_{нарас.-спада}$ $I_{вых.}$ имитулс, мкс	Рисунок
ЗОТ131	1,7	1,5	10	10^{11}	10	рис. 2.1
ЗОТ144	2,2	0,4	—	—	—	рис. 2.3
АОТ101 двухкан.	1,7	0,4	5	10^{11}	10	рис. 2.4
АОТ126	2	0,3	10	10^{11}	2	рис. 2.1
АОТ127	1,6	1,5	10	10^{11}	—	рис. 2.2
АОТ128	1,6	0,3	10	10^{11}	—	рис. 2.2
АОТ162	1,6	1,5	10	10^{11}	—	рис. 2.2
АОТ165	1,6	1,5	10	10^{11}	10	рис. 2.3
АОТ166	1,5	0,4	100	10^{11}	4	рис. 2.2
АОТ174	1,5	0,2	10	—	18	рис. 2.3

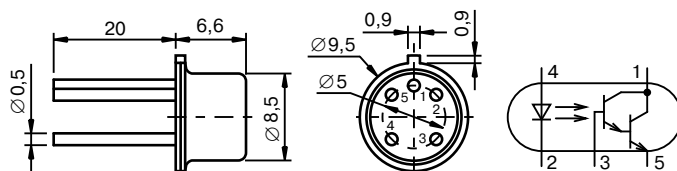


Рис. 2.1. Транзисторные оптопары АОТ 126, 3ОТ131

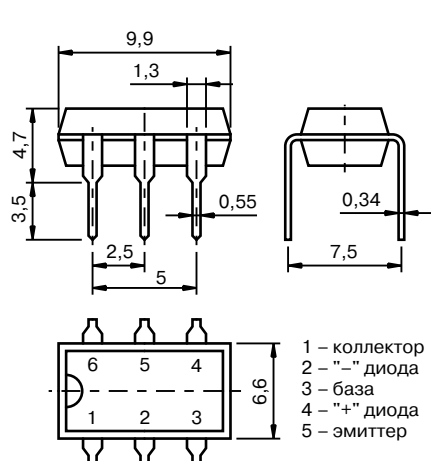


Рис. 2.2. Транзисторные оптопары АОТ 127, АОТ 128, АОТ 162, АОТ 166, тиристорная оптопара АОУ 163А

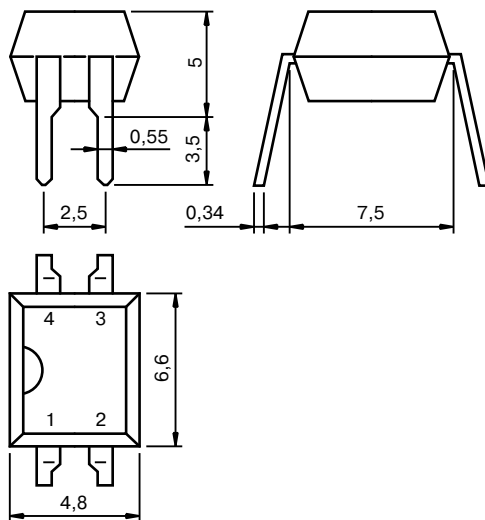


Рис. 2.3. Транзисторные оптопары 3ОТ144, АОТ 165, АОТ 174

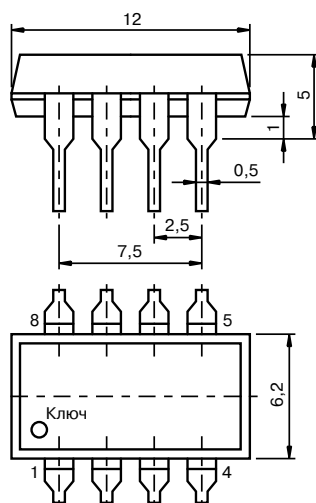


Рис. 2.4. Транзисторная оптопара АОТ 101 (двухканальная)

2.5.3. Диодные оптопары

В диодной оптопаре в качестве фотоприемного элемента используется фотодиод на основе кремния, а излучателем служит инфракрасный излучающий диод. Максимум спектральной характеристики излучения диода приходится на длину волны около 1 мкм. При облучении оптронного фотодиода светом такой длины волны в нем возникает генерация пар носителей заряда — электронов и дырок.

Интенсивность генерации пропорциональна силе света, а следовательно, входному току. Свободные электроны и дырки разделяются электрическим полем перехода фотодиода и заряжают р-область положительно, а п-область отрицательно. Таким образом, на выходных выводах оптопары появляется фотоЭДС, в реальных приборах она не превышает 0,7—0,8 В.

Параметры диодных оптопар приведены в табл. 2.24, а пояснительные рисунки — рис. 2.5 и рис. 2.6.

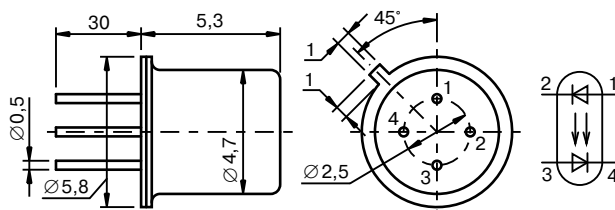


Рис. 2.5. Диодные оптопары АОД 101, АОД 107, тиристорная оптопара АОУ 103

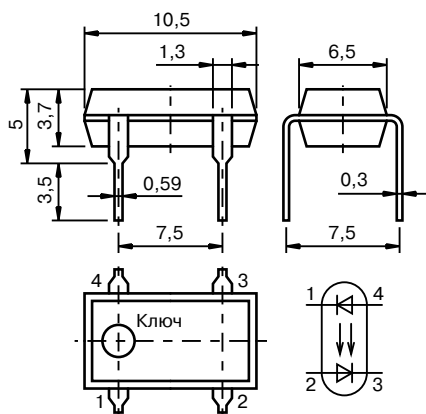


Рис. 2.6. Диодная оптопара АОД 130

Параметры диодных оптопар

Таблица 2.24

Наименование	$U_{\text{вх.}} \text{ при } I_{\text{вх.}} = 10 \text{ мА, В}$	Коефф. передачи по току, %	$t_{\text{нараст. импульса, мкс}}$	$I_{\text{вых. обр. темновой, мкА}}$	$R_{\text{изол.}} \text{ Ом}$	$C_{\text{проход.}} \text{ пФ}$	Рисунок
АОД101А–Д	1,5—1,8	1—1,5	0,1—1	2—10	$1—5 \times 10^9$	2	рис. 2.5
АОД107А–В	1,5	1—5	0,3—0,5	5	10^{10}	2	рис. 2.5
ЗОД129А–Б	1,5	0,5—1	0,03	1—2	10^{10}	2	рис. 2.5
АОД130	1,5	1	0,1	—	10^{11}	0,5	рис. 2.6

2.5.4. Тиристорные оптопары

В тиристорных оптопарах в качестве приемного элемента используется кремниевый фототиристор. Фототиристор, так же, как и обычный тиристор имеет четырехслойную структуру р-п-р-п. Конструктивно оптопара выполнена так, что основная часть излучения входного диода направлена на высокоомную базовую область п фототиристора. К крайним областям — аноду р и катоду п прикладывается внешнее выходное напряжение плюсом к аноду.

При облучении в п-базе генерируются пары носителей заряда — электронов и дырок. Электрическим полем центрального перехода между п и р областями носители заряда разделяются. При этом электроны остаются в п-базе, а дырки попадают в р-базу, заряжая соответствующие базы отрицательно и положительно. При такой полярности зарядов на базах происходит инжекция неосновных носителей заряда из крайних переходов структуры, называемых эмиттерами. Лавинообразное нарастание тока через структуру приводит к отпиранию тиристора, все три перехода оказываются смещенными в прямом направлении и падение напряжения на фототиристоре в открытом состоянии получается малым.

Параметры тиристорных оптопар приведены в табл. 2.25, а пояснительные рисунки — рис. 2.2, 2.5.

Параметры тиристорных оптопар

Таблица 2.25

Наименование	$U_{\text{вх.}} \text{ при } I_{\text{вх.}} = 10 \text{ мА, В}$	$I_{\text{вх.}} \text{ при } U_{\text{вых. макс.}}$	$t_{\text{нараст. импульса, мкс}}$	$I_{\text{вых. мин.}} \text{ мА}$	$R_{\text{изол.}} \text{ Ом}$	$C_{\text{вых.}} \text{ пФ}$	Рисунок
АОУ103А–Д	2	50—100 мкА	10—15	1	$5—10 \times 10^8$	20—25	рис. 2.5
АОУ163А	1,3	—	—	—	10^{11}	3	рис. 2.2



Интернет.

Импортные оптопары можно посмотреть на сайте: <http://www.chip-dip.ru/lib/catalog/1586.aspx>.

2.5.5. Светодиоды

Принцип действия светодиода



Определение.

Светодиод — это полупроводниковый прибор с электронно-дырочным *p-n* переходом или контактом металл-полупроводник, генерирующий (при прохождении через него электрического тока) оптическое (видимое, УФ, ИК) излучение.

Сокращенно светодиод имеет аббревиатуру СИД — светоизлучающий диод, а в английском варианте LED — light emitting diodes.

Напомним, что *p-n*-переход — это «кирпичик» полупроводниковой электронной техники, представляющий соединенные вместе два куска полупроводника с разными типами проводимости (один с избытком электронов — «*n*-тип», второй с избытком дырок — «*p*-тип»). Если к *p-n* переходу приложить «прямое смещение», т. е. подсоединить источник электрического тока плюсом к *p*-части, то через него потечет ток.

Нас интересует, что происходит после того, как через прямо смещенный *p-n* переход пошел ток, а именно момент рекомбинации (соединение) носителей электрического заряда — электронов и дырок, когда имеющие отрицательный заряд электроны «находят пристанище» в положительно заряженных ионах кристаллической решетки полупроводника. Оказывается, что такая рекомбинация может сопровождаться излучением, при этом в момент встречи электрона и дырки выделяется энергия в виде излучения кванта света — фотона.

Но не всякий *p-n*-переход излучает свет. Почему? **Во-первых**, ширина запрещенной зоны в активной области светодиода должна быть близка к энергии квантов света видимого диапазона. **Во-вторых**, вероятность излучения при рекомбинации электронно-дырочных пар должна быть высокой. Для этого полупроводниковый кристалл должен содержать мало дефектов, из-за которых рекомбинация происходит без излучения. Эти условия в той или иной степени противоречат друг другу.

Но чтобы соблюсти оба условия, одного *p-n*-перехода в кристалле оказывается недостаточно. Приходится изготавливать многослойные полупроводниковые структуры, так называемые **гетероструктуры**. За изучение этих структур российский физик Жорес Ж. И. Алферов (академик, директор Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе,

лауреат Ленинской премии) получил золотую медаль Американского физического общества за исследования гетероструктур на основе $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ еще в 70-х годах.

В 2000 г., когда стало ясно, как велико значение этих работ для развития науки и техники, насколько важны их практические применения для человечества, ему была присуждена Нобелевская премия.

Строение традиционных светодиодов

Самая распространенная конструкция светодиода — традиционный 5-миллиметровый корпус. Конечно, это не единственный вариант «упаковки» кристалла. На рис. 2.7 показано строение традиционного 5-миллиметрового светодиода.

Светодиод имеет два вывода — анод и катод. На катоде расположен алюминиевый параболический рефлектор (отражатель). Он внешне выглядит, как чашеобразное углубление, на дно которого помещен светоизлучающий кристалл. Активный элемент — полупроводниковый монокристалл — в большинстве современных 5-мм светодиодах используется в виде кубика (чипа) размерами $0,3 \times 0,3 \times 0,25$ мм, содержащего p-n или гетеропереход и омические контакты.

Кристалл соединен с анодом при помощи перемычки из золотой проволоки. Оптически прозрачный полимерный корпус, являющийся одновременно фокусирующей линзой, вместе с рефлектором определяют угол излучения (диаграмму направленности) светодиода.

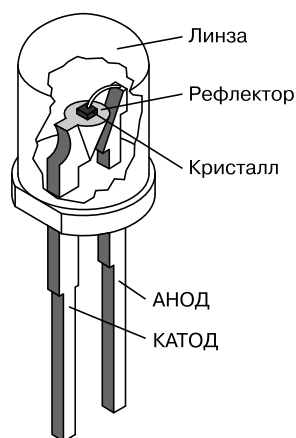


Рис. 2.7. Строение традиционного 5-миллиметрового светодиода

Отечественные излучающие светодиоды инфракрасного диапазона

Рисунки корпусов отечественных излучающих светодиодов инфракрасного диапазона представлены на рис. 2.8.

Параметры светодиодов показаны в табл. 2.26.

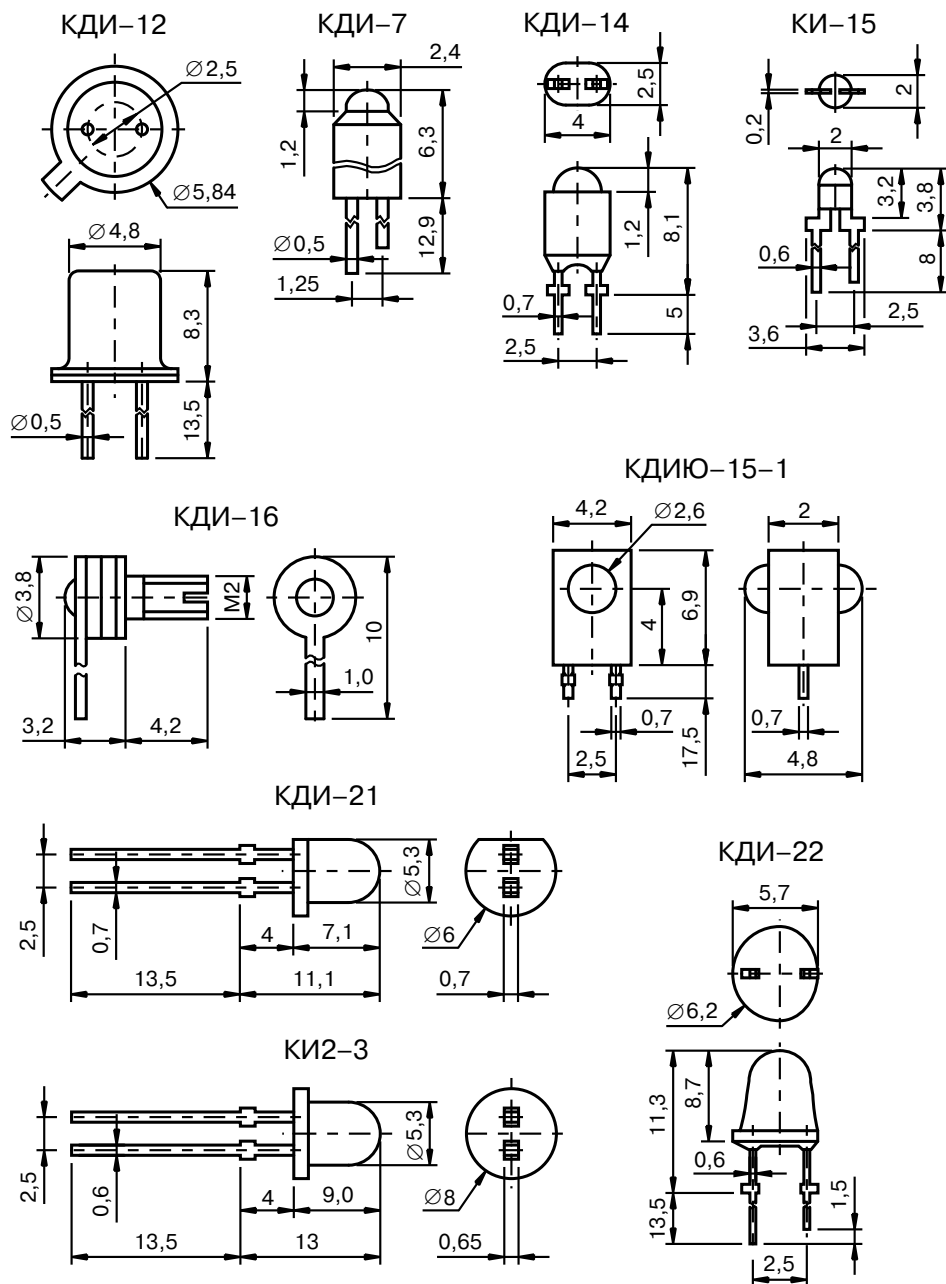


Рис. 2.8. Корпуса инфракрасных светодиодов

Параметры светодиодов

Таблица 2.26

Тип	λ , нм	P, мВт	$U_{пр}$, В	$I_{пр}$, мА	τ , мс	Корпус
ЗЛ107А	940—965	5,5	2	100	50	КДИ-7
ЗЛ124А	840—900	4	2	110	15	КДИ-16
АЛ106А	820—910	2,4	1,7	100	—	КДИ-12
АЛ107А	940—965	5,5	1,8	100	50	КДИ-7
АЛ107Б	940—965	9	1,8	100	50	КДИ-7
АЛ108АМ	830—860	2	1,6	110	20	КДИ-14
АЛ115А	800—1000	8,7	2	100	50	КДИ-7
АЛ115Б	920—980	9	1,8	100	50	КДИ-7
АЛ118А	850—875	2	1,7	50	50	КДИ-7
АЛ119А	930—960	40	3	300	20	КДИ-16
АЛ145А	900—1050	8	1,6	100	10	КДИ-21
АЛ156А	820—900	5	1,8	110	10	КДИ-22
АЛ156Б	800—900	12	1,8	100	10	КДИ-22
АЛ156В	800—900	15	1,8	100	10	КДИ-22
АЛ157А	820—900	0,3	1,5	30	20	КДИ-14
АЛ161А	830—890	—	1,5	50	—	КИ2-3
АЛ164А	930—990	5	1,8	100	—	КИ2-3
АЛ164Б	930—990	10	1,8	100	—	КИ2-3
АЛ173А	820—900	0,2	1,8	30	10	КИ-15

Отечественные светодиоды видимого света

Параметры светодиодов $\varnothing 3$ мм приведены в табл. 2.27, а внешний вид и габаритные размеры — на рис. 2.9.



Интернет.

Светодиоды отечественные $\varnothing 5$ мм, $\varnothing 10$ мм, светодиоды прямоугольные (КИПД 28, КИПД 29, КИПМО, КИПД 45, КИПД 50), для поверхностного SMD монтажа (КИПД 86), сверхъяркие светодиоды, светодиоды импортные представлены на сайте: <http://www.transled.ru/products/>.

Внешний вид и габаритные размеры светодиодов отечественных $\varnothing 5$ мм, $\varnothing 10$ мм, светодиодов прямоугольных (КИПД 28, КИПД 29, КИПМО, КИПД 45, КИПД 50), для поверхностного SMD монтажа (КИПД 86), представлены на рис. 2.10.

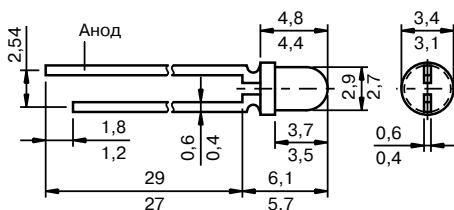


Рис. 2.9. Внешний вид и габаритные размеры светодиодов $\varnothing 3$ мм

Параметры светодиодов Ø3 мм

Таблица 2.27

Тип	Цвет свечения	Цвет корпуса	Длина волны, нм	Сила света Min I _v , мКд	Прямой ток I _f , мА	Прямое напряжение max V _f , В	Угол 2j 50%l, deg.
КИПД 66 А-К	красный	красный с диспергатором	655	1	10	2	50
КИПД 66 Б-К				2,5			
КИПД 66 В-К				4			
КИПД 66 Г-К				10	20		
КИПД 66 Д-К				15			
КИПД 66 Е-К				20			
КИПД 66 А-Л	зеленый	зеленый с диспергатором	567	1	10	2,4	50
КИПД 66 Б-Л				2,5			
КИПД 66 В-Л				4			
КИПД 66 Г-Л				10	20		
КИПД 66 Д-Л				15			
КИПД 66 Е-Л				20			
КИПД 66 А-Ж	желтый	желтый с диспергатором	590	1	10	2,4	50
КИПД 66 Б-Ж				2,5			
КИПД 66 В-Ж				4			
КИПД 66 Г-Ж				10	20		
КИПД 66 Д-Ж				15			
КИПД 66 Е-Ж				20			
КИПД 66 А-Р	оранж.	оранжевый с диспергатором	610	1	10	2,4	50
КИПД 66 Б-Р				2,5			
КИПД 66 В-Р				4			
КИПД 66 Г-Р				10	20		
КИПД 66 Д-Р				15			
КИПД 66 Е-Р				20			
КИПД 66 А2-К	красный	красный с диспергатором	655	1	10	2	50
КИПД 66 Б2-К				2,5			
КИПД 66 В2-К				4			
КИПД 66 Г2-К				10	20		
КИПД 66 Д2-К				15			
КИПД 66 Е2-К				20			
КИПД 66 А2-Л	зеленый	зеленый с диспергатором	567	1	10	2,4	50
КИПД 66 Б2-Л				2,5			
КИПД 66 В2-Л				4			
КИПД 66 Г2-Л				10	20		
КИПД 66 Д2-Л				15			
КИПД 66 Е2-Л				20			
КИПД 66 А2-Ж	желтый	желтый с диспергатором	590	1	10	2,4	50
КИПД 66 Б2-Ж				2,5			
КИПД 66 В2-Ж				4			
КИПД 66 Г2-Ж				10	20		
КИПД 66 Д2-Ж				15			
КИПД 66 Е2-Ж				20			

Таблица 2.27 (продолжение)

Тип	Цвет свечения	Цвет корпуса	Длина волны, нм	Сила света Min I _v , мКд	Прямой ток I _f , мА	Прямое напряжение max V _f , В	Угол2j 50%,deg.
КИПД 66 А2-Р	оранж.	оранжевый с диспергатором	610	1	10	2,4	50
КИПД 66 Б2-Р				2,5			
КИПД 66 В2-Р				4			
КИПД 66 Г2-Р				10	20		
КИПД 66 Д2-Р				15			
КИПД 66 Е2-Р				20			
КИПД 66 Ж-К	красный	бесцветный прозрачный	655	30	20	2	20
КИПД 66 И-К				50			
КИПД 66 К-К				100			
КИПД 66 Л-К				150			
КИПД 66 М-К				200			
КИПД 66 Н-К				250			
КИПД 66 П-К				300			
КИПД 66 Р-К				500			
КИПД 66 С-К				750			
КИПД 66 Т-К				1000			
КИПД 66 Ж-Л	зеленый	бесцветный прозрачный	567	30	20	2,4	20
КИПД 66 И-Л				50			
КИПД 66 К-Л				100			
КИПД 66 Л-Л				150			
КИПД 66 М-Л				200			
КИПД 66 Н-Л				250			
КИПД 66 П-Л				300			
КИПД 66 Р-Л				500			
КИПД 66 С-Л				750			
КИПД 66 Ж-Ж	желтый	бесцветный про-зрачный	590	30	20	2,4	20
КИПД 66 И-Ж				50			
КИПД 66 К-Ж				100			
КИПД 66 Л-Ж				150			
КИПД 66 М-Ж				200			
КИПД 66 Н-Ж				250			
КИПД 66 П-Ж				300			
КИПД 66 Р-Ж				500			
КИПД 66 С-Ж				750			
КИПД 66 Т-Ж				1000			
КИПД 66 Ж-Р	оранж.	бесцветный про-зрачный	610	30	20	2,4	20
КИПД 66 И-Р				50			
КИПД 66 К-Р				100			
КИПД 66 Л-Р				150			
КИПД 66 Р-Г	голубой	бесцветный про-зрачный	465	500	20	4	20
КИПД 66 С-Г				750			
КИПД 66 Т-Г				1000			

Таблица 2.27 (продолжение)

Тип	Цвет свечения	Цвет корпуса	Длина волны, нм	Сила света Min I _v , мКд	Прямой ток I _f , мА	Прямое напряжение max V _f , В	Угол 2j 50%, deg.
КИПД 66 Ж1-К	красный	красный прозрачный	655	30	20	2	20
КИПД 66 И1-К				50			
КИПД 66 К1-К				100			
КИПД 66 Л1-К				150			
КИПД 66 М1-К				200			
КИПД 66 Н1-К				250			
КИПД 66 П1-К				300			
КИПД 66 Р1-К				500			
КИПД 66 С1-К				750			
КИПД 66 Т1-К				1000			
КИПД 66 Ж1-Л	зеленый	зеленый прозрачный	567	30	20	2,4	20
КИПД 66 И1-Л				50			
КИПД 66 К1-Л				100			
КИПД 66 Л1-Л				150			
КИПД 66 М1-Л				200			
КИПД 66 Н1-Л				250			
КИПД 66 П1-Л				300			
КИПД 66 Р1-Л				500			
КИПД 66 С1-Л				750			
КИПД 66 Т1-Л				1000			
КИПД 66 Ж1-Ж	желтый	желтый прозрачный	590	30	20	2,4	20
КИПД 66 И1-Ж				50			
КИПД 66 К1-Ж				100			
КИПД 66 Л1-Ж				150			
КИПД 66 М1-Ж				200			
КИПД 66 Н1-Ж				250			
КИПД 66 П1-Ж				300			
КИПД 66 Р1-Ж				500			
КИПД 66 С1-Ж				750			
КИПД 66 Т1-Ж				1000			
КИПД 66 Ж2-К	красный	бесцветный прозрачный	655	30	20	2	20
КИПД 66 И2-К				50			
КИПД 66 К2-К				100			
КИПД 66 Л2-К				150			
КИПД 66 М2-К				200			
КИПД 66 Н2-К				250			
КИПД 66 П2-К				300			
КИПД 66 Р2-К				500			
КИПД 66 С2-К				750			
КИПД 66 Т2-К				1000			
КИПД 66 Ж2-Л	зеленый	бесцветный прозрачный	567	30	20	2,4	20
КИПД 66 И2-Л				50			
КИПД 66 К2-Л				100			
КИПД 66 Л2-Л				150			

Таблица 2.27 (продолжение)

Тип	Цвет свечения	Цвет корпуса	Длина волны, нм	Сила света Min I _v , мКд	Прямой ток I _f , мА	Прямое напряжение max V _f , В	Угол 2j 50%, deg.
КИПД 66 М2-Л	зеленый	бесцветный прозрачный	567	200	20	2,4	20
КИПД 66 Н2-Л				250			
КИПД 66 П2-Л				300			
КИПД 66 Р2-Л				500			
КИПД 66 С2-Л				750			
КИПД 66 Ж2-Ж	желтый	бесцветный прозрачный	590	30	20	2,4	20
КИПД 66 И2-Ж				50			
КИПД 66 К2-Ж				100			
КИПД 66 Л2-Ж				150			
КИПД 66 М2-Ж				200			
КИПД 66 Н2-Ж				250			
КИПД 66 П2-Ж				300			
КИПД 66 Р2-Ж				500			
КИПД 66 С2-Ж				750			
КИПД 66 Т2-Ж				1000			
КИПД 66 Ж2-Р	оранж.	бесцветный прозрачный	610	30	20	2,4	20
КИПД 66 И2-Р				50			
КИПД 66 К2-Р				100			
КИПД 66 Л2-Р				150			
КИПД 66 Р2-Г	голубой	бесцветный прозрачный	465	500	20	4	20
КИПД 66 С2-Г				750			
КИПД 66 Т2-Г				1000			
КИПД 66 Ж3-К	красный	красный прозрачный	655	30	20	2	20
КИПД 66 И3-К				50			
КИПД 66 К3-К				100			
КИПД 66 Л3-К				150			
КИПД 66 М3-К				200			
КИПД 66 Н3-К				250			
КИПД 66 П3-К				300			
КИПД 66 Р3-К				500			
КИПД 66 С3-К				750			
КИПД 66 Т3-К				1000			
КИПД 66 Ж3-Л	зеленый	зеленый прозрачный	567	30	20	2,4	20
КИПД 66 И3-Л				50			
КИПД 66 К3-Л				100			
КИПД 66 Л3-Л				150			
КИПД 66 М3-Л				200			
КИПД 66 Н3-Л				250			
КИПД 66 П3-Л				300			
КИПД 66 Р3-Л				500			
КИПД 66 С3-Л				750			

Таблица 2.27 (продолжение)

Тип	Цвет свечения	Цвет корпуса	Длина волны, нм	Сила света Min Iv, мКд	Прямой ток If, мА	Прямое напряжение max Vf, В	Угол2j 50%, deg.
КИПД 66 ЖЗ-Ж	желтый	желтый прозрачный	590	30	20	2,4	20
КИПД 66 ИЗ-Ж				50			
КИПД 66 КЗ-Ж				100			
КИПД 66 ЛЗ-Ж				150			
КИПД 66 МЗ-Ж				200			
КИПД 66 НЗ-Ж				250			
КИПД 66 ПЗ-Ж				300			
КИПД 66 РЗ-Ж				500			
КИПД 66 СЗ-Ж				750			
КИПД 66 ТЗ-Ж				1000			
КИПД 66 И8-Л	зеленый	зеленый с диспергатором	520	50	20	4	50
КИПД 66 К8-Л				75			
КИПД 66 Л8-Л				100			
КИПД 66 И9-Л	зелено-голубой	зелено-голубой с диспергатором	505	50	20	4	50
КИПД 66 К9-Л				75			
КИПД 66 Л9-Л				100			
КИПД 66 ИЗ-Г	голубой	голубой с диспергатором	470	50	20	4,0	50
КИПД 66 КЗ-Г				75			
КИПД 66 ЛЗ-Г				100			
КИПД 66 ИЗ-Б	белый	белый с диспергатором		50	20	4	50
КИПД 66 КЗ-Б				75			
КИПД 66 ЛЗ-Б				100			
КИПД 66 Т6-Л	зеленый	бесцветный прозрачный	520	1000	20	4	20
КИПД 66 У6-Л				2000			
КИПД 66 Ф6-Л				3000			
КИПД 66 Т7-Л	зелено-голубой	бесцветный прозрачный	505	1000	20	4	20
КИПД 66 У7-Л				2000			
КИПД 66 Ф7-Л				3000			
КИПД 66 Т2-Г	голубой	бесцветный прозрачный	470	1000	20	4	20
КИПД 66 У2-Г				2000			
КИПД 66 Ф2-Г				3000			
КИПД 66 С2-Б	белый	бесцветный прозрачный		750	20	4	20
КИПД 66 Т2-Б				1000			
КИПД 66 У2-Б				2000			
КИПД 66 Ф2-Б				3000			
КИПД 66 И4-Л	зеленый	зеленый с диспергатором	520	50	20	4	50
КИПД 66 К4-Л				75			
КИПД 66 Л4-Л				100			
КИПД 66 И5-Л	зелено-голубой	зелено-голубой с диспергатором	505	50	20	4	50
КИПД 66 К5-Л				75			
КИПД 66 Л5-Л				100			

Таблица 2.27 (продолжение)

Тип	Цвет свечения	Цвет корпуса	Длина волны, нм	Сила света Min Iv, мКд	Прямой ток If, мА	Прямое напряжение max Vf, В	Угол 2 θ 50%I, deg.
КИПД 66 И1-Г	голубой	голубой с диспергатором	470	50	20	4,0	50
КИПД 66 К1-Г				75			
КИПД 66 Л1-Г				100			
КИПД 66 И1-Б	белый	белый с диспергатором		50	20	4	50
КИПД 66 К1-Б				75			
КИПД 66 Л1-Б				100			
КИПД 66 Т2-Л	зеленый	бесцветный прозрачный	520	1000	20	4	20
КИПД 66 У2-Л				2000			
КИПД 66 Ф2-Л				3000			
КИПД 66 Т3-Л	зелено-голубой	бесцветный прозрачный	505	1000	20	4	20
КИПД 66 У3-Л				2000			
КИПД 66 Ф3-Л				3000			
КИПД 66 Т-Г	голубой	бесцветный прозрачный	470	1000	20	4	20
КИПД 66 У-Г				2000			
КИПД 66 Ф-Г				3000			
КИПД 66 С-Б	белый	бесцветный прозрачный		750	20	4	20
КИПД 66 Т-Б				1000			
КИПД 66 У-Б				2000			
КИПД 66 Ф-Б				3000			
КИПД 66 А1-К	красный	красный с диспергатором	655	1	2	2	50
КИПД 66 Б1-К				3			
КИПД 66 В1-К				5			
КИПД 66 А3-К	красный	красный с диспергатором	655	0,4	10	2	60
КИПД 66 Б3-К				1			
КИПД 66 В3-К				2			
КИПД 66 А3-Л	зеленый	зеленый с диспергатором	567	0,4	10	2,4	60
КИПД 66 Б3-Л				1			
КИПД 66 В3-Л				2			
КИПД 66 А3-Ж	желтый	желтый с диспергатором	590	0,4	10	2,4	60
КИПД 66 Б3-Ж				1			
КИПД 66 В3-Ж				2			
КИПД 45 А7-М	Красный-зеленый	белый с диспергатором	660/567	1	10	2,4	50
КИПД 45 Б7-М				3			
КИПД 45 В7-М				5			
КИПД 45 А8-М	Красный-желтый	белый с диспергатором	660/590	1	10	2,4	50
КИПД 45 Б8-М				3			
КИПД 45 В8-М				5			

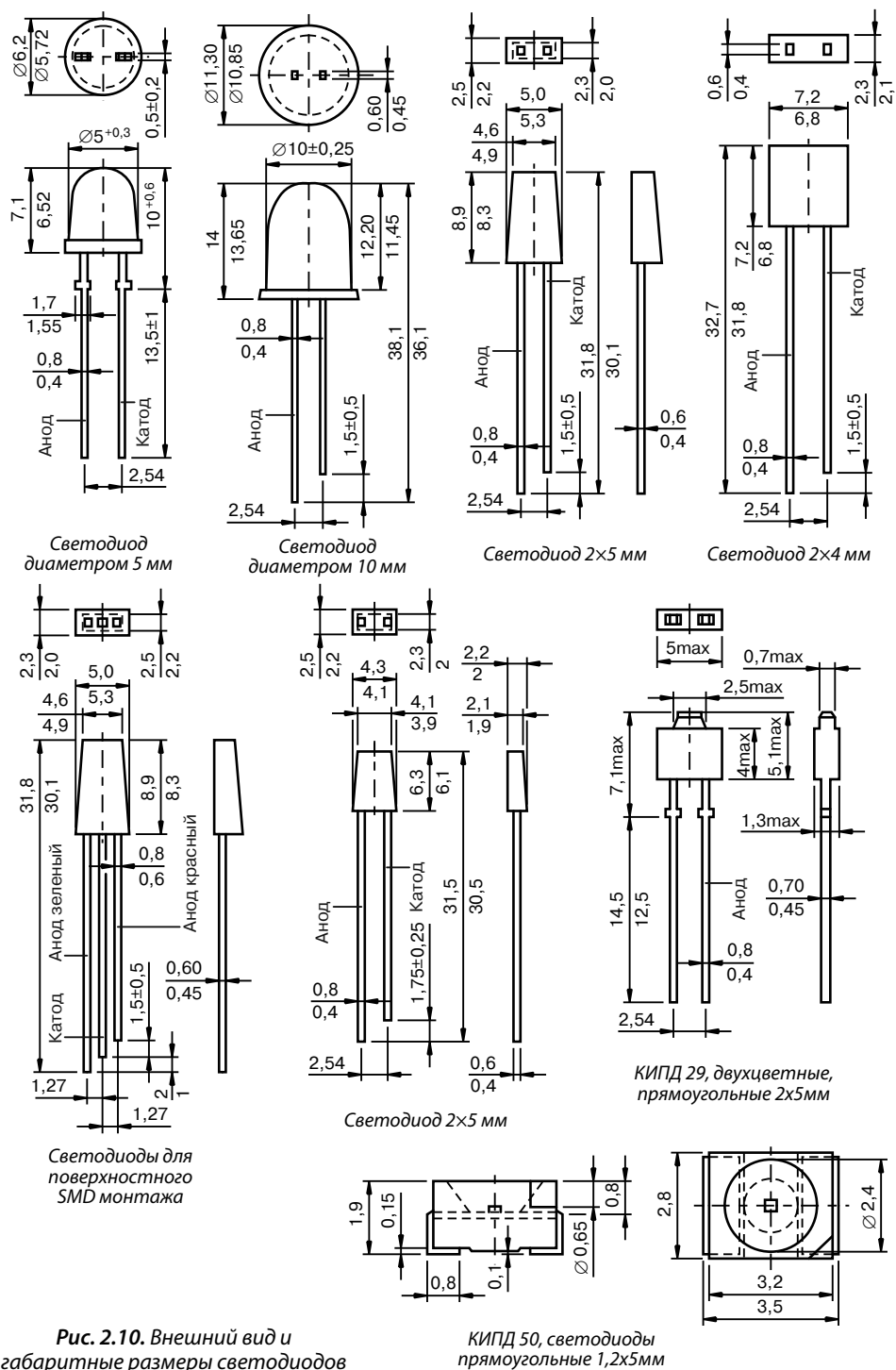


Рис. 2.10. Внешний вид и габаритные размеры светодиодов

2.5.6. Фотоприемные приборы

Фототранзисторы



Определение.

Фототранзистор — это полупроводниковый прибор оптоволоконного типа, который используется для управления электрическим током при помощи определенного оптического излучения. Он представляет собой твердотельное полупроводниковое устройство с внутренним усилением.

Фототранзисторы разработаны на базе обычного биполярного транзистора. Он отличается от классического варианта тем, что область базы доступна для светового облучения, за счёт чего появляется возможность управлять усилением электрического тока с помощью оптического излучения. Их современными аналогами являются фотодиоды, но фототранзисторы лучше подходят для многих современных радио и электронных приборов. По принципу действия, они напоминают также фоторезисторы. На рис. 2.11 представлен принцип действия фототранзистора.

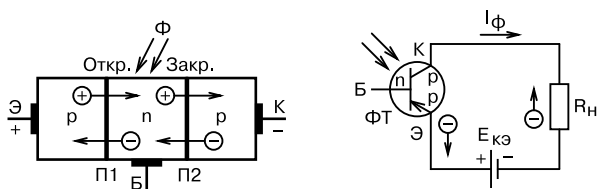


Рис. 2.11. Принцип действия фототранзистора

Фототранзисторы используются практически во всех электронных устройствах, функционирование которых зависит от света, например, детекторы дыма, лазерные радары, системы дистанционного управления. Фототранзисторы целесообразно использовать для регистрации больших световых сигналов; при регистрации малых световых сигналов следует подать положительное смещение на базу.

В работе фототранзистора, как правило, вывод базы остается отключенным, так как свет генерирует электрический сигнал, позволяющий току протекать через фототранзистор. Фототранзистор остается неактивным до тех пор, пока свет не попадает на базу. Свет активирует фототранзистор, образуя электроны и дырки проводимости — носители заряда, в результате чего через коллектор — эмиттер протекает электрический ток.

При отключенной базе, коллекторный переход фототранзистора смещен в обратном, а эмиттерный переход — в прямом направлении.

На фототранзистор можно подавать и оптические, и электрические сигналы. Без входного электрического сигнала, который обычно необходим для смещения, компенсирующего наводки, фототранзистор работает как фотодиод с высокой интегральной чувствительностью, небольшой граничной частотой и большим темновым током.

Диапазон работы фототранзистора напрямую зависит от интенсивности освещения, которое падает на него, поскольку от этого зависит положительный потенциал базы. Базовый ток от падающих фотонов усиливается с коэффициентом усиления транзистора, который варьируется от нескольких сотен до нескольких тысяч единиц.



Примечание.

Фототранзистор с коэффициентом усиления от 50 до 100 более чувствителен, чем фотодиод.

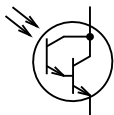


Рис. 2.12.
Внутренняя схема фототранзистора Дарлингтона

Дополнительное усиление сигнала может быть обеспечено с помощью **фототранзистора Дарлингтона**. Фототранзистор Дарлингтона представляет собой фототранзистор, выход которого (эмиттер) соединен с базой биполярного транзистора (рис. 2.12).

Такая схема позволяет обеспечить высокую чувствительность при низких уровнях освещения, так как это дает фактическое усиление равное усилению двумя транзисторами. Два каскада усиления может образовать коэффициент усиления до ста тысяч. Но есть **недостаток**: фототранзистор Дарлингтона имеет меньшую скорость реакции, чем обычный фототранзистор.

Внешний вид и габаритные размеры фототранзисторов приведены на рис. 2.13. Параметры приведены в табл. 2.28 и 2.29.

Параметры фототранзисторов серии Ф

Таблица 2.28

Тип	Площадь, мм ²	Диапазон спектральной характеристики	Максимум спектральной характеристики	Рабочее напряжение, В	Темновой ток, мкА	Токовая чувствительность, мкА/лк
ФЕ-2К	2,8	0,5—1,12	0,8—0,9	5	3	0,4
ФЕ-3Г	3	0,4—1,8	1,5—1,6	10—12	1000	2—7
ФТ-1Г	3	0,4—1,8	1,5—1,6	1—5	300	0,2
ФТ-1К	2,8	0,5—1,12	0,8—0,9	5	3	0,4
ФТ-2Г	1	0,4—1,8	1,5—1,6	12—24	500	2
ФТГ-3	3	0,4—1,8	1,5—1,55	5—10	60	1
ФТГ-4	3	0,4—1,8	1,5—1,55	5—10	40	3
ФТГ-5	3	0,4—1,8	1,5—1,55	5—10	50	1

Параметры фототранзисторов серии КТФ

Таблица 2.29

Тип	Фототок, мкА	Темновой ток, мкА	Время нарастания импульса, нс	Обратное напряжение, В
КТФ102А	200	1	500	0,5
КТФ102А1	200	1	800	0,5
КТФ102А2	200	1	800	0,5
КТФ104А	150	1	800	0,5
КТФ104Б	100	5	800	0,5
КТФ104В	550	5	800	0,5

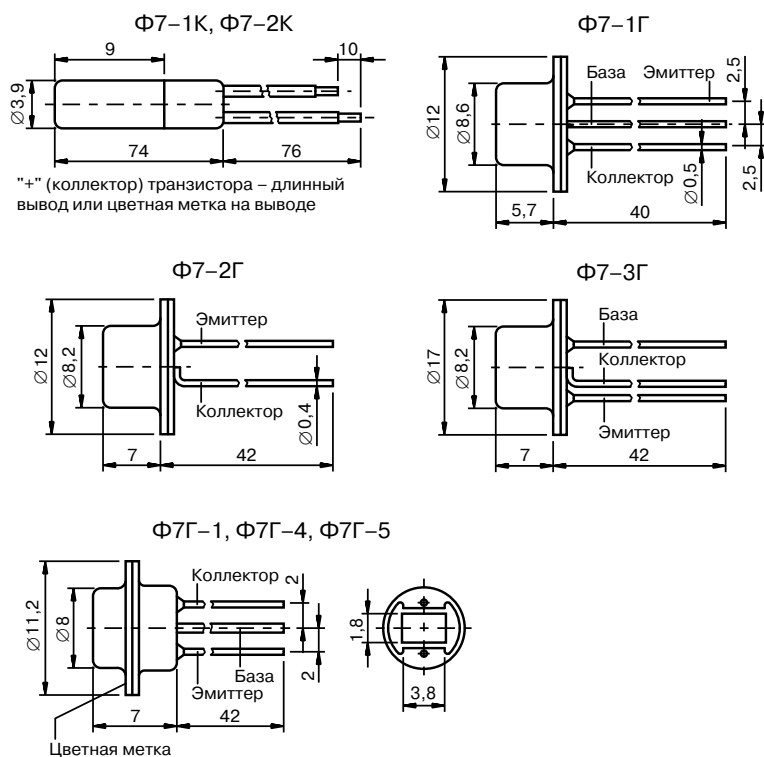


Рис. 2.13. Внешний вид и габаритные размеры фототранзисторов

**Интернет.**

На сайте <http://www.chip-dip.ru/lib/catalog/1590.aspx> можно получить сведения о других (импортных) фототранзисторах, а также о различных фоторезисторах и фотодиодах. Справочник по фотоэлектронным приборам можно скачать по адресу: <http://mirknig.com/knigi/apparatura/1181273575-fotoyelektronnye-pribory.html>.

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

3.1. ПОНЯТИЕ И ОСНОВНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ

Определение и принцип действия



Определение.

Электровакуумные приборы — устройства, использующие поток электронов в вакууме, для чего рабочее пространство освобождено от воздуха и защищено от окружающей атмосферы непроницаемой оболочкой. Предназначены для генерации, усиления и преобразования электромагнитной энергии.

Под **вакуумом** следует понимать состояние газа, в частности воздуха, при давлении ниже атмосферного. Если электроны движутся в пространстве свободно, не сталкиваясь с оставшимися после откачки газа молекулами, то говорят о **высоком вакууме**.

В электронных приборах ионизация практически отсутствует, а давление газа не менее 100 мкПа (10^{-6} — 10^{-7} мм рт. ст.). В ионных приборах давление 133×10^{-3} Па (10^{-3} мм рт. ст.) и выше. При этом значительная часть движущихся электронов сталкивается с молекулами газа и ионизирует их.

Принцип действия электровакуумных приборов основан на создании электронного потока и управлении этим потоком свободных электронов с помощью электрических или электромагнитных полей.

Электровакуумные приборы подразделяются на три большие группы:

- ♦ электронно-управляемые лампы (см. раздел 3.2);
- ♦ электронно-лучевые приборы (см. раздел 3.3);
- ♦ газоразрядные приборы (в данную книгу справочные сведения не вошли, коротко о них см. ниже, в конце данного раздела).

Эмиссия электронов

В металлах, из которых изготавливают катоды электровакуумных приборов, свободные электроны находятся в состоянии хаотического непре-

рывного теплового движения и обладают определенной кинетической энергией, зависящей от температуры катода.

Электроны самопроизвольно не выходят за пределы поверхностного слоя катода из-за действия сил притяжения, источником которых является сам металл. Для выхода за пределы поверхности металла электрон должен увеличить свою энергию, которой он обладает. При комнатной температуре очень малое число электронов обладает необходимой для выхода энергией, но с повышением температуры энергия электрона возрастает и приближается к уровню, необходимому для эмиссии. В электронных лампах необходимая тепловая энергия обеспечивается электрическим током, пропускаемым по проволоочной нити накала (подогревателю), находящейся в лампе.



Определения.

Электронная эмиссия — испускание электронов с поверхности веществ в окружающее пространство. **Термоэлектронная эмиссия** — разновидность эмиссии электронов, обусловленная только нагревом катода (электрода).

В результате нагревания металла увеличивается кинетическая энергия электронов и их скорость. На явлении термоэлектронной эмиссии основан принцип действия **термокатодов**, которые широко используются в электронно-управляемых лампах.

Электроды электровacuумных приборов



Определение.

Электрод электровacuумного прибора — проводник, эмитирующий (испускающий) или собирающий электроны (ионы) либо управляющий их движением от электрода к электроду с помощью электрического поля.

В зависимости от назначения различают следующие электроды электровacuумного прибора: катод, анод и управляющие сетки. Пример внешнего вида электродов в триоде приведен на рис. 3.1.

Первый в мире электровacuумный прибор — **лампу накаливания** изобрел в 1873 г. русский ученый А. Н. Лодыгин. А в 1883 г. американский изобретатель Т. А. Эдисон обнаружил эффект одностороннего прохождения потока электронов в вакууме от накаливаемой нити к металличе-

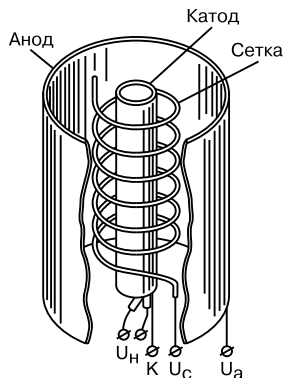


Рис. 3.1. Вариант внешнего вида электродов в триоде

ской пластине. Для этого к ним прикладывалась определенная разность потенциалов путем подключения гальванического элемента к лампе.

Так появился прообраз электронной лампы. В то время такая лампа не могла найти практического применения, но работы по изучению ее свойств и условий прохождения электронов в вакууме продолжались.

Газоразрядные приборы



Определение.

Газоразрядные приборы — это ионные приборы, действие которых основано на использовании различных видов электрического разряда в газе или парах металла. Обычно используются инертные газы: неон, криптон, аргон и т. д. или пары ртути.

В отличие от электронно-управляемых ламп в ионных, или газоразрядных, приборах ток создается не только направленным перемещением свободных электронов, но и **ионов**. В обычных условиях газ является хорошим диэлектриком, в нем почти нет зараженных частиц. Проводимость газа может быть вызвана его ионизацией сильным электрическим полем, высокой температурой, радиоактивными и космическими лучами. Газ становится проводником.



Определение.

Ионизация газа — процесс образования носителей зарядов. **Газовый разряд** — явление прохождения электрического тока через газ. Газовые разряды, происходящие под действием внешнего ионизатора, называются **несамостоятельными разрядами**. Газовый разряд, который продолжается после прекращения действия внешнего ионизатора, называется **самостоятельным разрядом**. Процесс перехода несамостоятельного газового разряда в самостоятельный называется **электрическим пробоем**.

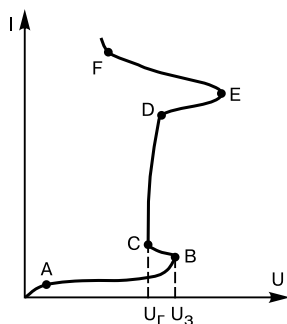


Рис. 3.2. Вольтамперная характеристика газоразрядного промежутка

По конструкции газоразрядные приборы выполняются в виде стеклянной колбы с цоколем, внутри которой помещаются анод и катод. Могут также присутствовать одна или несколько сеток между ними. Из колбы выкачивается воздух, и она заполняется либо инертным газом (неоном, гелием), либо парами (например, ртути, серебра). Давление газа в колбе значительно ниже атмосферного!

Вольтамперная характеристика газоразрядного промежутка приведена на рис. 3.2. При

напряжении U_z , называемом **напряжением зажигания**, ионизация газа приобретает лавинообразный характер. Сопротивление газоразрядного промежутка анод-катод резко уменьшается, и в ГРП возникает тлеющий разряд (участок CD).

Напряжение горения U_r , поддерживающее тлеющий разряд, несколько меньше, чем напряжение зажигания. При тлеющем разряде положительные ионы движутся к катоду и, ударяясь о его поверхность, увеличивают число вылетающих из него электронов за счет нагревания и вторичной электронной эмиссии.

Поскольку внешний ионизатор при этом не требуется, тлеющий разряд является самостоятельным в отличие от разряда на участке АВ, который требует для своего появления внешнего ионизатора (космического излучения, термоэлектронной эмиссии и т. д.) и является несамостоятельным.

При значительном увеличении тока в ГРП возникает **дуговой разряд** (участок EF). Если дуговой разряд поддерживается термоэлектронной эмиссией катода за счет его нагрева ударяющимися о поверхность положительными ионами, разряд является самостоятельным. Если же термоэлектронная эмиссия катода создается его нагревом от внешнего источника напряжения, то дуговой разряд является несамостоятельным.

Тлеющий разряд, сопровождающийся свечением газа, используется в неоновых лампах, газоразрядных знаковых и линейных индикаторах, стабилитронах и некоторых других ГРП.

3.2. РАДИОЛАМПЫ

3.2.1. Первое знакомство

Определение и назначение



Определение.

***Радиолампы** — электровакуумные приборы в виде стеклянного, керамического или металлического баллона, внутри которого на стойках закреплены металлические электроды. Внутри баллона — практически вакуум, что является обязательным условием работы радиолампы.*

Радиолампы предназначены для преобразования, усиления или генерирования электрических колебаний. Лампы явились первым усилительным прибором в истории радиотехники.

В каждой радиолампе обязательно есть **катод** — отрицательный электрод, являющийся источником электронов в лампе, и **анод** — поло-

жительный электрод. Электроны излучаются катодом, и под действием электрического поля, пролетев сквозь лампу, попадают на анод. В диодах управление электронным потоком осуществляется за счет изменения напряжения на аноде, а в многоэлектродных лампах — также и за счет изменения напряжения на других электродах (сетках).

Для существенного повышения активности катода он подогревается. Катодом может быть как вольфрамовый волосок, подобный нити накала лампы накаливания, так и металлический цилиндр, подогреваемый нитью накала.

Различают **радиолампы прямого накала**, у которых в качестве катода применяется нить, накаливаемая электрическим током, и **радиолампы косвенного накала**, в которых нить накала служит лишь для подогрева изолированного от нее специального катода.

Анод — это металлическая пластинка или «коробочка», имеющая форму цилиндра или параллелепипеда.

На схемах баллон лампы условно обозначают в виде окружности, катод — дужкой, вписанной в окружность, анод — короткой чертой, расположенной над катодом, а их выводы — линиями, выходящими за пределы окружности (см. стр. 363).

Разновидности радиоламп

Наряду с простыми лампами выпускаются сдвоенные, содержащие в одном баллоне две одинаковых лампы (двойной диод, двойной триод, двуханодный кенотрон и т. п.), и комбинированные, содержащие несколько различных ламп в одном баллоне (диод-пентод, двойной диод-триод, триод-пентод и т. п.). В зависимости от количества электродов радиолампы классифицируются так:

- ♦ диоды (двухэлектродные лампы);
- ♦ триоды (трехэлектродные лампы);
- ♦ тетроды (четырёхэлектродные лампы);
- ♦ пентоды (пятиэлектродные лампы);
- ♦ гептоды (семиэлектродные лампы);
- ♦ двойные диоды (объединяющие в одном баллоне два диода);
- ♦ двойные триоды (объединяющие в одном баллоне два триода);
- ♦ диод-триоды (объединяющие в одном баллоне диод и триод);
- ♦ диод-пентоды (объединяющие в одном баллоне диод и пентод);
- ♦ триод-пентоды (объединяющие в одном баллоне триод и пентод);
- ♦ триод-гептоды (объединяющие в одном баллоне триод и гептод).

Диод представляет двухэлектродную лампу. Один электрод — нить накала (катод) — испускает электроны, а другой (анод) собирает электроны. Наиболее часто использовалась способность диода пропускать ток только в одном направлении, благодаря чему он широко ранее применялся в качестве детектора и выпрямителя.

Триод отличается от диода наличием третьего электрода — **управляющей сетки**, расположенной между анодом и катодом. Благодаря своей близости к катоду сетка значительно сильнее анода влияет на электростатическое поле у катода и таким образом управляет потоком электронов с катода. Триоды применяются в качестве усилителей напряжения и мощности звуковой частоты.

Тетрод отличается от триода наличием второй сетки (**экранирующей**), расположенной между анодом и управляющей сеткой, что позволяет применять указанные лампы в качестве усилителей как звуковых, так и радиочастот.

Пентод отличается от тетрода наличием еще одной (третьей) сетки (**защитной**), расположенной между экранирующей сеткой и анодом. Введение защитной сетки дало возможность избавиться от влияния вторичных электронов с анода, что существенно улучшает параметры лампы. Благодаря пониженной емкости между анодом и управляющей сеткой пентод широко применяется в качестве усилителя напряжения высокой частоты, а также при работе с малыми мощностями.

Гептод имеет пять сеток и применяется, главным образом, для преобразования частоты. Принцип преобразования частоты с помощью гептода состоит в управлении анодным током посредством двух различных напряжений, подаваемых от двух самостоятельных источников. На одну сетку (**сигнальную**) подается переменное напряжение преобразуемой частоты — напряжение сигнала. На другую сетку (**гетеродинную**) поступает переменное напряжение от вспомогательного генератора — гетеродина. На выходе каскада получается смешанное переменное напряжение преобразованной частоты.

Лучевыми называют некоторые из ламп с экранирующей сеткой (тетродов и пентодов). В лучевых лампах каждый виток экранирующей сетки располагается точно позади соответствующего витка управляющей сетки. Поэтому экранирующая сетка для летящих от катода к аноду электронов оказывается как бы в тени управляющей сетки, и на ней оседает мало электронов. Это содействует снижению тока экранирующей сетки и улучшает характеристики лампы.

Разделение ламп на отечественные и зарубежные довольно условно, т. к. большинство зарубежных ламп имеет прямые отечественные ана-

логи либо выпускается в России под фирменным названием (2А3, 300В, 6В4Г, 6В6, 12АХ7 и др.).

Все радиолампы, за исключением сверхминиатюрных, включаются в радиосхему с помощью специальных **ламповых панелей**. Правильность включения радиоламп в панели обеспечивается **направляющим ключом**, имеющимся на цоколе радиолампы, а также учетом **цоколевки** (схемы подключения электродов радиолампы к контактным ножкам, выводам).

3.2.2 Характеристики и параметры радиоламп

Вольтамперные (статические) характеристики

Вольтамперные (статические) характеристики электронных ламп — это зависимости анодного тока лампы от напряжения на ее аноде и сетках. Пример ВАХ для двойного триода 6Н1П представлен на рис. 3.3.

Важнейшие из характеристик:

- ♦ **анодно-сеточные характеристики**, изображающие зависимость анодного тока от напряжения на управляющей сетке при постоянном напряжении на аноде и других сетках;
- ♦ **анодные характеристики**, показывающие зависимость анодного тока от напряжения на аноде при постоянном напряжении на управляющей и других сетках.

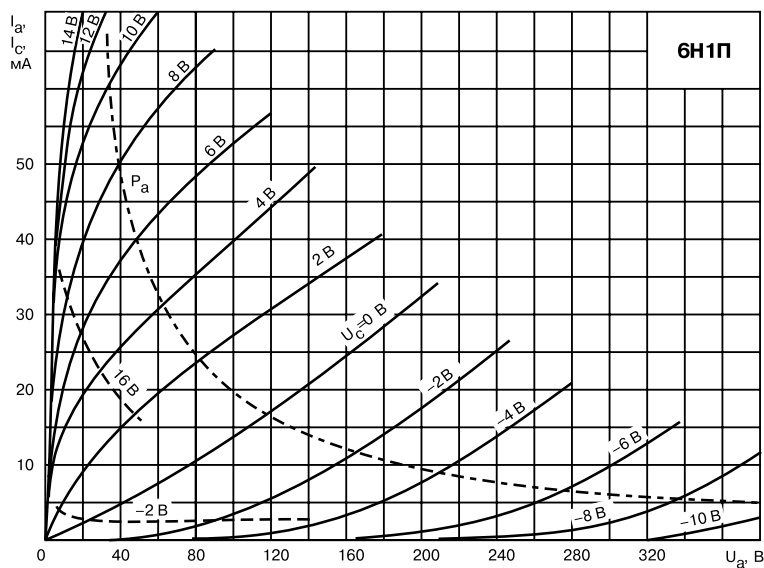


Рис. 3.3. Типовые вольтамперные характеристики 6Н1П:

сплошная линия — ток в цепи анода; штриховая с пробелами линия — ток в цепи сетки;
штрих-пунктирная линия — наибольшая мощность, рассеиваемая на аноде

Несколько характеристик, снятых при разных **анодных напряжениях**, образуют **семейство анодно-сеточных характеристик**. Несколько характеристик, снятых при разных напряжениях на управляющей сетке, образуют **семейство анодных характеристик**.

Анодно-сеточные характеристики у триодов и у пентодов имеют одинаковый вид. Только у пентодов эти характеристики практически не зависят от напряжения на аноде из-за экранирующего действия второй сетки. Поэтому для них обычно приводят лишь одну анодно-сеточную характеристику. Однако напряжение экранирующей сетки сильно влияет на положение анодно-сеточной характеристики пентода: повышение напряжения экранирующей сетки вызывает перемещение анодно-сеточной характеристики влево, т. е. увеличивает анодный ток.

Анодные характеристики триодов и пентодов имеют резкое отличие, связанное с экранирующим действием второй сетки. Поднимаются круто вверх лишь начальные участки анодных характеристик пентода. Когда анодное напряжение превышает напряжение на экранирующей сетке, анодный ток перестает заметно зависеть от анодного напряжения, и характеристики направляются почти горизонтально.

Начальный участок сильной зависимости анодного тока пентода от напряжения на аноде обусловлен тем, что при анодных напряжениях меньших, чем напряжение на экранирующей сетке, последняя перехватывает на себя значительную часть электронов. Причем в цепи экранирующей сетки проходят большие токи. Такой режим, называемый **перенапряженным**.



Примечание.

***Перенапряженный режим** может вызвать сильный перегрев экранирующей сетки и повлечь за собой выход лампы из строя. Поэтому в приемно-усилительной аппаратуре анодное напряжение пентодов выбирается выше или, в крайнем случае, таким же, как на экранирующей сетке.*

Лампа с короткой характеристикой — лампа, имеющая анодно-сеточную характеристику, резко спадающую к нулевому значению тока анода.

Лампа с удлиненной характеристикой — лампа, имеющая анодно-сеточную характеристику удлиненной формы при малых значениях тока анода, что позволяет регулировать усиление, изменяя напряжение смещения на управляющей сетке в больших пределах.

Правая характеристика — анодно-сеточная характеристика, у которой (при номинальном анодном напряжении) большая часть прямолинейного участка расположена в области положительных напряжений на сетке. Лампа соответствующего типа называется **лампой с правой характеристикой** либо **правой лампой**.

Левая характеристика — анодно-сеточная характеристика, у которой (при номинальном анодном напряжении) большая часть прямолинейного участка расположена в области отрицательных напряжений на сетке. Лампа соответствующего типа называется **лампой с левой характеристикой** либо **левой лампой**.

Каждая лампа имеет вполне конкретные значения предельно допустимых параметров:

- ♦ максимально допустимое напряжение на электродах;
- ♦ максимально допустимый ток электродов;
- ♦ максимально допустимая мощность, рассеиваемая на электродах, при которых обеспечивается работа лампы без ухудшения основных параметров или без выхода лампы из строя.

Допускается использовать лампу при параметрах рабочего режима, когда хотя бы один из них достигает свой максимально допустимый предел.



Внимание.

Превышение значения более одного предельно допустимого электрического параметра приводит к существенному снижению срока службы лампы либо к немедленному выходу лампы из строя.

Параметры электронных ламп

Крутизна характеристики S — величина, показывающая на сколько миллиампер изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения на первой (управляющей) сетке на 1 В при неизменных напряжениях на остальных электродах:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_c}, \text{ мА/В,}$$

где ΔI_a — приращение анодного тока, мА;

ΔU_c — приращение напряжения на первой сетке, В.

Внутреннее сопротивление R_i — сопротивление лампы переменному току. Определяется как отношение изменения анодного напряжения к изменению анодного тока при неизменных напряжениях на остальных электродах:

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}, \text{ кОм,}$$

где ΔU_a — приращение напряжения на аноде, В;

ΔI_a — приращение анодного тока, мА.

Внутреннее сопротивление обусловлено плотностью электронного облака, окружающего катод, которое, обладая отрицательным электрическим потенциалом, препятствует прохождению электронов на участке катод-анод.

Коэффициент усиления — безразмерная величина, показывающая, как влияет на анодный ток изменение напряжения на первой сетке по сравнению с изменением напряжения на аноде:

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_c},$$

где ΔU_a — приращение напряжения на аноде, В;

ΔU_c — приращение напряжения на первой сетке, В.

Параметры S , R_i , μ связаны следующим соотношением:

$$R_i = \frac{\mu}{S}.$$

Напряжение смещения (смещение) на первой сетке U_c , В — напряжение, требуемое для работы лампы в заданном режиме и устанавливающее рабочую точку на определенном участке характеристики.

Мощность, рассеиваемая на аноде или на второй (экранирующей) сетке P_a (P_c), Вт, определяется в реально выбранном рабочем режиме класса А как произведение соответствующего напряжения на постоянную составляющую тока анода или второй (экранирующей) сетки.

Сопротивление в цепи анода (анодная нагрузка) R_a , Ом — нагрузка в анодной цепи лампы. Может быть активным сопротивлением, дросселем или трансформатором.

Эквивалентное сопротивление шумов $R_{ш}$, Ом — сопротивление, характеризующее уровень внутриламповых шумов. Эквивалентным шумовым сопротивлением называют омическое сопротивление, на концах которого при температуре $+15^\circ\text{C}$ вследствие теплового движения электронов возникает напряжение шумов, равное напряжению шумов лампы, приведенному к управляющей сетке.

Проходная емкость $C_{пр}$, пФ — емкость между анодом и управляющей сеткой.

Выходная емкость $C_{вых}$, пФ — емкость анода относительно всех других электродов, на которых при работе лампы отсутствует переменное напряжение частоты сигнала.

Входная емкость $C_{вх}$, пФ — емкость управляющей сетки относительно всех других электродов, на которых при работе лампы отсутствует напряжение частоты сигнала, приложенного к управляющей сетке.

Выходная мощность $P_{\text{вых}}$, Вт — полезная мощность, отдаваемая лампой во внешнюю цепь.

Сопротивление нагрузки R_n , Ом — сопротивление на выходе каскада (активное или реактивное), связанное с ним при помощи разделительного конденсатора, трансформатора или включенное непосредственно в выходную цепь.

Ток катода I_k , А — величина общего тока, протекающего через лампу, равная сумме токов всех остальных электродов.



Внимание.

Превышение предельно допустимой величины тока катода резко снижает срок службы радиоламп, а также надежность их работы!



Примечание.

Все напряжения измеряются только относительно катода! Например, анодное напряжение (напряжение на аноде) U_a измеряется между выводом анода и выводом катода.

Классы усиления

Классы усиления характеризуют величину анодного тока в рабочей точке, долю периода его протекания и наличие (отсутствие) сеточного тока. В звукоусилении обычно используют следующие классы усиления: А, АВ, В. При наличии сеточных токов добавляют индекс 2, например, А2 — класс А с токами сетки. Отсутствие сеточных токов обозначается индексом 1 либо без индекса вообще: В1 или В — класс В без токов сетки.

Класс А — режим усиления, при котором анодный ток протекает через лампу в течение всего периода, и форма его переменной составляющей точно воспроизводит форму переменного напряжения, приложенного к управляющей сетке. Наименее экономичен — КПД не превышает 20 %. Характеризуется минимальными нелинейными искажениями.

Класс В — режим усиления, при котором величина напряжения смещения выбирается такой, что анодный ток покоя близок к нулю, а форма его переменной составляющей точно (теоретически) воспроизводит форму полупериода переменного напряжения, приложенного к управляющей сетке. Анодный ток в классе В протекает также в течение полупериода. Наиболее экономичен, но характеризуется максимальными нелинейными искажениями, вследствие чего используется лишь в эстрадных усилителях большой мощности.

Класс АВ — промежуточный (между классами А и В) режим усиления, при котором величина напряжения смещения выбирается такой, что анодный ток протекает через лампу за время меньшее, чем период, но большее, чем полупериод.

Постоянная величина анодного тока меньшая, чем в классе А, и большая, чем в классе В.

По экономичности и уровню нелинейных искажений занимает промежуточное (между классами А и В) положение.

Режимы с токами сетки во всех классах усиления увеличивают КПД, но приводят к возрастанию нелинейных искажений.

3.2.3. Обозначения радиоламп

Обозначения электронных приемо-усилительных и выпрямительных ламп

Современная система обозначения отечественных радиоламп введена в начале 1950-х гг. (ГОСТ 5461-50) и с тех пор несколько раз уточнялась. По ней обозначение лампы состоит из пяти элементов (пятый элемент является необязательным). Следует заметить, что для некоторых ламп старых выпусков сохранены прежние названия.

Первый элемент — число, соответствующее округленному значению напряжения накала, выраженного в вольтах (необходимо уточнять значение напряжения питания для конкретного типа лампы, т. к. обозначению «2», например, может соответствовать как 2,0 В, так и 2,4 В): 0,6 — 0,625 В; 1 — 1,2 В; 2 — 2,0 (2,2, 2,4 и т. д.) В; 3 — 3,45 В; 4 — 4,2 (4,4) В; 5 — 5 В; 6 — 6,3 В и т. д.

Некоторые типы ламп имеют **дополнительный вывод** — среднюю точку накала (или катода для прямонакальных ламп), что позволяет использовать напряжение накала как номинальной величины (при последовательном соединении), так и половины от номинальной величины (при параллельном).

Второй элемент — буква, характеризующая тип лампы (диод, триод, пентод и т. п.):

- А — преобразовательная лампа;
- В — лампа с вторичной эмиссией;
- Д — одинарный диод;
- Ж — пентод с короткой характеристикой высокочастотный;
- К — пентод с удлинённой характеристикой (варимю);
- Л — лучевая лампа (кроме лучевого тетрода);

- Н — двойной триод;
- П — лучевой тетрод низкой частоты;
- П — мощный пентод низкой либо высокой частоты;
- С — одинарный триод;
- Х — двойной диод;
- Ц — кенотрон (с любым числом анодов);
- Э — лучевой тетрод высокой частоты.

**Примечание.**

Октоды обозначения не имеют, так как эти лампы не выпускались ни в СССР, ни в России.

Комбинированные лампы:

- Б — пентод с одним либо несколькими диодами;
- Г — триод с одним либо несколькими диодами;
- Е — электронно-световой индикатор;
- И — триод-гептод;
- Р — двойной тетрод, двойной лучевой тетрод или двойной пентод;
- Ф — триод-пентод (исключения — триод 6Ф5 и пентод 6Ф6 (6Ф6С) старого выпуска).

Второй элемент может содержать более одной буквы, например:

СР — двойной пентод-триод.

Третий элемент — число, обозначающее порядковый номер, присвоенный разработчиками.

Четвертый элемент — буква, характеризующая конструктивное исполнение (оформление) лампы (для ламп в металлическом баллоне обычно не используется):

- А — миниатюрный стеклянный баллон диаметром 6 мм, выводы электродов — гибкие проволочные;
- Б — миниатюрный стеклянный баллон диаметром 10 мм («дробь»), выводы электродов — гибкие проволочные;
- Г — миниатюрный стеклянный баллон диаметром более 10,2 мм с гибкими проволочными выводами;
- Д — керамический баллон с дисковыми выводами (т. н. «маячковые» лампы);
- Ж — лампа типа «желудь» — миниатюрный стеклянный баллон с жесткими радиальными выводами;
- К — керамический баллон со штыревыми выводами;
- Л — баллон с замковым (loctal) цоколем, исключающим выпадение лампы из панельки при тряске;

- М** — малогабаритный стеклянный баллон с октальным цоколем уменьшенной высоты. Буква сохранена лишь для некоторых ламп старых выпусков (2К2М, 2Ж2М, 2П9М, 30Ц1М и т. д.);
- Н** — нувистор (миниатюрная лампа в металлокерамической оболочке);
- П** — пальчиковый стеклянный баллон с пуговичным цоколем и штырьковыми выводами электродов (7 или 9 штырьков);
- Р** — миниатюрный стеклянный баллон диаметром менее 5 мм с гибкими проволочными выводами;
- С** — стеклянный крупногабаритный баллон (с октальным штырьковым либо специальным цоколем);
- Нет буквы** — металлический (обычно стальной) баллон с октальным цоколем.

Пятый элемент присваивается лампам с повышенными параметрами:

- В** — повышенная механическая прочность и надежность;
- Д** — особо высокая долговечность (10000 часов и более);
- Е** — повышенный срок службы (5000 часов и более);
- И** — пригодность для работы в импульсном режиме;
- К** — высокая виброустойчивость;
- Р** — повышенная повторяемость и стабильность параметров во времени.



Примечание.

Некоторые источники расшифровывают индекс «Р», как повышенную радиационную стойкость. Авторам книги такой вариант представляется сомнительным. Существует и другая версия: повышенная механическая прочность и надежность (лучше, чем В; однако, для замены лампы группы В, в обозначении должны присутствовать и Р, и В).

Пятый элемент отделяется знаком дефис, например, 6Ж43П-Е.

Допускается несколько букв (при соответствующих параметрах лампы), например, 6Н23П-ЕВ — лампа с повышенной механической прочностью, надежностью и сроком службы, 6Н30П-ДР и даже 6Н1П-ЕВ-ОС!

Обозначения электронных генераторных ламп

Обозначения электронных генераторных ламп состоят из 3 элементов.

Первый элемент — буквы, указывающие назначение лампы:

- ♦ **ГК** — генераторная коротковолновая (до 25 МГц);
- ♦ **ГУ** — генераторная ультракоротковолновая (25—600 МГц);

- ♦ ГС — генераторная сантиметрового (дециметрового) диапазонов (более 600 МГц);
- ♦ ГИ — генераторная импульсная;
- ♦ ГМ — генераторная модуляторная;
- ♦ ГМИ — генераторная модуляторная, работающая в импульсном режиме.

Второй элемент — число, определяющее номер лампы, присвоенное разработчиком.

Третий элемент (отсутствует у ламп с естественным воздушным охлаждением) — буква, указывающая тип охлаждения:

- ♦ А — принудительное водяное;
- ♦ Б — принудительное воздушное;
- ♦ К — контактное;
- ♦ П — испарительное;
- ♦ Нет буквы — естественное воздушное.



Внимание.

Следует отметить, что не все обозначения ламп соответствуют системе.

Но это бывает крайне редко. Например, для лампы ГУ-72 максимальная рабочая частота — 10 МГц (но никак не 25—600 МГц!), а ГК-71, паспортная предельная рабочая частота которой 20 МГц, может работать на частотах до 60 МГц (такие лампы обычно обозначаются ГУ!).

Также некоторые приемно-усилительные лампы, маркируемые как выходные (1П24Б, 4П1Л, 6П3С, 6П6С, 6П7С, 6П13С, 6П20С, 6П21С, 6П31С, 6П36С, 6П41С, 6П42С, 6П44С, 6П45С и др.), могут работать в качестве генераторных.

Европейская унифицированная система обозначений ламп

Большинство европейских фирм, изготавливающих приемно-усилительные лампы, много лет применяют для своих изделий унифицированную систему обозначений. Согласно этой системе условное обозначение приемно-усилительной лампы состоит из двух или более букв, за которыми следует двузначное, трехзначное или четырехзначное число (по материалам сайта <http://www.olderadio.ru>).

Первая буква характеризует значение напряжения накала (или значение тока накала ламп, разработанных специально для последовательного питания подогревателей):

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| D — напряжение накала до 1,4 В; | P — ток накала 300 мА; |
| E — напряжение накала 6,3 В; | U — ток накала 100 мА; |
| G — напряжение накала 5 В; | X — ток накала 600 мА. |
| H — ток накала 150 мА; | |

Кроме указанных наиболее употребительных в настоящее время букв системой предусмотрены и ранее использовались буквы А (4 В), В (180 мА), С (200 мА), F (12,6 В), К (2 В), V (50 мА) и т. д.

Вторая и последующие буквы в обозначении определяют тип прибора:

- А — диод;
- В — двойной диод (с общим катодом);
- С — триод (кроме выходного);
- D — выходной триод;
- Е — тетрод (кроме выходного);
- F — пентод (кроме выходного);
- L — выходной пентод и тетрод;
- Н — гексод или гептод (гексодного типа);
- К — октод или гептод (октодного типа);
- М — электронно-световой индикатор настройки;
- Р — усилительная лампа со вторичной эмиссией;
- У — однополупериодный кенотрон;
- Z — двухполупериодный кенотрон.

Для обозначения **комбинированных ламп** используются необходимые сочетания этих букв, которые при этом располагаются в алфавитном порядке, например:

- СС — двойной триод;
- AF — диод-пентод;
- ABC — двойной диод-диод-триод.

Двузначное или трехзначное число обозначает внешнее оформление лампы и порядковый номер данного типа, причем первая цифра обычно характеризует **тип цоколя или ножки**:

- 3 — лампы в стеклянном баллоне с октальным цоколем;
- 5 — лампы в стеклянной оболочке с ножкой типа «магновал» (Magnoval);
- 6 и 7 — стеклянные сверхминиатюрные лампы;
- 8 — стеклянные миниатюрные с девятиштырьковым цоколем;
- 9 — стеклянные миниатюрные с семиштырьковым цоколем.

Кроме того, для **обозначения девятиштырьковых миниатюрных ламп** используются цифры от 180 до 189 (остальные цифры, а также цифра 5 ранее использовались для обозначения других, ныне устаревших видов конструктивного оформления ламп).

Лампы со специальными свойствами (повышенной долговечностью или механической прочностью, пониженным уровнем шумов, более жесткими допусками на электрические параметры и т. п.) выделяются

чаще всего путем перестановки цифр и букв в обозначении, например, E88CC, E180F. Иногда с этой же целью к обычному условному обозначению добавляют букву S, например, ECC802S.

Примеры условных обозначений ламп европейской системы:

- ♦ **ЕАА91** — двойной диод (с отдельными катодами) в миниатюрном стеклянном оформлении с семиштырьковым цоколем, напряжением накала 6,3 В;
- ♦ **ЕАВС80** — двойной диод-диод-триод в стеклянном миниатюрном оформлении с девятиштырьковым цоколем, напряжением накала 6,3 В.
- ♦ **ЕL86** — выходной пентод в стеклянном миниатюрном оформлении с девятиштырьковым цоколем, напряжением накала 6,3 В.



Примечание.

Лучшим справочником по отечественным и зарубежным электронным лампам можно считать ресурс <http://tdsl.duncanamps.com/tubesearch.php>.

3.2.4. Основные схемы включения радиоламп

Радиолампы включаются в схемы с элементами обвязки. Образуются типовые каскады. Под каскадом следует понимать лампу совместно с дополнительными элементами (пассивными и / или активными), образующие единую систему с точки зрения функционального назначения.

Схемотехника призвана подчеркивать сильные стороны ламп и скрывать их недостатки. Неправильный выбор типа или электрических параметров каскада способен испортить впечатление от самых лучших ламп! Схемы наиболее распространенных каскадов представлены на рис. 3.4—3.13.

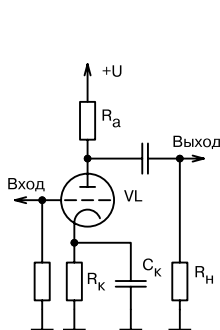


Рис. 3.4. Схема каскада с резистивной нагрузкой в аноде

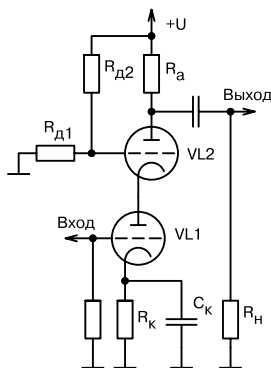


Рис. 3.5. Схема каскада

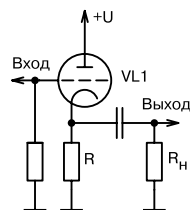


Рис. 3.6. Схема катодного повторителя

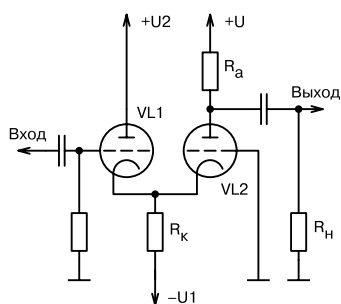


Рис. 3.7. Схема каскада с катодной связью

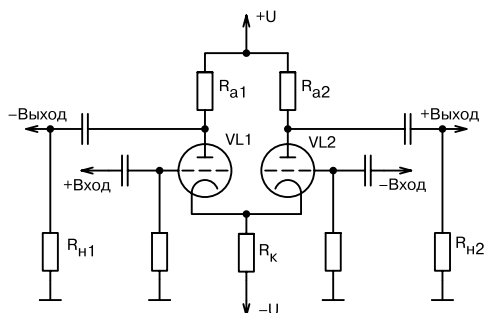


Рис. 3.8. Схема балансного каскада

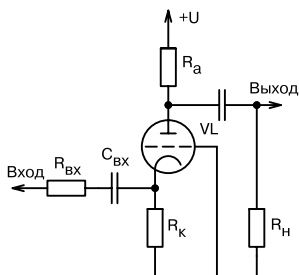


Рис. 3.9. Схема каскада с заземленной сеткой

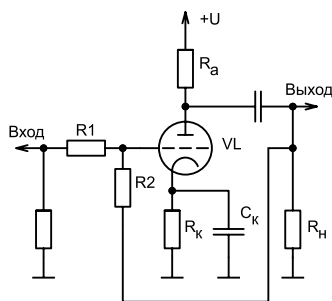


Рис. 3.10. Схема анодного повторителя

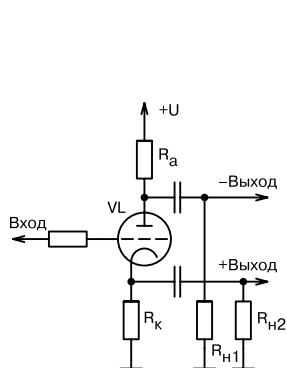


Рис. 3.11. Схема фазоинверсного каскада с разделенной нагрузкой

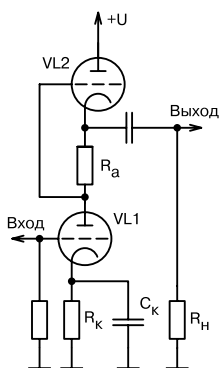


Рис. 3.12. Схема каскада SRPP (каскад с динамической нагрузкой)

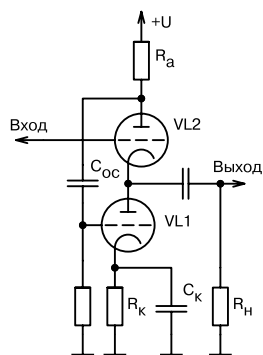


Рис. 3.13. Схема катодного повторителя Уайта

3.2.5. Таблица параметров радиоламп

В табл. 3.1 приведены параметры некоторых отечественных радиоламп. Она представлена ниже.



Интернет.

Объем справочника не позволяет привести параметры большого количества ламп. Поэтому предлагаю при необходимости брать необходимую информацию в Интернет-справочниках. Например, <http://www.istok2.com/data/улу> <http://www.qrz.ru/reference/tubes/russian/all.html>

Параметры отечественных радиоламп

Таблица 3.1

Обозначение лампы	Тип лампы	Ток накала	Напряжение накала	Напряжение на аноде	Напряжение на экр. сетке	Напряжение смещения	Анодный ток	Ток экранной сетки	Крутизна	Коэффициент усиления	Внутреннее сопротивление	Сопротивление нагрузки	Выходная мощность	Максим. допуст. мощность, рассеиваемая анодом	Емкость анод, упр. сетка
		А	В	В	В	В	мА	мА	мА/В		кОм	кОм	Вт	Вт	мкФ
4Ж5С	Пентод ВЧ	1	4	160	60	-2	5,4	3,5	2,3			-			0,03
6А7	Гептод преобразователь	0,3	6,3	250	100	0	3,5	8,5	0,45	-	1000	5	-	1	0,13
6А8	Гептод преобразователь	0,3	6,3	250	100	-3	3	2,7	0,51	-	360	-	-	1	0,06
6Г2	Двойной диод-триод	0,3	6	250	-	-2	0,9	-	1,1	100	91		-	~	1,06
6Г7С	Двойной диод-триод	0,3	6,3	250	-	-3	1,1	-	1,2	70	58		-	2	1,4
6Е5	Электронный индикатор	0,3	6,3	250	-	-8	0,1					-			
6Ж1Ж	Пентод УВЧ (желудь)	0,15	6,3	250	100	-3	3	0,7	1,6	1700	1200	-	-	1,2	0,018
6Ж4	Телевизионный пентод	0,45	6,3	300	150	-2	10	2,5		-	1000	10	-	3	0,015
6Ж7	Пентод	0,3	6,3	250	100	-3	2	0,5	1,2	1400	1200	-	-	0,75	0,006
6Ж8	Пентод ВЧ	0,3	6	250	100	-3	3	0,8	1,65	2500	1500	-	-	2,5	0,005
6К1Ж	Пентод УВЧ варимю	0,15	6,3	250	100	-3	3	0,7	1,5	1600	1200	-	-	1,2	0,018
6К7	Пентод ВЧ варимю	0,3	6,3	250	100	-3	7	11	1,45	1200	800	-	-	2,25	0,005
6К9С	Пентод ВЧ варимю	0,3	6,3	250	100	-3	9	2,6	2	1600	800	8	-	3	0,005
6К3	Пентод ВЧ варимю	0,3	6	250	100	-3	9,2	2,4	2	1600	800	-	-	4	0,003
6Н7С	Двойной триод	0,8	6,3	300	-	0	35	-	-	-	-	-	10	11	-
6Н8С	Двойной триод	0,6	6,3	250	-	-8	9	-	2; 6	20	7,7	-	-	2,5	2,08
6Н9С	Двойной триод	0,3	6,3	250	-	-2	2,3	-	1,6	70	44	2,5	-	1	4
6П6С	Лучевой тетрод	0,45	6,3	250	250	-12,5	45	4,5	4,1	-	52	1,5	4,5	12	0,7

Обозначение лампы	Тип лампы	Ток накала	Напряжение накала	Напряжение на аноде	Напряжение на экр. сетке	Напряжение смещения	Анодный ток	Ток экранной сетки	Крутизна	Коэффициент усиления	Внутреннее сопротивление	Сопротивление нагрузки	Выходная мощность	Максим. допуст. мощность, рассеиваемая анодом	Емкость анод, упр. сетка
		А	В	В	В	В	мА	мА	мА/В		кОм	кОм	Вт	Вт	мкФ
6П9	ТВ пентод видеокастоты	0,65	6,3	300	150	-3	30	7	11	-	130	-	-	9	0,06
6ПЗС	Лучевой тетрод	0,9	6,3	250	250	-14	78	7	6	-	25	-	6,5	20,5	1
6С1Ж	Триод УВЧ (желудь)	0,15	6,3	180	-	-5	4,3	-	2,1	25	12,5	-	-	1,5	1,4
6С5С	Триод	0,3	6,3	250	-	-8	8	-	2,2	20	10	-	-	2,5	2
6Ф5	Триод с большим μ	0,3	6,3	250	-	-2	1	-	1,6	100	63	7	-	0,4	2
6Ф6С	Оконечный пентод	0,7	6,3	250	250	-16,5	34	7	2,5	-	80	-	3,2	10	0,6
6Х6С	Двойной диод	0,3	6,3	125	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
25П1С	Лучевой тетрод	0,3	25	ПО	ПО	-8	80	8	8,5	-	10	1,8	1,6	10	-
30П1С	Лучевой тетрод	0,3	30	ПО	110	-7,5	70	16	10	-	9	3	1,6	7	-
УО-186	Оконечный триод	1	4	250	-	-37,5	57	-	3,2	4	1,2	-	1,5	15	8,2

3.3. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ПРИБОРЫ: ТРУБКИ И КИНЕСКОПЫ

Определение и разновидности



Определение.

Электронно-лучевой электровакуумный прибор — устройство, которое использует поток электронов, сконцентрированный в узкий пучок (электронный луч), управляемый как по интенсивности, так и по положению в пространстве.

К ним относятся электронно-лучевые трубки (ЭЛТ), приемные телевизионные трубки (**кинескопы**) и др. Одним из наиболее распространенных электронно-лучевых приборов является приемная **электронно-лучевая трубка** (ЭЛТ). ЭЛТ преобразует электрический сигнал в оптическое изображение. Различают несколько **видов приемных ЭЛТ**: проекционные, осциллографические, индикаторные, знакпечатающие, цветные, монохромные, светоклапанные.

В современных кинескопах используется **смешанное управление лучом**. Для фокусировки служит электрическое поле, а для отклонения луча — магнитное.

Обозначение

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — число, которое указывает размер экрана, т. е. его диаметр или диагональ (для кинескопов с прямоугольным экраном).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — две буквы, указывающие тип трубки (например, ЛО — осциллографические с электростатической системой управления лучом, ЛК — кинескопы с магнитным отклонением луча). **ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ** — число, по которому сравнивают трубки одного типа с разными параметрами.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, по которой определяют цвет свечения экрана (Б — белый, Ц — цветной, И — зеленый, А — синий и т. д.).



Пример.

40ЛК6Б — кинескоп с размером экрана по диагонали 40 см, 6-го варианта разработки, имеющий белый цвет свечения экрана.

Обычно зарубежные фирмы-производители указывают размер диагонали кинескопа в дюймах (1 дюйм равен 2,54 см). Конструктивными основными элементами любого электровакуумного прибора являются помещенные внутри баллона (газонепроницаемой оболочки) электроды. В настоящее время эти приборы малоприменимы, поэтому описание проводится в прошедшем времени.

Устройство и принцип действия электронно-лучевой трубки

В электронно-лучевых трубках формировался тонкий электронный луч, который направлялся на экран, покрытый люминофором, с целью получения оптического изображения. В общем случае ЭЛТ состояло из электронной пушки, отклоняющей системы и экрана.

Электроны, попадая на люминофор, возбуждали его атомы. Яркость свечения экрана была пропорциональна числу электронов и их энергии. Свечение наблюдалось со стороны, противоположной электронной бомбардировке, поэтому корпус трубки был стеклянным, прозрачным.

Электронная пушка обеспечивала фокусировку луча до диаметра менее 0,1 мм. Для управления перемещением электронного луча использовались **отклоняющие системы**.



Примечание.

Отклоняющие системы могут быть электростатическими (применяются, как правило, в ЭЛТ) и магнитными (применяются, как правило, в кинескопах).

Отклоняющие системы характеризуются **чувствительностью**. Для трубок с электростатическим отклонением чувствительность определяется отклонением смещения h (мм) светящегося пятна на ее экране к отклоняющему напряжению. Цвет свечения экрана определяется химическим составом люминофора и может быть зеленым, оранжевым, синим и т. д.

На **рис. 3.14** изображено устройство ЭЛТ, в которой использовалась электростатическая фокусировка и электростатическое отклонение луча. Система электродов ЭЛТ была помещена в стеклянный баллон, из которого откачан воздух. В торце баллона располагался **катод косвенного накала**, предназначенный для формирования электронного потока.

Далее шел **модулятор**, представлявший собой цилиндр с отверстием, из которого вылетали электроны. На модулятор подавалось напряжение, которое с помощью резистора R1 могло изменяться относительно катода. При этом менялась интенсивность электронного потока и изменялась «яркость» свечения изображения на экране.

Ускоряющий электрод, первый и второй аноды образовывали **электронную линзу**, под действием которой электронный луч на экране фокусировался в точку. Резистор R3 обеспечивал фокусировку луча. Для отклонения луча использовались две пары отклоняющих пластин «X» и «Y».

Напряжение, подаваемое на эти пластины, создавало электрическое поле, которое отклоняло электронный луч. Чувствительность ЭЛТ составляла 0,1—0,4 мм/В. Чтобы электроны не скапливались около экрана и не искажали изображение, стенки баллона вблизи экрана были

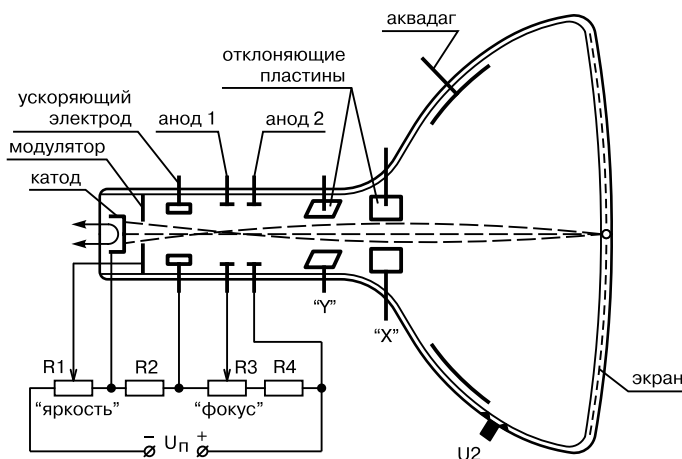


Рис. 3.14. Устройство ЭЛТ с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением луча

покрыты графитовым слоем — **аквадагом**. Электроны с аквадага стекали на второй анод.

Основными достоинствами ЭЛТ с электростатическим управлением являются: простота конструкции, малая мощность, малая инерционность.

Устройство и принцип действия черно-белого кинескопа



Определение.

Черно-белый кинескоп — это приемная электронно-лучевая трубка с люминофорным экраном, преобразующая мгновенные значения телевизионного сигнала в последовательность световых импульсов, формирующих телевизионное изображение.

Развертывающим элементом кинескопа являлся сфокусированный электронный луч, а воспроизведение изображения обеспечивалось отклонением луча (разверткой) и модуляцией его плотности сигналом изображения.

Конструктивно черно-белый кинескоп состоял из трех главных частей: стеклянного баллона, электронно-оптической системы, формировавшей электронный луч, и люминофорного экрана, на котором формировалось изображение. Устройство черно-белого кинескопа представлено на рис. 3.15.

Экран представлял собой слой люминофора, покрытый узкой пленкой алюминия. На горловине кинескопа помещалась отклоняющая система, при помощи которой формировалось магнитное поле, обе-

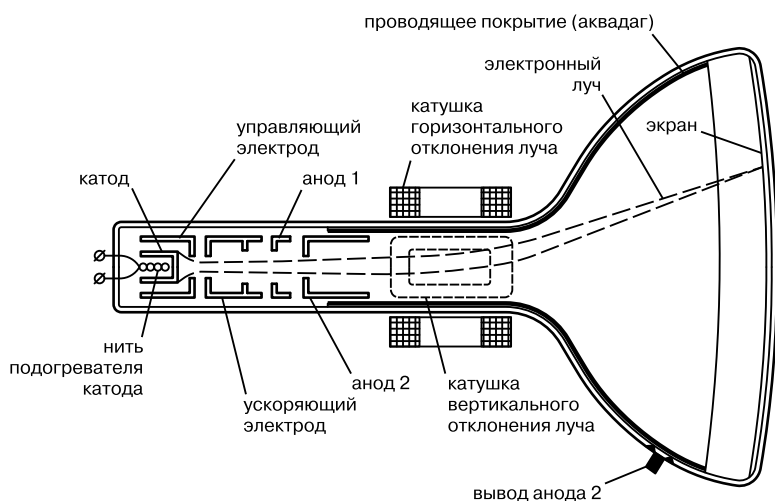


Рис. 3.15. Устройство черно-белого кинескопа

спечаивающее перемещение электронного луча в процессе развертки изображения. **Электронно-оптическая система (электронная пушка)** обеспечивала ускорение, фокусировку и управление плотностью тока электронного луча.

Катод, нагреваемый нитью накала, испускал электроны, создавая электронный луч. Для увеличения эффективности катода его покрывали специальным веществом. Интенсивностью электронного луча и, соответственно, яркостью изображения можно было управлять изменением напряжения на управляющем электроде (модуляторе).

Покинув пушку, электроны ускорялись анодом, представляющим собой металлизированное покрытие внутренней поверхности конуса кинескопа, соединенного с одноименным электродом пушки. Напряжение на аноде находилось в пределах от 7 до 30 киловольт. Далее луч проходил через магнитную отклоняющую систему, которая управляла направлением движения луча.



Примечание.

В телевизионных ЭЛТ (кинескопах) применялась именно магнитная отклоняющая система как обеспечивающая большие углы отклонения. В осциллографических ЭЛТ применялась электростатическая отклоняющая система как обеспечивающая большее быстродействие.

Электронный луч попадал в экран, покрытый люминофором. От бомбардировки электронами люминофор светился, а быстро перемещающееся пятно переменной яркости создавало на экране изображение. В черно-белых телевизорах состав люминофора подбирали таким, чтобы он светился нейтрально-серым цветом.

По всей поверхности трубки находился соединенный с анодом слой **аквадага** — проводящей смеси на основе графита. Дело в том, что люминофор от электронов приобретал отрицательный заряд, и начиналась вторичная эмиссия — люминофор сам начинал испускать электроны. В результате вся трубка приобретала отрицательный заряд. Аквадаг нейтрализовывал это явление.

Принцип действия цветного кинескопа

Для получения цветного изображения в большинстве телевизоров вплоть до начала XXI века использовался один электровакуумный прибор — **цветной кинескоп**. В нем цветное изображение формировалось из трех базовых цветов методом **пространственного смешения цветов**.

При этом использовалась трехрастровая система, где формировались три одноцветных раstra — красный, зеленый, синий, с достаточной степенью точности совмещенные друг с другом. Эта система предполагала наличие:

- ♦ трех электронных пушек;
- ♦ трех люминофорных групп.

Их спектральное излучение соответствовало красному, синему и зеленому цветам, а правильность попадания каждого из лучей на люминофор своего цвета обеспечивалась специальной стальной сеткой с мелкими ячейками, расположенной перед люминофорами, которая называлась **теневого маской**. Поэтому такие кинескопы называли **масочными**.

Кинескопы, в отличие от рассмотренных выше ЭЛТ, имели **магнитную систему отклонения луча**. Она была образована двумя парами отклоняющих катушек, расположенных на горловине трубки перпендикулярно друг другу и к оси трубки. Токи, проходящие через катушки, создавали магнитные поля, которые и вызывали отклонение луча. В телевизионных приемниках недавнего времени использовались кинескопы с прямоугольной формой экрана и короткой горловиной. С помощью электромагнитной отклоняющей системы обеспечивался широкий угол отклонения луча (до 114°). Это позволяло создать короткие трубки с большим размером экрана. Благодаря магнитной отклоняющей системе в кинескопе обеспечивалась хорошая фокусировка и достаточная яркость.

По способу расположения электронных пушек и люминофорных групп различали:

- ♦ **дельта-кинескопы** (рис. 3.16, *а*), где пушки и люминофоры были расположены в вершинах равностороннего треугольника;
- ♦ **компланарные** (рис. 3.16, *б*), где пушки и люминофорные группы находились в одной плоскости.

Устройство дельта-кинескопа цветного изображения

Конструктивно кинескоп представлял собой **стеклянную колбу** (рис. 3.16, *а*) с люминофорным мозаичным экраном, внутри которого были расположены **ТРИ электронные пушки** для красного, синего и зеленого цвета (RGB).



Примечание.

Эти пушки находились в вершинах равностороннего треугольника и имели наклон к оси кинескопа примерно 1 градус.

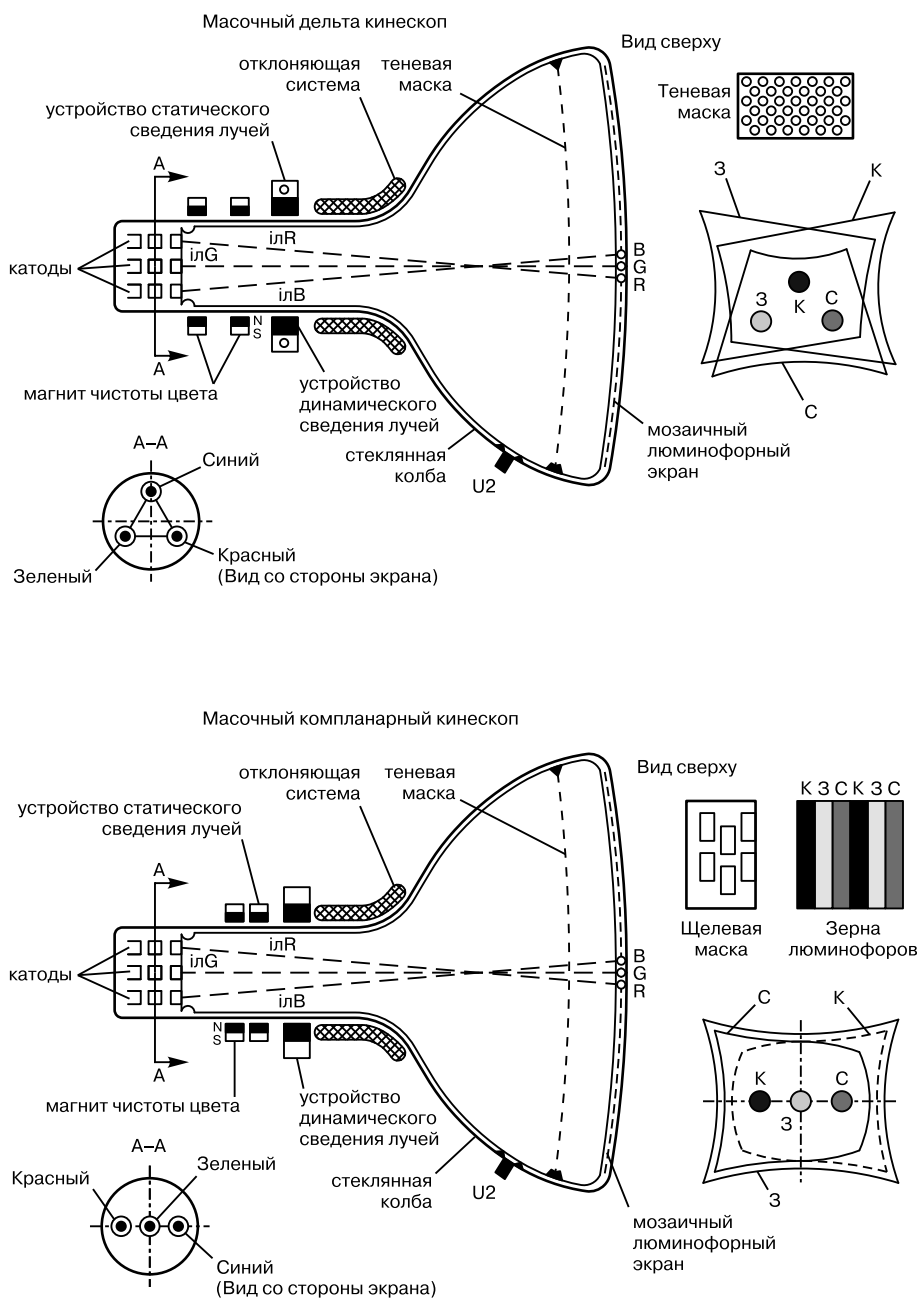


Рис. 3.16. Устройство цветных кинескопов:
 а — дельта-кинескопа; б — масочного планарного кинескопа

Для направления электронных лучей на «свои» люминофоры использовалась **тенивая маска**, установленная на расстоянии 12 мм от экрана. Она была выполнена из листовой стали толщиной 0,15 мм, имела отверстия диаметром 0,25 мм. Число отверстий было равно числу **люминофорных триад** ($550\,000 \times 3 = 1\,650\,000$). Для отклонения лучей использовалась **внешняя отклоняющая система**.

Особенностью конструкции дельта-кинескопов являлось то, что в них возникало большое количество специфических искажений. Для их устранения были введены дополнительные внешние элементы:

- ♦ два магнита чистоты цвета, корректировавшие неточность установочных углов пушек, положение отклоняющей системы и магнитного поля Земли;
- ♦ устройства статического и динамического сведения лучей, обеспечивавшие точность сведения лучей в центре и по краям экрана.

Эти узлы значительно усложняли конструкцию и настройку телевизора. Еще сложность: тенивая маска имела низкую прозрачность (примерно 20%). Поэтому приходилось увеличивать напряжение второго анода до 25—30 кВ, чтобы не падала яркость свечения экрана!

Недостатки дельта-кинескопа:

- ♦ большая сложность регулировки динамического сведения лучей, поскольку три смещенных относительно оси кинескопа пушки формируют три смещенных относительно друг друга трапециевидных раstra;
- ♦ низкая прозрачность теневой маски (20%) требует большой мощности источника питания второго анода 25 кВ;
- ♦ повышенная электронная бомбардировка маски может вызвать ее термическую деформацию, что может вызвать нарушение режима сведения лучей при работе телевизора.

Устройство масочного планарного цветного кинескопа

Конструкция масочного планарного цветного кинескопа (рис. 3.16, б) в целом была аналогична конструкции дельта-кинескопа, но с другим расположением пушек и люминофорных групп.

Конструктивно кинескоп представлял собой стеклянную колбу с люминофорным мозаичным экраном, внутри которого были расположены **три электронные пушки** для красного, синего и зеленого цветов (RGB).

**Примечание.**

Три электронные пушки в кинескопе планарного типа, в отличие от дельта-кинескопа, были расположены в одной горизонтальной плоскости, причем зеленый совпадал с осью кинескопа, а остальные два были повернуты относительно оси на 1,5 градуса.

Для направления электронных лучей на «свои» люминофоры использовалась **щелевая теневая маска**, установленная на расстоянии 12 мм от экрана. Маска была выполнена из листовой стали толщиной 0,15 мм, имела отверстия в виде щелевых прорезей с горизонтальными перемычками для прочности.

Число отверстий было равно числу люминофорных триад ($550\,000 \times 3 = 1\,650\,000$). Для отклонения лучей использовалась **внешняя отклоняющая система**.

Основные **преимущества** планарного кинескопа перед дельта-кинескопом:

- ♦ расположение прожекторов в одной плоскости упрощало механизм динамического сведения лучей (т. к. отклонения растров симметричны и имели место только у красного и синего лучей), поэтому совмещать их нужно было только в горизонтальной плоскости;
- ♦ повышалась яркость свечения экрана, т. к. у щелевой маски прозрачность выше;
- ♦ улучшалась чистота цвета, т. к. «чужой» луч мог попасть на другую полосу только в горизонтальном направлении;

Создание кинескопов планарного типа дало возможность построить в конце прошлого века кинескопы по принципу **самосведения лучей**. В равномерном магнитном поле отклонение лучей приводило к расслоению вертикальных линий слева и справа, а оно могло быть скорректировано неравномерным магнитным полем. Это достигалось подбором формы и плотности распределения витков катушек отклоняющих систем, и дало возможность отказаться от сложных схем динамического и статического сведения лучей.

**Примечание.**

В связи с тем, что в современном мире практически прекращен выпуск цветных телевизионных приемников с кинескопом, принято решение не приводить в Энциклопедии таблицы характеристик кинескопов. Эту информацию, при необходимости, вы сможете найти в Интернете.

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

4.1. МИКРОФОНЫ

4.1.1. Первое знакомство



Определение.

Микрофон (от греч. *μικρός* — маленький и *φωνή* — звук) — электроакустический прибор, преобразовывающий звуковые колебания в колебания электрического тока. Это устройство ввода, которое служит первичным звеном в цепочке звукозаписывающего тракта, звукоусиления, телефонного аппарата.

Микрофоны классифицируются по признаку преобразования акустических колебаний в электрические и подразделяются на *электродинамические, электромагнитные, электростатические (конденсаторные и электретные), угольные и пьезоэлектрические*.

Параметры микрофонов

Микрофоны характеризуются следующими параметрами:

- ♦ **чувствительность микрофона** — это отношение напряжения на выходе микрофона к воздействию на него звуковому давлению при заданной частоте (как правило, 1000 Гц), выраженное в милливольтгах на паскаль (мВ/Па). Чем больше это значение, тем выше чувствительность микрофона;
- ♦ **номинальный диапазон рабочих частот** — диапазон частот, в котором микрофон воспринимает акустические колебания и в котором нормируются его параметры;
- ♦ **неравномерность частотной характеристики** — разность между максимальным и минимальным уровнем чувствительности микрофона в номинальном диапазоне частот;
- ♦ **модуль полного электрического сопротивления** — нормированное значение выходного или внутреннего электрического сопротивления на частоте 1 кГц;

- ♦ **характеристика направленности** — зависимость чувствительности микрофона (в свободном поле на определенной частоте) от угла между осью микрофона и направлением на источник звука;
- ♦ **уровень собственного шума микрофона** — выраженное в децибелах отношение эффективного значения напряжения, обусловленного флуктуациями давления в окружающей среде и тепловыми шумами различных сопротивлений в электрической части микрофона, к напряжению, развиваемому микрофоном на нагрузке при давлении 1 Па при воздействии на микрофон полезного сигнала с эффективным давлением 0,1 Па.

4.1.2. Принцип действия микрофонов основных типов

На рис. 4.1 приведены схемы, объясняющие принцип работы основных типов микрофонов, а также их внешний вид и габаритные размеры.

Принцип действия **конденсаторного микрофона** таков. Мембрана и электрод выполнены из электропроводного материала. Они разделены **изолирующим кольцом**, представляя собой конденсатор. Жестко натянутая мембрана под воздействием звукового давления совершает колебательные движения относительно неподвижного электрода. Конденсатор включен в электрическую цепь последовательно с источником напряжения постоянного тока $GВ$ и активным нагрузочным сопротивлением R . При колебаниях мембраны емкость конденсатора меняется с частотой воздействующего на мембрану звукового давления. В электрической цепи появляется переменный ток той же частоты и на нагрузочном сопротивлении возникает переменное напряжение, являющееся выходным сигналом микрофона.

Электретные микрофоны по принципу работы являются теми же конденсаторными, но постоянное напряжение в них обеспечивается зарядом электрета, тонким слоем нанесенного на мембрану и сохраняющим этот заряд продолжительное время (свыше 30 лет).

Поскольку **электростатические микрофоны** обладают высоким выходным сопротивлением, то для его уменьшения, как правило, в корпус микрофона встраивают истоковый повторитель на полевом n -канальном транзисторе с p - n переходом. Это позволяет снизить выходное сопротивление до величины не более 4 кОм и уменьшить потери сигнала при подключении к входу усилителя сигнала микрофона. У электретных микрофонов с двумя выводами выход микрофона выполнен по схеме усилителя с открытым стоком.

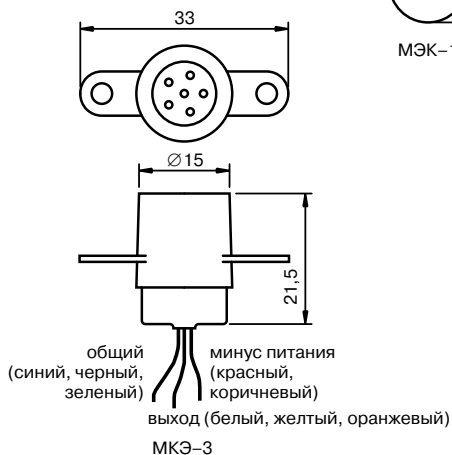
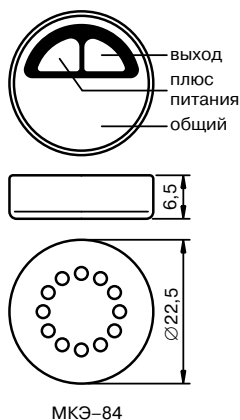
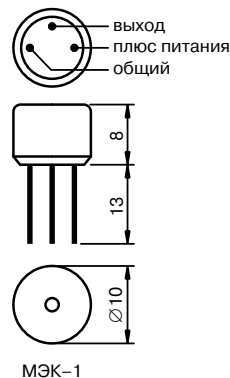
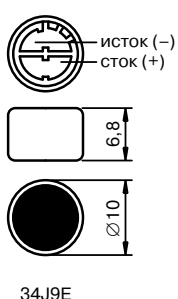
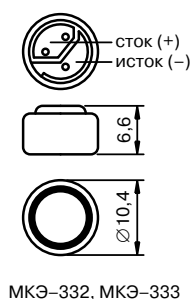
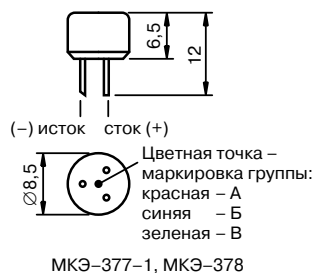
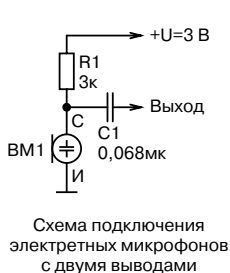
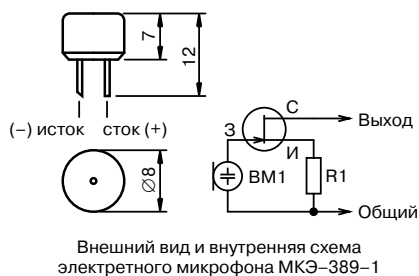
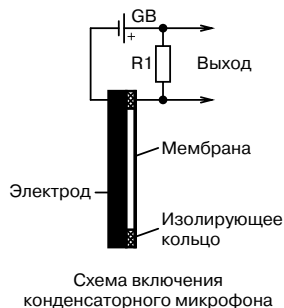
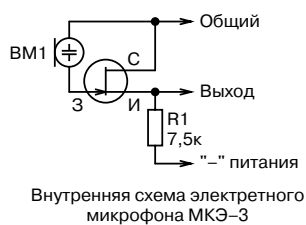


Рис. 4.1. Внешний вид, схемы включения и габаритные размеры микрофонов

4.1.3. Маркировка микрофонов

Микрофоны маркируются, в основном, по своему типу работы:

МД — микрофон динамический;

МЛ — микрофон ленточный;

МДМ — малогабаритный микрофон динамический;

МК — микрофон конденсаторный;

МКЭ — микрофон конденсаторный электретный;

МУ — угольный.

После указания типа идут цифры, указывающие номер разработки.

Иногда к ним добавляется класс изделия.



Пример.

МД-77-1 — микрофон динамический 77-разработки, 1-го класса.

4.1.4. Характеристики микрофонов

Характеристики некоторых отечественных микрофонов представлены в табл. 4.1.

Параметры отечественных микрофонов

Таблица 4.1

Тип микрофона	Номинальный диапазон частот, Гц	Неравномерность АЧХ, дБ	Внутреннее сопротивление, Ом	Чувствительность холостого хода, мВ/Па	Направленные свойства
Электродинамические микрофоны					
МД-52А	50—16000	12	250	1,2	ОН
МД-52Б	50—15000	12	250	1,2	ОН
МД-52Б-СН	50—15000	12	250	1,2	ОН
МД-63	60—15000	20	250	1,1	НН
МД-63Р	60—15000	20	250	1,1	НН
МД-66	100—10000	20	250	2	ОН
МД-74	50—15000	8	250	1,5	НН
МД-78	50—15000	20	150	2	ОН
МД-200	100—10000	12	250	1,5	ОН
МД-201	100—10000	12	250	1,5	НН
82А-5ММ	50—15000	10	250	4	ОН
МД-80 Россия	50—12000	22	200	2	ОН
МД-80 Болгария	40—15000	20	150	1,2	ОН
Ленточные микрофоны					
МЛ-19	50—16000	14	250	2	ОН
МЛ-51	40—16000	10	250	1,6	ДН

Тип микрофона	Номинальный диапазон частот, Гц	Неравномерность АЧХ, дБ	Внутреннее сопротивление, Ом	Чувствительность холостого хода, мВ/Па	Направленные свойства
Конденсаторные и электретные микрофоны					
19A31	20—20000	8	80	22	ОН
КМКЭ-1	20—20000	8	80	17	ОН
КМС-19-02	20—20000	8	80	16	ОН
КМС-19-05	20—20000	8	80	45	ОСН
КМС-19-07	20—20000	8	80	9	НН
КМС-19-08	20—20000	8	80	10	ДН
КМС-19-09	20—20000	8	80	30	ОН
МК-12	50—15000	9	600	11	ОН
МК-13М	30—18000	6	600	5,5	ОН
МК-15	50—15000	12	600	5,5	ОН
МК-16	20—40000	5	250	2	НН
МК-18, вар. 1	80—16000	8	200	16	НН
МК-18, вар. 2	80—16000	6	200	16	ОН
МК-18, вар. 3	80—16000	10	200	16	ДН
МК-19	50—16000	6	200	16	ОН
МК-6	20—40000	5	250	1,1	НН
МКЭ-10	50—16000		250	2	НН
МКЭ-15	50—16000		20	1,5	ОН
МКЭ-2	50—15000	15	200	1,5	ОН
МКЭ-3	50—15000	10	2000	3,5	НН
МКЭ-4М	50—15000	9	200	18	ОН
МКЭ-5	50—16000	12	250	2,5	НН
МКЭ-6	50—16000	18	250	3	НН
МКЭ-7	50—15000	12	250	8	ОН

Примечание: НН — ненаправленный; ОН — односторонненаправленный; ОСН — остронаправленный; ДН — двусторонненаправленный.

Характеристики микрофонов фирмы Neumann приведены в табл. 4.2.

Характеристики микрофонов фирмы Neumann

Таблица 4.2

Параметры/Тип	Km 120	Km 130	Km 131	Km 140
Акустический принцип действия	градиентное преобразование давления			
Модель диаграммы направленности	8-подобная диаграмма	уравненное всенаправленное диффузное поле		кардиоида
Частотный диапазон, Гц	20—20 000			
Чувствительность при частоте f=1 кГц и r _{вх} = 1 кОм, мВ/Па	12			15
Входное сопротивление, Ом	50			
Входное сопротив. при нагрузке, Ом	1000			
Эквив. звуковое давление по стандарту ccir 468-3, дБ	26	27	25	25
Отношение сигнал/шум по стандарту ccir 468-3, дБ	68	67	67	69

Таблица 4.2 (продолжение)

Макс. звуковое давление при гармон. искажениях 0,5 %, дБ	140				138
Макс. звуковое давление при гармонических искажениях 0,5 % с преаттенюацией, дБ	150				148
Макс. выходное напряжение, дБи	10				
Питающее напряжение, В	48 ±4				
Потребляемый ток, мА	2				
Вес, г	102	80	80	80	
Диаметр корпуса, мм	24/22	22	22	22	
Длина корпуса, мм	110	92	92	92	

4.2. ГОЛОВНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ

4.2.1. Первое знакомство



Определение.

Наушники или **головные телефоны** (англ. *headphones*) — устройство для персонального прослушивания речи, музыки или иных звуковых сигналов.

В комплекте с микрофоном могут служить **головной гарнитурой** — средством для ведения переговоров по телефону или иному средству голосовой связи. Кроме того, наушники используются в звукозаписывающих студиях для точного контроля записываемого трека музыкальной композиции.

Именованье наушников как «головные телефоны» возникло, скорее всего, при буквальном прочтении английского термина *headphones* англ. *head* — *голова*, *phone* — *телефон*. Рассмотрим классификацию наушников.

Классификация наушников

По способу передачи звука:

- ♦ **проводные** — соединены с источником проводом, поэтому могут обеспечить максимальное качество звука (все наушники, имеющие профессиональную направленность, относятся исключительно к этому типу);
- ♦ **беспроводные** — соединены с источником посредством беспроводного канала того или иного типа — радио, инфракрасным,

Bluetooth. Они относительно мобильны, но имеют привязанность к базе (излучателю) и ограниченный радиус действия, определяемый мощностью излучателя. Они обладают более низким качеством звука по сравнению с проводными наушниками в силу процесса модуляции при кодировании-декодировании, необходимых при передаче сигнала от излучателя к приемнику в наушниках.

По типу конструкции (виду):

- ♦ **вставные** (обиходное название — «вкладыши») — вставляются в ухо;
- ♦ **внутриканальные** или вакуумные (обиходное название — «затычки») — вставляются в ухо;
- ♦ **накладные** — накладываются на ухо;
- ♦ **полноразмерные** или мониторные — полностью обхватывают ухо.

По типу крепления:

- ♦ **оголовье** — наушники с вертикальной дужкой, которая соединяет две чашечки наушников;
- ♦ **затылочная дужка** — соединяет две части наушников, но располагается на затылке, основная механическая нагрузка направлена на уши;
- ♦ **крепления на ушах** — обычно наушники такого типа закрепляются на ушах с помощью заушины или клипс;
- ♦ **без креплений** — они держатся только за счет амбушюров, которые находятся в ухе.

По способу подключения кабеля:

- ♦ **двухсторонние** — соединительный кабель подводится к каждой из чашек наушников;
- ♦ **односторонние** — соединительный кабель подводится только к одной из чашек наушников, вторая подключается отводом провода от первой, зачастую тот спрятан в дужке.

По конструкции излучателя:

- ♦ **динамические** — используют электродинамический принцип преобразования. Самый распространенный тип наушников. Конструктивно наушник представляет собой излучатель или мембрану, к которой прикреплена катушка с проводом, находящаяся в магнитном поле постоянного магнита. Если через нее пустить переменный ток, то магнитное поле, создаваемое катушкой, будет взаимодействовать с магнитным полем постоянного магнита, в результате чего мембрана будет двигаться, повторяя форму электрического сигнала звуковой частоты. Электродинамический способ преобразования сигнала имеет множество недостатков и ограничений, но постоянно совер-

шенствующая конструкция таких наушников и новые материалы позволяют достигнуть очень высокого качества звука;

- ♦ **с уравновешенным якорем** — основной деталью является П-образный якорь из ферромагнитного сплава. В разговорной речи их часто называют «арматурными» из-за созвучия английского слова *armature* (якорь) русским арматура;
- ♦ **электростатические** — используют тончайшую мембрану, расположенную между двумя электродами. Стоимость таких наушников обычно высока, однако они демонстрируют очень высокую чувствительность и высокую верность воспроизводимого звука. Недостаток — их нельзя напрямую подключить к стандартному выходу на наушники, поэтому к ним в комплекте идет специальная док-станция;
- ♦ **изодинамические** — тонкая пленочная мембрана, с нанесенными на нее металлическими токопроводящими дорожками, заключена в решетку из стержневых магнитов и колеблется между ними.
- ♦ **ортодинамические** — по принципу аналогичны изодинамическим, но мембрана и магниты имеют круглую форму.

По типу акустического оформления:

- ♦ **открытого типа** — частично пропускают внешние звуки, что позволяет достичь более естественного звучания. Многие слушатели отмечают звук открытых наушников как более прозрачный и натуральный по сравнению со звуком закрытых наушников. Кроме того, открытое акустическое оформление не делает вас аудиально «отрезанным» от окружающего мира. Однако при высоком уровне внешнего шума звук в открытых наушниках будет плохо слышен. К тому же открытые наушники, работающие на большой громкости, могут помешать окружающим. Не создают давления на внутреннее ухо;
- ♦ **полуоткрытого типа** (или полужакрытого типа) — обладают многими свойствами открытых наушников, но при этом обеспечивают приличную звукоизоляцию;
- ♦ **закрытого типа** — не пропускают внешние шумы и обеспечивают максимальную звукоизоляцию, что позволяет использовать их в шумных средах, а также в тех случаях, когда необходимо полностью сосредоточиться на прослушивании. При плохом прилегании амбушюров (чашечек) у закрытых наушников ухудшается воспроизведение низких частот, поэтому у закрытых наушников с дужкой давление, производимое ими на голову, как правило, выше, чем у открытых.

По сопротивлению

- ♦ **низкоомные** — с сопротивлением от единиц ом до нескольких сотен ом;
- ♦ **высокоомные** — с сопротивлением от единиц килоом до нескольких десятков килоом.

4.2.2. Основные технические характеристики наушников

Основными техническими характеристиками являются: частотный диапазон, чувствительность, сопротивление, максимальная мощность и уровень искажений в процентном соотношении.

Частотная характеристика влияет на качество звука наушников. Наушники с большим диаметром мембраны имеют повышенное качество звучания. Среднее значение частотной характеристики 18 Гц — 20 000 Гц. Некоторые профессиональные наушники имеют частотный интервал от 5 Гц до 60000 Гц. Наиболее широкий заявленный частотный диапазон у некоторых моделей достигает 5 Гц — 125 кГц.

Чувствительность влияет на громкость звука в наушниках. Обычно наушники обеспечивают чувствительность не менее 100 дБ, при меньшей чувствительности звук может быть слишком тихим (особенно при использовании наушников с плеером или подобными устройствами). На чувствительность влияет материал магнитного сердечника, применяемого в наушниках (например, неодимовые магнитные сердечники). Наушники-«вкладыши» с малым диаметром мембраны обладают мало-мощным магнитом.

Сопротивление (импеданс). Здесь важно соответствие значения модуля полного электрического сопротивления наушников и выходного сопротивления источника звука. Большинство наушников рассчитано на сопротивление 32 Ом. Наушники с сопротивлением в 16 Ом имеют повышенную излучаемую акустическую мощность. Для студийной работы используют наушники с максимальным значением импеданса.

Максимальная мощность аксимальная (паспортная) входная мощность обуславливает громкость звучания.

Уровень искажений. Уровень искажений в наушниках измеряется в процентах. Чем меньше этот процент, тем лучше качество звучания. Привносимые наушниками искажения менее 1 % в полосе частот от 100 Гц до 2 кГц являются приемлемыми, тогда как для полосы ниже 100 Гц допустимо 10 %.

4.2.3. Параметры головных телефонов

Параметры отечественных головных телефонов представлены в табл. 4.3.

Параметры отечественных головных телефонов

Таблица 4.3

Тип	Система	Диапазон частот, Гц	Сопротивление, Ом	Масса, г
ТА-4	ЭМ	300—3000	300 (10000)	60
ТГ-7М	ЭМ	300—3000	150	150
ТГ-9	ЭМ	200—6000	5000	170
ТД-6	ЭД	100—5000	140	110
ТДК	ЭД	100—5000	160	115
ТКЭД	ЭМ	300—3400	260	60
ТМ-2	ЭММ	300—3000	450	20
ТМ-3	ЭММ	300—3000	450	20
ТМ-4	ЭММ	300—3000	50	10
ТДС-1	ЭДС	40—16000	8—16	500
ТДС-3	ЭДС	40—20000	8—16	450
ТДС-5	ОДС	40—20000	100	350
ТДС-7	ИДС	40—20000	8	390
ТПС-1	ПС	20—20000	4—16	340

Параметры импортных головных телефонов представлены в табл. 4.4.

Параметры импортных головных телефонов

Таблица 4.4

Тип	Диапазон частот, Гц	Звуковое давление, дБ	Кэфф. нелин. искажений, %	Сопротивление, Ом	Масса, г
Sennheiser HD 600	12—39000	97	0,1	300	—
Sennheiser HD 590 Prestige	12—38000	97	0,1	120	270
Sennheiser HD 250 linear II	12—19000	94	0,2	300	215
Grado RS-1	12—30000	98	—	32	—
Grado SR-325	18—24000	98	—	32	—
Grado SR-125	20—20000	98	—	32	—
Koss A250	16—25000	98	0,1	60	258
Koss Pro4AA Titanium	10—25000	95	0,1	250	594
AKG K501	16—30000	94	0,1	120	230

4.3. ГОЛОВКИ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

4.3.1. Первое знакомство



Определение.

Громкоговоритель — устройство для эффективного излучения звука в окружающее пространство, конструктивно содержащее одну или несколько излучающих головок и, при необходимости, акустическое оформление и дополнительные электрические устройства (фильтры, трансформаторы, регуляторы и т. п.).



Головка громкоговорителя — пассивный электроакустический преобразователь, предназначенный для преобразования электрических сигналов (чаще звуковой частоты) в акустические.

Акустическое оформление — конструктивный элемент, обеспечивающий эффективное излучение звука (акустический экран, ящик, рупор и т. п.).



Примечание.

Наиболее часто в громкоговорителях используются электродинамические головки (сокращенно **динамик**), так же иногда называют и сами **громкоговорители**.

Функционально к громкоговорителям близки телефоны (наушники), однако, в отличие от громкоговорителей они не предназначены для излучения звука в открытое пространство. **Колонка** — громкоговоритель, выполненный в виде закрытого корпуса той или иной формы (чаще параллелепипед, куб).



Определение.

Звуковая колонка (линейный массив) — акустическая система, состоящая из большого количества одинаковых громкоговорителей, расположенных вертикально.

Вертикальная звуковая колонка позволяет добиться достаточно узкой диаграммы направленности в вертикальном направлении, что необходимо для озвучивания открытых площадок, а иногда и закрытых помещений.

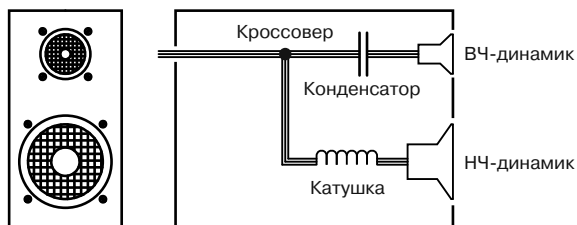


Примечание.

Часто звуковыми колонками ошибочно называют бытовые многоканальные акустические системы, однако они не формируют сколько-либо направленного излучения.

Акустическая система — устройство для воспроизведения звука. Она бывает однополосной (один широкополосный излучатель, например, динамическая головка) и многополосной (две и более головок, каждая из которых создает звуковое давление в своей частотной полосе).

Акустическая система состоит из акустического оформления (например, «закрытый ящик» или «система с фазоинвертором» и др.) и вмон-



тированных в него излучающих головок (обычно динамических). Пример устройства акустической системы приведен на рис. 4.2.

Рис. 4.2. Пример устройства акустической системы

4.3.2. Маркировка громкоговорителей

Обозначение громкоговорителей содержит следующие элементы:

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, указывающая мощность громкоговорителя — от 0,1 Вт до 30 Вт;

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — буквы ГД — громкоговоритель;

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — цифры, указывающие номер разработки.



Пример.

0,5ГД-36 — громкоговоритель мощностью 0,5 Вт, номер разработки 36.

4.3.3. Технические характеристики динамической головки

Основные технические характеристики динамической головки представлены ниже.

Тип динамической головки — полно-диапазонная (широкополосная — ГДШ, головка динамическая широкополосная), низкочастотная (ГДН), среднечастотная, высокочастотная (ГДВ).

Номинальный диаметр — внешний диаметр рамы (диффузородержателя) или диаметр подвеса диффузора, расстояние между противоположными крепежными отверстиями.

Мощность — номинальная, программная (длительная), либо пиковая (краткосрочная) подводимая мощность, которую выдерживает головка до своего разрушения. Головка может быть разрушена и гораздо меньшей мощностью, если динамик нагружается сверх своих механических возможностей на очень низких частотах (например, электронная музыка с большим количеством баса или органная музыка), также разрушение может быть вызвано перегрузкой («клипированием») усилителя мощности.



Примечание.

При определении **мощностных параметров** головки следует учитывать, что в нашей стране в разное время они выражались по-разному — до 1985 года по ГОСТ 9010, позднее по ОСТ 4.383.001, требования которого ближе к международным нормам.

Импеданс (номинальное сопротивление) — как правило, динамические головки имеют импеданс 2 Ом, 4 Ом, 8 Ом, 16 Ом.

Частотная характеристика — измеренная либо заявленная выходная характеристика на заданном диапазоне частот при входном сигнале постоянной амплитуды на всем заданном диапазоне. Как правило, указывается предел отклонений характеристики, например, « $\pm 3\text{dB}$ ».

Чувствительность — уровень звукового давления, производимый динамической головкой при подаче сигнала мощностью 1 Вт, измеренное на расстоянии 1 м от головки.

Максимальный уровень звукового давления — максимальное давление, которое может развить головка без своего повреждения либо без превышения заданного уровня искажений. Зависит во многом от чувствительности головки и ее мощности. Данный параметр приводится, как правило, как измеренный на произвольном (по усмотрению производителя) диапазоне частот и типе сигнала.

4.3.4. Параметры динамических громкоговорителей

Параметры отечественных динамических громкоговорителей представлены в табл. 4.5.

Параметры отечественных динамических громкоговорителей

Таблица 4.5

Наименование по ОСТ 4.383.001-85	Наименование по ГОСТ 9010-6773.78 и нестандартные	$R_{\text{ном}}$, Ом	$F_{\text{рез}}$, Гц	Диапазон частот, Гц и его условное обозначение	Чувствит., дБ	$P_{\text{ном}}$, Вт	$P_{\text{ном}}$, Вт	$P_{\text{ном}}$, Вт	$P_{\text{ном}}$, Вт	$P_{\text{ном}}$, Вт	$P_{\text{ном}}$, Вт	$P_{\text{ном}}$, Вт
1ГДВ-1	1ГД-56	8	3000	6300—16000	ВЧ	88	1	1	1	1,5	3	88
3ГДВ-1	2ГД-36	8	1600	3150—2000	ВЧ	90	2	2	3	3	6	94,8
4ГДВ-1	3ГД-47	8	3000	3000—18000	ВЧ	91	3	—	4	—	—	97
4ГДШ-1	4ГД-8Е	4	120	125—7100	ШП	93,5	4	—	4	—	—	99,5
4ГДШ-3	4ГД-53	8	125	100—12500	ШП	91	4	0,5	4	6	12	97
5ГДВ-1	3ГД-31	8	3000	3000—18000	ВЧ	90	3	3	5	8	15	97
5ГДШ-1	3ГД-38Е	4	80	80—12500	ШП	90	3	3	5	—	—	97
5ГДШ-2	3ГД-40	4	75	80—12500	ШП	90	3	3	5	8	15	97
5ГДШ-3	3ГД-42	4	100	100—12500	ШП	92,5	3	3	5	8	15	99,5
5ГДШ-4	3ГД-45	4	80	80—16000	ШП	90	3	2,25	5	6	20	97
6ГДВ-1	3ГД-2	16/25	4500	5000—18000	ВЧ	90/92,5	3	6	6	6	6	97,8/ 100,3
6ГДВ-2	4ГД-56	8	1600	3150—2000	ВЧ	90	4	4	6	6	12	97,8
6ГДВ-4	6ГД-13	8	3000	3000—25000	ВЧ	93,5	6	1,25	6	6	6	101,3
6ГДВ-6	10ГД-35	16/25	3000	5000—25000	ВЧ	91	10	2	6	8	10	98,8
6ГДВ-7	нет наим.	16	—	5000—25000	ВЧ	92	—	2,5	6	6	20	99,8
6ГДВ-9	нет наим.	16	—	5000—25000	ВЧ	91	—	2	6	10	20	98,8
6ГДШ-1	3ГД-32	4	75	80—12500	ШП	92	3	0,8	6	6	6	99,8
8ГДШ-1	4ГД-35	4	65	63—12000	ШП	92	4	0,8	8	8	15	101
8ГДШ-2	6ГД-17	4/8	100	100—12500	ШП	91	6	0,9	8	20	35	100
10ГДВ-2	10ГД-35Б	16	2800	5000—25000	ВЧ	92	10	5	10	10	20	102
10ГДН-1	6ГД-6	4	80	63—5000	НЧ	84	6	4	10	12	25	94
10ГДШ-1	10ГД-36К	4	40	63—2000	ШП	90	10	1,6	10	15	20	100

Таблица 4.5 (продолжение)

Наименование по ОСТ4.383.001-85	Наименование по ГОСТ 9010-67/73.78 и нестандартные	R _{ном} , Ом	F _{рез} , Гц	Диапазон частот, Гц и его условное обозначение	Чувствит., дБ	P _{ном} , Вт	P _{ном, гарм.} , Вт	P _{макс, шум.} , Вт	P _{макс, вост.} , Вт	P _{макс, крат.} , Вт	P _{звук} при P=P _ш , дБ	
10ГДШ-2	10ГД-36Е	4	40	63—2000	ШП	87,5	10	2	10	10	15	97,5
20ГДН-1	10ГД-30	8	32	63—5000	НЧ	87,5/86,0	10	3	20	20	20	99,0/ 100,5
20ГДС-1	нет наим.	4/8	110	200—5000	СЧ	89	—	10	20	25	30	102
20ГДС-3	15ГД-11А	8	100	200—5000	СЧ	88,5—92,0	15	15	20	20	30	101,5— 105,0
20ГДС-4	15ГД-11	8	120	200—5000	СЧ	89	15	15	20	20	40	102
25ГДВ-1	нет наим.	4/8	2000	2500—3000	ВЧ	88	—	—	25	—	—	102
25ГДН-1	10ГД-34	4	80	63—5000	НЧ	84	10	8	25	27	30	98
25ГДН-3	15ГД-14	4/8	55	50—5000	НЧ	85	15	15	25	30	70	99
25ГДН-4	15ГД-17	4	40	40—5000	НЧ	86	15	15	25	30	70	100
30ГДС-1	нет наим.	8	250	500—6300	СЧ	92	—	2,5	30	50	100	106,8
30ГДС-3	нет наим.	4/8	110	200—5000	СЧ	89	—	1,25	30	35	40	103,8
35ГДН-1	25ГД-26	4/8	30	40—5000	НЧ	84	25	25	35	50	125	99,4
50ГДН-1	нет наим.	4	30	31,5—2000	НЧ	87	—	8	50	50	100	104
75ГДН-1	30ГД-2	4/8	25	31,5—1000	НЧ	86	30	10	75	78	80	104,7
75ГДН-3	нет наим.	4/8	25	31,5—2000	НЧ	89	—	10	75	75	100	107,7
75ГДН-5	нет наим.	4	25	31,5—1000	НЧ	85	—	4	75	200	300	103,7
100ГДН-3	нет наим.	8	25	31,5—1000	НЧ	91	—	—	100	150	300	111
нет наим.	1ГД-3	12,5	4500	5000—18000	ВЧ	93,5	1	—	2*	—	—	96,5
нет наим.	3ГД-1	8	120	200—5000	СЧ	93,5	3	—	4*	—	—	99,5
нет наим.	4А-28	15	70	70—14000	ШП	93,5	6	—	12*	—	—	104,2
нет наим.	4А-32	15	40	40—14000	ШП	96	12	—	25*	—	—	110
нет наим.	4ГД-28	4,5	60	60—12000	ШП	90	4	—	5*	—	—	97
нет наим.	4ГД-34	8	60	60—12000	ШП	90	4	—	5*	—	—	97
нет наим.	4ГД-36	4	60	63—12000	ШП	90	4	—	5*	—	—	97
нет наим.	4ГД-4	8	55	60—12000	ШП	93	4	—	5*	—	—	100
нет наим.	4ГД-5	8	55	60—5000	НЧ	93,5	4	—	6*	—	—	101
нет наим.	4ГД-6	8	160	200—5000	СЧ	90	4	—	5*	—	—	97
нет наим.	4ГД-7	4,5	60	60—12000	ШП	92	4	—	5*	—	—	99
нет наим.	4ГД-8А	4	120	125—7100	ШП	90	4	—	4	—	—	96
нет наим.	5ГД-1РРЗ	4	65	80—1000	ШП	96	5	—	6*	—	—	103,8
нет наим.	5ГД-3РРЗ	10	30	40—5000	НЧ	93,5	5	—	12*	—	—	104
нет наим.	6ГД-1	1,2	65	60—16000	ШП	95	6	—	6	—	—	102,8
нет наим.	6ГД-11	8	2000	3,0—20,0	ВЧ	90	6	—	6	—	—	97,8
нет наим.	6ГД-1РРЗ	8	48	60—6500	НЧ	96	6	—	10*	—	—	106
нет наим.	6ГД-2	8	30	40—5000	НЧ	93,5	6	—	16*	—	—	105,5
нет наим.	6ГД-3	4	85	100—1000	ШП	96	6	—	6	—	—	103,8
нет наим.	8ГД-1	8	25	40—1000	НЧ	90	8	—	20*	—	—	103
нет наим.	8ГД-1РРЗ	12	45	50—7000	НЧ	97	8	—	12*	—	—	108
нет наим.	10ГИ-1	4/8	2000	2,5—25,0	ВЧ	87	10	10	15	15	25	98,8
нет наим.	30ГД-1	4	25	31,5—1000	НЧ	87,5	30	—	70	—	—	105,8

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

5.1. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО



Определение.

Пьезоэлектрические приборы — устройства (преобразователи, микрофоны, стабилизаторы частоты, адаптеры, громкоговорители, вибromетры), в которых преобразование механической энергии в электрическую, или наоборот, осуществляется на основе пьезоэффекта.

Пьезоэффект различают **прямой** (возникновение электрических зарядов на поверхности тела, подвергнутого механической деформации) и **обратный** (деформация тела под действием электрического поля). Оба эффекта всегда сопутствуют друг другу.

Простейший пьезоэлемент представляет собой пластинку из пьезоматериала с двумя обкладками. Если к обкладкам пьезоэлемента подвести переменное напряжение, то вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта его пластинка начнет колебаться с частотой напряжения. При равенстве частот этого напряжения и собственных механических колебаний наступает резонанс, и амплитуда колебаний резко возрастает. Это, в свою очередь, ведет к увеличению амплитуды напряжения на обкладках (прямой пьезоэлектрический эффект). Пьезоэлемент (резонатор) ведет себя, как настроенный на определенную частоту колебательный контур, причем контур с достаточно высокой добротностью.

Это свойство и обуславливает применение пьезоэлектрических резонаторов в тех случаях, когда необходима **высокая стабильность частоты**.

В качестве резонаторов используют пластины (стержни, кольца), вырезанные определенным образом из кристаллов кварца, турмалина, сегнетовой соли, титаната бария, цинковой обманки.

На основе пьезоэлектрических резонаторов изготавливают всевозможные **полосовые фильтры**. В простейшем случае — это пластинка в виде диска из пьезокерамики, на одну из сторон которой нанесены не одна, а

две обкладки. Такой пьезоэлемент ведет себя как система из двух резонаторов с сильной механической связью и ярко выраженными селективными свойствами. Полосовой фильтр можно получить, соединив определенным образом несколько отдельных резонаторов.

Пьезоэлектрические преобразователи используют также в **ультразвуковых линиях задержки** — устройствах, задерживающих проходящий через них электрический сигнал на определенное время. Они содержат два преобразователя, разделенных твердой или жидкой средой, в которой ультразвуковые колебания распространяются с относительно небольшой и стабильной скоростью. Один из преобразователей служит для возбуждения в среде продольных механических колебаний, другой — для преобразования дошедших до него колебаний снова в электрический сигнал.

5.2. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ

Основой пьезоэлектрического резонатора является пьезоэлемент. Пьезоэлемент представляет собой механическую колебательную систему с распределенными параметрами. При совпадении частоты внешнего электрического напряжения с частотой механических собственных колебаний пьезоэлемента возникает **резонанс на частоте собственных колебаний**, который слабо зависит от внешних условий.

Условное обозначение **кварцевого резонатора** включает в себя следующие элементы:

- ♦ **ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ** — буквы «РК» (резонатор кварцевый);
- ♦ **ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ** — двух(трех)значное число, обозначающее регистрационный номер типа резонатора;
- ♦ **ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ** — число, обозначающее класс точности настройки (1-й класс соответствует $\pm 0,5 \times 10^{-6}$, 22-й класс соответствует $\pm 5000 \times 10^{-6}$);
- ♦ **ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ** — буква, обозначающая интервал рабочих температур (Л — от 0 до $+45^{\circ}\text{C}$, Е — от -60 до $+100^{\circ}\text{C}$);
- ♦ **ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ** — буква, обозначающая класс максимального относительного изменения рабочей частоты в интервале рабочих температур ($A = \pm 0,1 \times 10^{-6}$, $E = \pm 1000 \times 10^{-6}$);
- ♦ **ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ** — число, обозначающее частоту, и буква, обозначающая единицу измерения частоты («К» — кГц, «М» — МГц);
- ♦ **СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ** — буква «В», обозначающая всеклиматическое исполнение резонатора.

5.3. ЗАРУБЕЖНЫЕ КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ

В обозначении кварцевых резонаторов зарубежными фирмами единства нет, однако прослеживается сходная классификация.

Например, обозначения кварцевых резонаторов фирмы NARVA следующие.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква обозначающая тип прибора:

Q — кварц;

C — керамический фильтр.

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, обозначающая вид колебаний прибора:

B — изгибные колебания;

F — плоские колебания;

L — продольные колебания;

D — поперечные колебания.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, обозначающая тип подключения:

S — штыревое (штекерное) подключение;

L — подключение пайкой;

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, обозначающая диапазон рабочих температур:

1 — $-55...+90^{\circ}\text{C}$;

5 — $+70\pm 3^{\circ}\text{C}$;

2 — $-20...+70^{\circ}\text{C}$;

6 — $+60\pm 3^{\circ}\text{C}$;

3 — $0...+60^{\circ}\text{C}$;

7 — $+50\pm 3^{\circ}\text{C}$;

4 — $+75\pm 3^{\circ}\text{C}$;

8 — $+2...+25^{\circ}\text{C}$.

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, обозначающая допуск на отклонение частоты:

A — $\pm 200\times 10^6$;

E — $\pm 30\times 10^6$;

B — $\pm 100\times 10^6$;

F — $\pm 20\times 10^6$;

C — $\pm 75\times 10^6$;

G — $\pm 10\times 10^6$.

D — $\pm 50\times 10^6$;

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (начало) — цифра для обозначения емкости нагрузки при настройке на параллельный резонанс:

3 — 30 пФ;

20 — 200 пФ;

5 — 50 пФ;

25 — 250 пФ;

10 — 100 пФ;

30 — 300 пФ.

15 — 150 пФ;

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ (конец) — буквы для обозначения кварцев, предназначенных для настройки на последовательный резонанс:

- F** — кварц, предназначенный для установки в качестве фильтра;
- S** — стабилизирующий кварц.

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ — номер стандарта:

- TGL 11767** — кварц, совершающий плоские колебания, 200—400 кГц, в металлическом корпусе;
- TGL 11769** — кварц, совершающий поперечные колебания, 1000—3000 кГц, в металлическом корпусе;
- TGL 11770** — кварц, совершающий поперечные колебания, 8—20 МГц, в металлическом корпусе;
- TGL 11771** — кварц, совершающий поперечные колебания, 20—100 МГц, в металлическом корпусе.

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ — численное значение частоты резонанса.

5.4. ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Пьезоэлектрические фильтры (ПЭФ) относятся к приборам селекции и служат для выделения (подавления) определенного спектра колебаний. В основу отечественной классификации положено **девять элементов**. Между элементами 4—8 ставятся дефисы.

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буквы «ФП» (обозначающие — **фильтр пьезоэлектрический**).

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, обозначающая материал пьезоэлемента:

- 1** — керамика;
- 2** — кварц;
- 3** — пьезокристаллы, отличные от кварца и керамики.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, обозначающая функцию фильтра:

- П** — полосовой;
- Р** — режекторный;
- Д** — дискриминаторный;
- Г** — гребенчатый;
- О** — одной боковой полосы.

ЧЕТВЕРТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — цифра, обозначающая конструктивно-технологическое исполнение фильтра:

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1 — дискретные; | 7 — интегральные |
| 2 — гибридные однослойные; | пьезомеханические; |
| 3 — гибридные | 8 — интегральные |
| пьезомеханические; | монолитные; |
| 4 — гибридные монолитные; | 9 — интегральные на ПАВ; |
| 5 — гибридные прочие; | 10 — интегральные прочие. |
| 6 — интегральные | |
| однослойные; | |

ПЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — двух(трех)значное число, обозначающее регистрационный номер разработки;

ШЕСТОЙ ЭЛЕМЕНТ — число, обозначающее номинальную частоту и буква, обозначающая единицу измерения частоты или шифр:

- 1 — низкочастотные (до 60 кГц);
- 2 — среднечастотные (60—400 кГц);
- 3 — среднечастотные (400—1200 кГц);
- 4 — высокочастотные (1,2—3 МГц);
- 5 — высокочастотные (3—5 МГц);
- 6 — высокочастотные (5—25 МГц);
- 7 — высокочастотные (25—35 МГц);
- 8 — высокочастотные (35—90 МГц);
- 9 — высокочастотные (свыше 90 МГц).

СЕДЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ — число, соответствующее ширине полосы пропускания (задерживания) в герцах (килогерцах) или код (f/f):

- 1 — узкополосные (до 0,05%);
- 2 — узкополосные (0,05—0,2%);
- 3 — широкополосные (0,2—0,4%);
- 4 — широкополосные (0,4—0,8%);
- 5 — широкополосные (свыше 0,8%).

ВОСЬМОЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, характеризующая условия эксплуатации:

- В — все-климатические;
Т — тропические;
М — морские.

ДЕВЯТЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, указывающая на интервал рабочих температур:

А — от +1 до +55°C;

Д — от -40 до +85°C;

Б — от -10 до +60°C;

Е — от -60 до +85°C;

В — от -40 до +70°C;

Ж — от -80 до +100°C.

Если места для нанесения полной классификации недостаточно — применяют **СОКРАЩЕННУЮ МАРКИРОВКУ** на приборах, состоящую из первых пяти букв:

ФП — фильтр пьезоэлектрический;

З — на основе пьезокристалла;

П — полосовой;

9 — интегральный на ПАВ;

4 — класс точности.

5.5. ЗАРУБЕЖНЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

Импортные пьезоэлектрические керамические фильтры маркируются **ТРЕМЯ ЭЛЕМЕНТАМИ**:

ПЕРВЫЙ ЭЛЕМЕНТ — буквы, определяющие функциональное обозначение:

- ♦ CFW, SFE, E (трехвыводные) — полосовые фильтры;
- ♦ Т (четыреыводные) — полосовые (пропускные) фильтры;
- ♦ L, T, W, S (трехвыводные) — режекторные фильтры;
- ♦ J, D (двухвыводные) — опорные (дискриминаторные) фильтры;

ВТОРОЙ ЭЛЕМЕНТ — цифры, обозначающие среднюю несущую частоту.

ТРЕТИЙ ЭЛЕМЕНТ — буква, которая может означать конструктивное исполнение, полосу пропускания, условия эксплуатации и т. д.

В некоторых случаях функциональное обозначение для полосовых фильтров опускают, указывая только резонансную частоту и полосу пропускания.

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ: СТРУКТУРА И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

6.1. ТИПОВАЯ СХЕМА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ

6.1.1. Структурная схема

Основным действующим элементом современной микропроцессорной системы является **микропроцессор**. Микропроцессор не работает сам по себе. Это всего лишь часть той или иной микропроцессорной системы.

На **рис. 6.1** приведена обобщенная структурная схема типичной микропроцессорной системы.

Ниже приведена их расшифровка.

- ♦ CPU (Central Processing Unit) — центральное процессорное устройство (ЦПУ).
- ♦ RAM (Random Access Memory) — устройство с произвольным доступом, или оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).
- ♦ ROM (Read Only Memory) — память только для чтения, или постоянное запоминающее устройство (ПЗУ).
- ♦ Port I/O (Port Input/Output) — порт ввода-вывода.

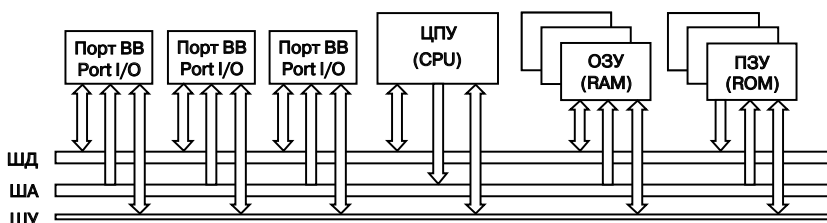


Рис. 6.1. Структурная схема типовой микропроцессорной системы

6.1.2. Виды памяти

Два вида памяти (ОЗУ и ПЗУ) предназначены для хранения информации (данных и программ). Оба вида памяти представляют собой **набор ячеек**, в каждой из которых может храниться одно двоичное число. Деление на постоянную и оперативную память достаточно условно. С точки зрения процессора, оба эти вида памяти практически идентичны. Однако все же между ними есть одно довольно существенное различие.

После того, как информация записана в ОЗУ, она хранится там лишь до тех пор, пока подано напряжение питания. Как только питание будет отключено, информация, записанная в ОЗУ, тут же теряется. Об этом мы уже говорили выше. Классический пример ячейки ОЗУ — это простейший регистр, построенный на D-триггерах.

В такой регистр можно записывать информацию и читать ее оттуда. Однако если отключить, а затем включить питание, то все триггеры, из которых состоят регистры ОЗУ, установятся в случайное состояние. Информация будет утеряна. Современные микросхемы памяти строятся на основе совсем других технологий. Но и по сей день не придумано достаточно быстродействующее устройство памяти, не теряющее информации при выключении питания.

Самая распространенная на сегодняшний день технология построения ОЗУ — это так называемая **динамическая память**. Хранение информации в микросхемах динамической памяти осуществляется при помощи динамически подзаряжаемых миниатюрных емкостей (конденсаторов), выполненных интегральным способом на кристалле кремния.

Каждый конденсатор хранит один бит информации. Если значение бита должно быть равно единице, то схема управления заряжает конденсатор. Если в ячейке должен быть логический ноль, то конденсатор разряжается. Заряженный конденсатор может хранить свой заряд, а, значит, и записанную в него информацию в течение всего нескольких миллисекунд. Для того, чтобы информация не потерялась, используют регенерацию памяти.

Специальная схема периодически считывает содержимое каждой ячейки памяти и подзаряжает конденсаторы для тех битов, где записана единица. Для ускорения процесса регенерации все ячейки памяти каждой микросхемы разбиваются на строки. Считывание и обновление производится сразу для целой строки. Для нормальной работы динамического ОЗУ регенерации должна непрерывно работать в течение всего времени, пока включено питание. В современных ОЗУ схема регенерации встраивается внутрь самих микросхем.

Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) предназначено для долговременного хранения информации и не теряет записанную информацию даже после выключения питания. При изготовлении микросхем ПЗУ применяются совершенно другие технологии. На заре микропроцессорной техники микросхемы ПЗУ осуществляли хранение информации благодаря прожиганию внутренних **микروперемычек** на кристалле. Занесенная таким образом информация не могла быть изменена. Если информация устаревала, микросхему просто выбрасывали и заменяли на другую.

На смену однократно программируемым ПЗУ пришли ПЗУ с **ультрафиолетовым стиранием**. Такие микросхемы ПЗУ допускали многократное использование. Пережигаемые перемычки получили возможность восстанавливаться. Перед повторным использованием микросхему нужно было «стереть». То есть восстановить перемычки. Для этого кристалл микросхем подвергался облучению световым потоком ультрафиолетового диапазона, для чего микросхемы снабжались специальным окошечком в верхней части корпуса.

Количество циклов записи-стирания для таких микросхем было ограничено. Микросхемы с ультрафиолетовым стиранием просуществовали достаточно долго. Они и сейчас работают во множестве микропроцессорных устройств, изготовленных на рубеже прошлого и нынешнего веков.

Современные же микросхемы ПЗУ строятся по так называемой **флэш-технологии (Flash)**. Такие микросхемы также основаны на применении специальных пережигаемых перемычек с возможностью восстановления. Но стирание информации в данном случае происходит электрическим путем. Поэтому такие микросхемы еще называют **ЭСПЗУ (электрически стираемые ПЗУ)**. Весь процесс стирания осуществляется внутри микросхемы. Для запуска процесса стирания достаточно подать определенную комбинацию сигналов на ее входы.

Будучи включенными в состав микропроцессорной системы, микросхемы ОЗУ и микросхемы ПЗУ работают как единая память программ и данных. Хотя процессор и работает с обоими видами памяти одинаково, но из ПЗУ он может только читать информацию. Запись информации в ПЗУ невозможна. Если микропроцессор все же попытается произвести запись, то ничего страшного не произойдет. Просто в ячейке останется то, что там было до попытки записи.

6.1.3. Порты ввода-вывода

**Определение.**

Порты ввода-вывода — это специальные устройства, при помощи которых микропроцессорная система может общаться с внешним миром.

Без портов теряется весь смысл микропроцессорной системы. Она не может работать сама по себе. Микропроцессор должен чем-то управлять, а иначе зачем он? Через порты ввода процессор получает внешние воздействия (управляющие сигналы). Например, сигналы от кнопок, датчиков. При помощи портов вывода процессор управляет внешними устройствами (реле, моторами, световыми индикаторами, дисплеями).

Процессор работает с портами ввода-вывода практически так же, как и с ячейками памяти. Работа с портами сводится к тому, что процессор просто читает число из порта ввода или записывает число в порт вывода. В качестве порта вывода чаще всего выступает обыкновенный параллельный регистр. Порт ввода еще проще. Это простая ключевая схема, которая по команде с центрального процессора подает внешние данные на его входы.

6.1.4. Процессор и цифровые шины

Главным управляющим элементом всей микропроцессорной системы является **процессор**. Именно он, за исключением нескольких особых случаев, управляет и памятью, и портами ввода-вывода. Память и порты ввода-вывода являются пассивными устройствами и могут только отвечать на управляющие воздействия.

Для того, чтобы процессор мог управлять микропроцессорной системой, он соединен со всеми ее элементами при помощи цифровых шин. Как мы уже говорили,

**Определение.**

Шина — это набор параллельных проводников, по которым передается цифровой сигнал. Эти проводники называются **линиями шины**.

В каждый момент времени по шине передается одно двоичное число. По каждой линии передается один разряд этого числа. В любой микропроцессорной системе имеется, по крайней мере, три основных шины. Все они изображены на **рис. 6.1**, но даны только русскоязычные названия шин.

Ниже приведена расшифровка этих названий и их англоязычный эквивалент: **ШД** — шина данных (DATA bus); **ША** — шина адреса (ADDR bus); **ШУ** — шина управления (CONTROL bus).

Все вместе эти три шины образуют системную шину. Рассмотрим подробнее назначение каждой шины.

6.1.5. Шина данных

Шина данных предназначена для передачи данных от микропроцессора к периферийным устройствам, а также в обратном направлении. Разрядность **шины данных** определяется типом применяемого процессора. В простых микропроцессорах шина данных обычно имеет 8 разрядов. Современные процессоры могут иметь шину данных в 16, 32, 64 разрядов. Количество разрядов всегда кратно восьми.



Определение.

*Двоичное число, имеющее восемь разрядов, называется **байтом**.*

В вычислительной технике байт, по сути, стал минимальной (после бита) единицей информации. Шестнадцатиразрядная шина данных может за раз передавать до двух байтов. 32-разрядная шина передает до четырех байт. 64-разрядная — до восьми. Какой бы ни была разрядность шины, она всегда имеет возможность при необходимости передать всего один байт. И это не случайно. Любой процессор должен иметь возможность записать информацию в одну отдельную ячейку памяти или в один отдельный порт ввода-вывода. А также прочитать информацию из одной ячейки или одного порта.

6.1.6. Шина адреса

Как и шина данных, **шина адреса** представляет собой набор проводников, по которым происходит передача двоичных чисел в электронной форме. Однако, в отличие от шины данных, двоичные числа, передаваемые по шине адреса, имеют другой смысл и назначение. Они представляют собой адрес ячейки памяти или номер порта ввода/вывода, к которому в данный момент обращается процессор. Количество разрядов адресной шины отличается большим разнообразием.



Пример.

Микропроцессор серии K580ИК80 имеет 16 разрядов адреса. Это можно считать минимальным количеством для микропроцессора. Процессор Intel 8086, на котором собран компьютер IBM PC-XT, родоначальник всех PC-совместимых персональных компьютеров, имеет

20 разрядов шины адреса. Современные процессоры имеют до 32 разрядов и больше.

От количества разрядов шины адреса зависит то, какое количество ячеек памяти может адресовать процессор. Процессор, имеющий шестнадцатиразрядную шину данных, может обращаться к 2^{16} (то есть к 65536) ячейкам памяти. Это число называется **объемом адресуемой памяти**.

Реальный объем подключенной памяти может быть меньше, но никак не больше этой величины. Если все же есть необходимость в подключении большего объема памяти, применяют специальные схемные ухищрения (переключаемые банки памяти). В каждый момент времени к микропроцессору подключается свой банк памяти. Переключением банков управляет сам микропроцессор.

Объем памяти определяется в байтах. Сколько ячеек памяти, столько и байт. Существует понятие килобайт, мегабайт, гигабайт, терабайт и т. д. Однако в вычислительной технике используется необычный способ подсчета количества байт в килобайте.



Внимание.

Один килобайт в вычислительной технике не равен 1000 байтов, как этого можно было бы ожидать. Число 1000 не является круглым числом в двоичной системе. В двоичной системе круглыми числами удобнее считать степени числа 2. Например, 4, 8, 16, 32, 64 и т. д. Ближайшей степенью двойки для числа 1000 будет 2^{10} , то есть число 1024. Поэтому 1 килобайт равен 1024 байтам. Точно так же 1 мегабайт равен 1024 килобайтам. А один гигабайт равен 1024 мегабайтам.

Для адресации портов ввода-вывода используется та же самая шина адреса. Но микропроцессору обычно не требуется так много портов, как ячеек памяти. Поэтому чаще всего для адресации портов используется не вся шина данных, а только несколько его младших разрядов. **Например**, в микропроцессоре K580ИК80 для адресации портов используется только 8 младших разрядов шины адреса.

6.1.7. Шина управления

Шина управления в строгом понимании не является цельной цифровой шиной. Просто для управления процессами обмена информации микропроцессорная система должна иметь некий **набор линий**, передающих специальные управляющие сигналы. Эти линии и принято объ-

единять в так называемую шину управления. Что же это за линии и что за сигналы? Ниже приведен примерный набор линий шины управления.

- ♦ RD (Read) — сигнал чтения.
- ♦ WR (Write) — сигнал записи.
- ♦ MREQ — сигнал инициализации устройств памяти (ОЗУ или ПЗУ).
- ♦ IORQ — сигнал инициализации портов ввода-вывода.

Кроме того, к сигналам шины управления относятся:

- ♦ READY — сигнал готовности;
- ♦ RESET — сигнал сброса.

6.1.8. Принцип действия микропроцессорной системы

Основным элементом системы (рис. 6.1, стр. 230) является **центральный процессор (CPU)**.

По отношению к любым периферийным устройствам процессор может выполнять в каждый момент времени одну из **четырёх основных операций**: чтение из ячейки памяти; запись в ячейку памяти; чтение из порта; запись в порт. При работе с памятью процессор активизирует сигнал на выходе MREQ. Сигнал на выходе IORQ остаётся неактивным. При работе с портами ввода-вывода наоборот: сигнал IORQ активный, а сигнал MREQ — неактивный. Активным уровнем обычно является логический ноль.

Теперь рассмотрим подробнее, как происходят процессы записи и чтения памяти. Для того, чтобы прочитать байт из ячейки памяти, процессор сначала выставляет на шине адреса адрес нужной ячейки. Затем процессор переводит в активное состояние (логический ноль) сигнал RD. Этот сигнал поступает как на устройства памяти, так и на порты ввода-вывода.

Однако порты не реагируют на него, так как они отключены высоким уровнем сигнала IORQ. Устройство памяти, напротив, получив сигналы RD и MREQ, выдает на шину данных байт информации из ячейки памяти, адрес которой присутствует на шине адреса.

Процесс записи данных в память происходит в следующей последовательности. Сначала, как и при чтении, центральный процессор выставляет на адресную шину адрес нужной ячейки памяти. Затем на шину данных он выставляет байт, предназначенный для записи в эту ячейку. После этого процессор переводит в ноль сигнал WR. Получив все эти сигналы, ОЗУ производит запись байта в выбранную ячейку.

При работе с системами памяти часто используется ещё один сигнал. Это сигнал готовности. Он необходим в том случае, если модули памяти имеют низкое быстродействие. Такая память может не успеть выдать

информацию или произвести ее запись так же быстро, как это способен сделать центральный процессор.

Для согласования работы медленных устройств памяти с быстрыми процессорами существует сигнал READY (готовность). Сразу после того, как процессор установит сигнал чтения или записи в активное состояние, устройство памяти выдает сигнал «не готов». То есть переводит линию READY в пассивное нулевое состояние.

Сигнал READY поступает на процессор. Процессор приостанавливает свою работу и переходит в режим ожидания. Когда устройство памяти закончит выполнение процесса чтения (записи), оно устанавливает сигнал READY в единицу (состояние «Готов»). Получив этот сигнал, процессор возобновляет свою работу.

Операции чтения из порта и **записи** в порт происходят аналогично операциям чтения/записи ОЗУ. Различие лишь в том, что вместо сигнала MREQ в активное состояние переходит сигнал IORQ, разрешающий работу портов. Для работы с медленными внешними устройствами также используется сигнал READY.

6.2. АЛГОРИТМ РАБОТЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ

6.2.1. Возможности процессора

С электронными числами процессор способен производить любые виды преобразований, которые вообще возможны с числами. Может складывать числа, вычитать, сравнивать между собой. Кроме того, он способен производить сдвиг разрядов двоичного числа вправо или влево, поразрядные логические операции. К логическим операциям относятся:

- ♦ логическое умножение (операция «И»);
- ♦ логическое сложение (операция «ИЛИ»);
- ♦ инверсия (операция «НЕ»).

Некоторые процессоры умеют производить также умножение и деление. Однако нужно понимать, что все эти операции микропроцессор выполняет с простыми восьмиразрядными (иногда с шестнадцатиразрядными) двоичными числами. Все перечисленные выше операции производятся **аппаратным образом**.

Для этого микропроцессор содержит ряд логических модулей. Все они состоят из набора логических элементов, регистров и т. п. **Примером** может служить **сумматор**. Главная же **особенность** микропроцессора в

том, что все эти операции выполняются между простыми двоичными числами размером в один (иногда два) байта. Но этого вполне достаточно.

Любую более сложную задачу всегда можно разложить на более простые составляющие и свести к операциям с байтами. Например, для того, чтобы перемножить два многоразрядных десятичных числа, их можно сначала перевести в двоичный вид и записать каждое такое число в несколько ячеек памяти. Затем составить небольшую программку, которая будет перемножать эти числа байт за байтом, а результаты складывать с учетом разрядности. Главное — составить правильный алгоритм.

6.2.2. Программа

Как же заставить процессор выполнять все эти операции в нужной нам последовательности? Для этого нужно создать **программу**. Каждая операция, которую способен выполнять конкретный микропроцессор, кодируется некоторым числом. Это число называется **кодом операции**. Коды операций записываются последовательно, один за другим в память микропроцессорной системы (в ОЗУ либо в ПЗУ).

Процессор последовательно, байт за байтом, читает коды операций и выполняет их по мере поступления.



Определение.

Программа — это последовательность операций, которую должен выполнять процессор. Она записывается в память в виде последовательности кодов.

В простых процессорах для кодирования всех команд достаточно одного байта. Одна команда — один байт. В более сложных процессорах число команд возрастает настолько, что одного байта для их кодирования не хватает. В этом случае для кодирования команд используют два, а иногда и более байтов. Причем чаще всего применяют гибкую систему кодирования. В такой системе одни команды кодируются одним байтом, другие двумя и так далее. Причем кодировка учитывает частоту применения той или иной команды. Чем чаще команда встречается в программах, тем короче ее код.

Для кодирования команд недостаточно указать код, определяющий вид операции. Например, для команды сложения двух чисел процессору нужно указать:

- ♦ адрес ячейки, где хранится первое число;
- ♦ адрес второго числа;

- ♦ адрес, куда нужно поместить результат.

Поэтому каждая команда, кроме кода операции, может содержать еще один или несколько параметров. Это не обязательно адреса операндов (как в приведенном примере). Параметрами могут служить константы, номера вспомогательных регистров и другие специальные коды.

Существуют самые разные **способы кодировки команд**. Иногда команда состоит из двух байт. Первый байт — это код операции, а второй — параметр. Бывает так, что вся команда вместе с параметрами укладывается в один байт. При этом часть битов этого байта — код операции, а другая часть — параметр.

6.2.3. Процесс выполнения команды

Теперь рассмотрим сам **процесс выполнения программы**. Для того, чтобы микропроцессор мог последовательно читать команды из памяти, внутри него имеется специальный регистр, называемый **регистром адреса** или **счетчиком команд**. В этом регистре хранится адрес текущей выполняемой команды.

Работа микропроцессора всегда начинается с **процедуры начального сброса**. Сброс микропроцессора сводится к установке всех его регистров в исходное состояние. В регистр адреса после сброса записывается адрес начала программы. Адрес начала программы зависит от модели микропроцессора и определяется его разработчиком. Чаще всего этот адрес равен нулю.

Сразу по окончании процесса начального сброса начинается выполнение программы. Для начала процессор читает число из программной памяти, т. е. из ячейки, адрес которой записан в регистр адреса. В нашем случае — из ячейки с нулевым адресом. Прочитанное число он воспринимает как **код первой команды**.

Процессор анализирует код и выполняет соответствующую команду. Если команда предполагает наличие еще одного или нескольких байтов с параметрами, то перед тем, как выполнять команду, процессор читает нужное количество байт из последующих ячеек памяти. При этом он каждый раз увеличивает содержимое регистра адреса.

После выполнения первой команды процессор снова увеличивает значение счетчика команд на единицу и приступает к чтению и выполнению следующей команды. Этот процесс повторяется бесконечно, пока на процессор подано напряжение питания. Таким образом, нормально работающий процессор всегда находится в процессе выполнения программы.

Правда, существуют **несколько исключений**. В частности, в системе команд микропроцессора обычно имеется специальная **команда останова**. Если в процессе выполнения программы встретится такая команда, процессор останавливается. То есть прекращает выполнение программы. Запуск процессора в этом случае возможен лишь после системного сброса либо в результате внешнего прерывания. О том, что такое прерывание, мы еще поговорим.

Второе исключение — **режим сна**. Некоторые модели микроконтроллеров способны переходить в специальный режим низкого потребления энергии, который называется режимом сна или спящим режимом. В спящем режиме выполнение программы также приостанавливается. Режим сна удобен в том случае, когда микропроцессорная система вынуждена долгое время находиться в состоянии ожидания. Например, ожидание нажатия кнопки «Пуск». Такой процессор способен в нужный момент пробудиться из режима сна и продолжить работу.

6.2.4. Рабочие регистры

Кроме регистра адреса, любой микропроцессор обязательно имеет несколько рабочих регистров (так называемых **регистров общего назначения**). Эти регистры наряду с ячейками памяти предназначены для хранения промежуточных результатов вычислений. Преимущество внутренних регистров для хранения данных перед памятью данных — в скорости доступа. При доступе к этим регистрам не нужно указывать адрес, как в случае с доступом к ячейке памяти. Так, команда записи в память состоит минимум из двух байт: кода операции и адреса ячейки памяти.

Иногда для записи адреса одной ячейки не хватает. Если шина адреса процессора имеет 16 разрядов, то для адресации ячейки памяти требуется два байта. Поэтому такая команда будет содержать не менее трех байт. Команды, работающие с внутренними регистрами микропроцессора, обычно состоят из одного байта.

Сам **код операции** содержит информацию о номере используемого регистра. Чтение и выполнение таких команд происходит гораздо быстрее. Кроме того, внешняя память часто сама имеет меньшее быстродействие, чем процессор. Наличие нескольких внутренних регистров с быстрым доступом позволяет оптимально использовать память. Часто используемые данные стараются помещать в рабочие регистры.

Микроконтроллеры серии AVR для хранения программ используют отдельную память, каждая ячейка которой состоит из одного шестнадцат-

цатиразрядного слова. То есть каждая команда состоит минимум из двух байт. Эти два байта содержат и код операции, и параметры. Если двух байт не хватает, то добавляется еще два байта. То есть байты всегда читаются парами.

6.2.5. Команды микропроцессора

Весь набор команд любого микропроцессора можно разделить на несколько групп.

Первая группа — это **команды перемещения данных**. Повинуясь этим командам, процессор копирует содержимое одной ячейки памяти в другую, копирует информацию из ячейки памяти в один из внутренних регистров либо, наоборот, копирует содержимое регистра в одну из ячеек памяти. Кроме того, данные могут копироваться из одного внутреннего регистра в другой.

Следует заметить, что так называемые **команды перемещения**, по сути, не перемещают данные из ячейки в ячейку, а копируют эти данные. Операция перемещения в цифровой технике бессмысленна. В общепринятом понимании переместить означает убрать из одного места и поместить в другое. Но убрать данные из ячейки памяти невозможно!

Любой бит любой ячейки памяти всегда равен либо нулю, либо единице. То есть всегда содержит какое-либо число. Поэтому команды перемещения считывают байт данных из ячейки-источника и записывают их в ячейку-приемник. При этом в ячейке-источнике данные не изменяются.

Ко **второй группе** относятся **команды преобразования данных**. Именно в эту группу входят команды сложения, вычитания, логических преобразований, сдвига разрядов и т. д.

К **третьей группе** относятся **команды передачи управления**. Вот об этом классе команд я хотел бы поговорить подробнее. Сложно представить себе программу, состоящую лишь из одной последовательной цепочки команд. Подавляющее число алгоритмов требуют разветвления программы. Это значит, что программа должна уметь выполнять разные последовательности действий в зависимости от некоторого условия.



Пример.

Допустим, что наше микропроцессорное устройство имеет кнопки управления. При нажатии каждой кнопки должно выполняться свое определенное действие. Например, при нажатии одной кнопки исполнительный механизм должен повернуться влево. При нажатии другой — повернуться вправо и т. п. Для того, чтобы это было

возможно, программа периодически считывает состояние кнопок. Затем программа должна оценить их состояние. Если нажата первая кнопка, выполняется некая последовательность команд, выдающая на соответствующий порт код, приводящий к включению двигателя в прямом направлении. Если нажата вторая кнопка, то выполняется другая последовательность команд, выдающая в тот же порт совсем другой код. Этот код должен вызвать включение двигателя в реверсном направлении.

Очевидно, что для реализации данного алгоритма придется прервать последовательное выполнение команд. Для того, чтобы программа имела возможность менять алгоритм своей работы в зависимости от какого-либо условия, в системе команд любого процессора обязательно имеются команды передачи управления. К командам передачи управления относятся следующие виды команд: команды условного перехода; команды безусловного перехода; команды перехода к подпрограмме; команды организации цикла. Рассмотрим все эти виды команд по порядку.

6.2.6. Команды условного и безусловного перехода

Оба этих вида команд предназначены для того, чтобы прерывать последовательное выполнение программы и вызывать так называемый **переход**. Причем условный переход происходит только при соблюдении какого-либо условия. Безусловный переход выполняется всегда, как только программа встретит соответствующую команду. В качестве условий перехода может выступать одно из следующих логических выражений:

- ♦ величина *A* равна величине *B*;
- ♦ величина *A* не равна величине *B*;
- ♦ величина *A* меньше величины *B*;
- ♦ величина *A* больше величины *B*;
- ♦ величина *A* меньше или равна величине *B*;
- ♦ величина *A* больше или равна величине *B*.

В качестве величин для сравнения может выступать содержимое любых внутренних регистров процессора, содержимое любых ячеек памяти или просто константы.



Пример.

*Рассмотрим пример применения условного и безусловного переходов. Для наглядности изобразим цепочку команд в программной памяти в виде последовательности графических элементов (см. **рис. 6.2**). Ход выполнения программы показан при помощи стрелок. Квадратиками обозначены обычные команды (команды перемещения и команды пре-*

образования данных). Кругочек с вопросом — это команда условного перехода. Скругленный элемент с восклицательным знаком — это безусловный переход. Такая программа имеет две ветви. В случае, если условие есть ложь, выполняется ветвь номер 1. В случае, если условие — истина, выполняется ветвь номер 2.

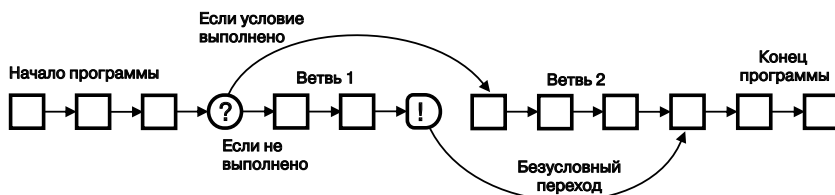


Рис. 6.2. Работа операторов условного и безусловного переходов

Допустим, что условный переход производит сравнение кода нажатой клавиши с некоторой константой. Тогда действие, выполняемое условным оператором, можно записать так: «Если код нажатой клавиши равен 0, перейти к выполнению ветви номер 2». Соответственно, в случае невыполнения условия (например, считанное число равно 1), программа продолжит свою работу в обычном режиме и перейдет, таким образом, к выполнению ветви номер 1.

В конце ветви номер 1 стоит оператор безусловного перехода. Он служит для того, чтобы программа не начала выполнять ветвь номер 2 сразу после выполнения ветви номер 1. В данном случае выполнение перехода обязательно и никакого условия не требуется.

Технически переход выполняется путем записи в регистр адреса нового значения. Изменение значения регистра адреса возможно только при помощи команд передачи управления.

6.2.7. Команда организации цикла

Циклическое выполнение группы команд — очень эффективное средство для сокращения программного кода. Иногда требуется выполнить одну и ту же группу команд несколько раз. Вместо того, чтобы много раз записывать одни и те же команды, можно заставить любой участок программы выполняться многократно. Для этого и служат команды организации цикла.

Допустим, мы хотим создать простейшую программу, предотвращающую ложное срабатывание кнопки. Допустим, нажатая кнопка при считывании дает единицу, отпущенная — ноль. Для повышения надежности мы будем считывать состояние кнопки не один, а несколько раз. Все полученные таким образом числа мы сложим между собой.

Затем мы легко можем определить, каких результатов было больше: нулевых либо единичных. Допустим, что мы будем производить подряд 20 операций чтения-сложения. Теперь, если полученная сумма окажется больше десяти, то кнопку можно считать нажатой. В противном случае она считается отпущенной. Такой алгоритм называется **цифровой интегрирующий фильтр**.

Операции считывания состояния кнопки и сложения полученных результатов удобно оформить в виде цикла. На **рис. 6.3** показан ход выполнения подобной программы. Как и на предыдущем рисунке, квадратики обозначены обычные операторы. Кругом с буквой Ц обозначен **оператор цикла**. Часть программы, называемая **телом цикла**, выполняется нужное количество раз. Каждое такое выполнение называется **проходом цикла**.

Важным элементом оператора цикла служит так называемый **параметр цикла**. Параметр цикла — это число, которое сначала равно количеству проходов. При каждом новом проходе параметр цикла уменьшается. Обычно параметр цикла записывается в один из рабочих регистров процессора. В нашем случае параметр цикла равен 20. На рисунке показаны несколько команд, которые выполняются до начала цикла. Среди этих команд обязательно должна быть команда, записывающая в соответствующий регистр значение параметра цикла. Затем выполняется тело цикла. В нашем случае тело цикла — это команды считывания состояния клавиши и сложения полученных результатов. После выполнения тела цикла наступает очередь оператора цикла. Этот оператор выполняет следующие действия:

- ♦ уменьшает параметр цикла на единицу;
- ♦ проверяет, не равен ли параметр после уменьшения нулю;
- ♦ если не равен, то оператор осуществляет переход к началу цикла;
- ♦ если же параметр равен нулю, переход не производится и выполнение программы продолжается в обычном режиме.

В результате такой оператор вызывает многократное выполнение тела цикла до тех пор, пока содержимое параметра цикла не достигнет нуля. При достижении нуля цикл заканчивается, и программа продолжает выполняться в обычном режиме.

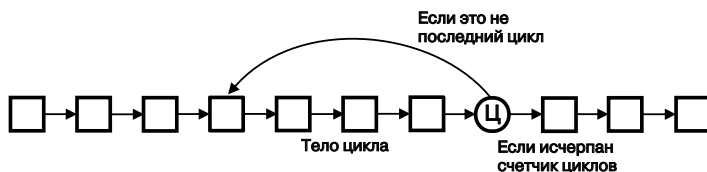


Рис. 6.3. Демонстрация работы оператора цикла

6.2.8. Команды перехода к подпрограмме



Определение.

Подпрограмма — это некоторый участок программы, к выполнению которого программа может возвращаться несколько раз. Такой прием применяется в том случае, если одни и те же действия нужно выполнять в разных местах программы. Для этого любую последовательность команд можно оформить в виде подпрограммы. В нужном месте основная программа вызывает подпрограмму. После выполнения подпрограммы управление передается в то место, откуда произошел ее вызов. Одна и та же подпрограмма может быть вызвана любое количество раз из самых разных мест основной программы.

Для организации подпрограмм любой процессор содержит как минимум две специальные команды:

- ♦ команду перехода к подпрограмме;
- ♦ команду выхода из подпрограммы.

Существуют также команды перехода к подпрограмме по условию. Процесс обращения к подпрограмме показан на **рис. 6.4**. Слева от многоточия показана цепочка команд, составляющих основную программу. Точками обозначена та часть основной программы, которая нас сейчас не интересует. Где-то после окончания основной программы в памяти расположен текст подпрограммы.

Как и в предыдущих случаях, квадратиками обозначены обычные команды. Элемент с буквой «П» — это команда перехода к подпрограмме. Буквой «В» обозначена команда возврата из подпрограммы. По команде перехода к подпрограмме микропроцессор запоминает текущий адрес (значение счетчика программ). Затем управление передается на начало подпрограммы.

В конце подпрограммы обязательно должна стоять команда выхода из подпрограммы. Встретив эту команду, процессор извлекает из памяти адрес, откуда произошел вызов подпрограммы, и переходит к команде, непосредственно следующей за этим адресом. После этого программа выполняется в обычном режиме.

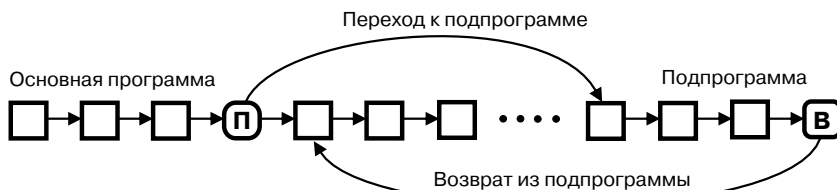


Рис. 6.4. Демонстрация работы операторов организации подпрограммы

Использование подпрограмм позволяет увеличить структурированность вашей программы. При чтении текста незнакомой программы каждая подпрограмма воспринимается как отдельная законченная процедура. Каждая такая процедура представляет собой законченный программный блок со своими свойствами и назначением. Из этих блоков, как из кирпичиков, удобно строить основную программу.

Написанная таким образом программа становится удобнее для понимания. Поэтому иногда подпрограммы используют даже в том случае, когда в основной программе они используются только один раз.

6.3. МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ AVR

6.3.1. Что такое микроконтроллер

В классической микропроцессорной системе, изображенной на рис. 6.1 (стр. 230), используются отдельная микросхема процессора, отдельные микросхемы памяти и отдельные порты ввода вывода. Стремительное развитие микропроцессорной техники требует все большей и большей степени интеграции микросхем.

Именно поэтому были разработаны микросхемы, которые объединяют в себе сразу все элементы микропроцессорной системы. Такие микросхемы называются **микроконтроллерами**. В советское время такие микросхемы называли «Однокристалльные микроЭВМ».

Для однокристалльных микроконтроллеров понятие «центральный процессор» обычно не употребляется. Так как процессор — это все-таки отдельное устройство. Функции процессора в микроконтроллере заменяет **арифметико-логическое устройство (АЛУ)**.

Кроме АЛУ, микроконтроллер содержит в своем составе: тактовый генератор; память данных; память программ; порты ввода-вывода.

Все эти элементы соединены между собой внутренними **шинами данных и адреса**. С внешним миром микроконтроллер общается при помощи **портов ввода-вывода**. Любой микроконтроллер всегда имеет один или несколько портов. Кроме того, современные микроконтроллеры всегда имеют **встроенную систему прерываний**, а также встроенные программируемые таймеры, компараторы, цифроаналоговые преобразователи и многое другое.

Если речь идет не о большом компьютере, а о портативном устройстве управления, то в нем применяются именно микроконтроллеры. Конечно, любая реальная схема редко обходится без простых логических микро-

схем, триггеров, счетчиков и тому подобного. Но основой всегда является микроконтроллер. Чистые микропроцессоры в настоящее время применяются только в персональных компьютерах.

6.3.2. Состав серии AVR

Семейство AVR включает в себя микроконтроллеры самой разной конфигурации, с разным объемом памяти и разным количеством встроенных портов ввода-вывода и других дополнительных устройств.

Конструктивное исполнение микроконтроллеров также очень разнообразно. Применяется несколько типов корпусов (см. рис. 6.5). Это традиционные корпуса типа PDIP с количеством ножек от 8 до 40. Корпуса типа SOIC с количеством выводов от 8 до 20. А вот большинство микроконтроллеров семейства Mega AVR выполняются либо в сорокавыводных PDIP-корпусах, либо в современных многовыводных корпусах типа TQFP или MLF (до 64 выводов).

Любой даташит всегда найдется на сайте производителя (www.atmel.ru или www.atmel.com).

К сожалению, выложенная там документация существует только на английском языке. Полный список всех микроконтроллеров серии AVR, производимых в настоящее время фирмой Atmel, и их основные характеристики приведены в табл. 6.1.

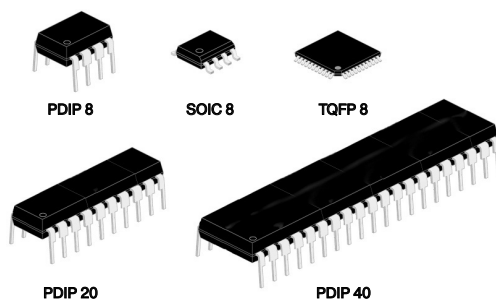


Рис. 6.5. Микроконтроллеры серии AVR

6.3.3. Особенности серии AVR

Микроконтроллеры серии AVR относятся к классу **восьмиразрядных микроконтроллеров**. Это значит, что подавляющее большинство операций процессоры производят с восьмиразрядными двоичными числами. По этой причине встроенная шина данных у этих контроллеров тоже восьмиразрядная. Все ячейки памяти и большинство регистров микроконтроллера также восьмиразрядные.

Для обработки шестнадцатиразрядных чисел некоторые внутренние регистры могут объединяться попарно. Каждая такая пара может работать как один шестнадцатиразрядный регистр. Исключение составляет память программ. Она целиком состоит из шестнадцатиразрядных ячеек.

Таблица 6.1

Микроконтроллеры AVR. Список параметров

Микро- схема	Объем памяти		Коли- чество		Максимальная тактовая частота (MHz)	Напряжение питания Vcc (В)	Каналы		Каналов ШИМ	Аналоговых компараторов	Количество внешних прерываний	Каналы			Самонастраиваем. память	Пикопотребление	Такт. генератор 32 кГц	Тип корпуса				
							АЦП	Скорость (kps)				Разрешение (бит)	Количество	Разрешение					Каналы			
	Flash (Кбайт)	EEPROM (байт)	SRAM (байт)	Вых.	Вх / Вых	Частота (MHz)			Вс (В)	Количество	Разрешение (бит)				Скорость (kps)	Количество	Разрешение	SPI	TWI (I2C)	UART		
Семейство Tiny без датчика температуры																						
ATtiny28L	2	32	0	28	11	4	1.8 - 5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	Нет	Нет	MLF, PDIP, TQFP				
ATtiny26	2	128	128	20	16	16	2.7 - 5.5	11	10	15	0	0	4	1	2	11	1	1	0	Нет	Нет	SOIC, MLF, PDIP
ATtiny13	1	64	64	8	6	20	1.8 - 5.5	4	10	15	0	0	2	1	1	6	0	0	0	Есть	Нет	SOIC, SOIC, MLF, MLF, PDIP
ATtiny2313	2	128	128	20	18	20	1.8 - 5.5	0	0	15	0	0	4	1	2	18	2	1	1	Есть	Нет	SOIC, MLF, PDIP
ATtiny13A	1	64	64	8	6	20	1.8 - 5.5	4	10	15	0	0	2	1	1	6	0	0	0	Есть	Есть	SOIC, SOIC, MLF, MLF, PDIP
ATtiny10	1	32	0	6	4	12	1.8 - 5.5	4	8	15	0	0	2	1	1	4	0	0	0	Нет	Нет	SOT23, UDFN / USON
ATtiny4	0.5	32	0	6	4	12	1.8 - 5.5	0	0	0	0	0	2	1	1	4	0	0	0	Нет	Нет	SOT23, UDFN / USON
ATtiny5	0.5	32	0	6	4	12	1.8 - 5.5	4	8	15	0	0	2	1	1	4	0	0	0	Нет	Нет	SOT23 6 UDFN / USON 8
ATtiny9	1	32	0	6	4	12	1.8 - 5.5	0	0	0	0	0	2	1	1	4	0	0	0	Нет	Нет	SOT23 6 UDFN / USON 8
ATtiny2313A	2	128	128	20	18	20	1.8 - 5.5	0	0	15	0	0	4	1	2	18	2	1	1	Есть	Есть	SOIC, MLF, VQFN, PDIP
ATtiny4313	4	256	256	20	18	20	1.8 - 5.5	0	0	15	0	0	4	1	2	18	2	1	1	Есть	Есть	SOIC, MLF, VQFN, PDIP
Семейство Tiny (со встроенным датчиком температуры)																						
ATtiny25	2	128	128	8	6	20	1.8 - 5.5	4	10	15	0	0	6	1	2	6	1	1	0	Есть	Нет	SOIC, MLF, PDIP
ATtiny85	8	512	512	8	6	20	1.8 - 5.5	4	10	15	0	0	6	1	2	6	1	1	0	Есть	Нет	SOIC, MLF, PDIP
ATtiny45	4	256	256	8	6	20	1.8 - 5.5	4	10	15	0	0	6	1	2	6	1	1	0	Есть	Нет	SOIC, MLF, TSSOP, PDIP
ATtiny24	2	128	128	14	12	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	2	12	1	1	0	Есть	Нет	MLF, PDIP, SOIC
ATtiny44	4	256	256	14	12	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	2	12	1	1	0	Есть	Нет	MLF, PDIP, SOIC
ATtiny84	8	512	512	14	12	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	2	12	1	1	0	Есть	Нет	MLF, PDIP, SOIC
ATtiny261	2	128	128	20	16	20	1.8 - 5.5	11	10	15	0	0	6	1	2	16	1	1	0	Есть	Нет	SOIC, MLF, PDIP
ATtiny461	4	256	256	20	16	20	1.8 - 5.5	11	10	15	0	0	6	1	2	16	1	1	0	Есть	Нет	SOIC, MLF, PDIP
ATtiny861	8	512	512	20	16	20	1.8 - 5.5	11	10	15	0	0	6	1	2	16	1	1	0	Есть	Нет	SOIC, MLF, PDIP
ATtiny48	4	256	64	32	28	12	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	2	1	2	28	1	1	0	Есть	Есть	UFPGA, MLF, MLF, PDIP, TQFP

Таблица 6.1 (продолжение)

Микро-схема	Объем памяти		Количество		Максимальная тактовая частота (MHz)	Напряжение питания Vcc (В)	Каналы АЦП				Каналы ЦАП		Аналоговых компараторов	Количество внешних прерываний	Каналы			Самонастраиваемая память	Пикопотребление	Такт. генератор 32 кГц	Тип корпуса			
							Количество		Скорость (kps)	Разрешение (бит)	Разрешение	SPI			TWI (I2C)	UART								
	Flash (Кбайт)	EEPROM (Байт)	Выв.	Вх / Вых																				
ATtiny88	8	512	64	32	28	12	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	2	1	2	28	1	1	0	Есть	Есть	Нет	UFPGA, MLF, MLF, PDIP, TQFP	
ATtiny24A	2	128	14	12	14	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	2	12	1	1	0	Есть	Есть	Нет	MLF, VQFN, UFPGA, PDIP, SOIC	
ATtiny44A	4	256	14	12	20	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	2	12	1	1	0	Есть	Есть	Нет	MLF, VQFN, UFPGA, PDIP, SOIC	
ATtiny43U	4	256	64	20	16	8	0,7 - 5,5	4	10	15	0	0	4	1	2	16	1	1	0	Есть	Есть	Нет	SOIC, MLF	
ATtiny261A	2	128	20	16	20	18 - 5,5	11	10	15	0	0	6	1	2	16	1	1	0	Есть	Есть	Нет	SOIC, TSSOP, MLF, PDIP		
ATtiny461A	4	256	256	20	16	20	1,8 - 5,5	11	10	15	0	0	6	1	2	16	1	1	0	Есть	Есть	Нет	SOIC, TSSOP, MLF, PDIP	
ATtiny861A	8	512	512	20	16	20	1,8 - 5,5	11	10	15	0	0	6	1	2	16	1	1	0	Есть	Есть	Нет	SOIC, TSSOP, MLF, PDIP	
ATtiny167	16	512	512	20	16	16	1,8 - 5,5	11	10	15	0	0	9	1	2	16	2	1	1	Есть	Нет	Есть	TSSOP, SOIC, VQFN	
ATtiny87	8	512	512	20	16	16	1,8 - 5,5	11	10	15	0	0	9	1	2	16	2	1	1	Есть	Нет	Есть	TSSOP, SOIC, VQFN	
ATtiny20	2	128	0	14	12	12	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	3	1	2	12	1	1	0	Нет	Нет	Нет	VQFN, UFPGA, SOIC, TSSOP	
ATtiny40	4	256	0	20	18	12	1,8 - 5,5	12	10	15	0	0	2	1	2	18	1	1	0	Нет	Нет	Нет	SOIC, VQFN, TSSOP	
ATtiny84A	8	512	512	14	12	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	2	12	1	1	0	Есть	Нет	Нет	MLF, VQFN, UFPGA, PDIP, SOIC	
Семейство Mega (со встроенным датчиком температуры)																								
ATmega48P	4	512	256	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	нет	есть	есть	есть	MLF, MLF, PDIP, TQFP
ATmega88P	8	1K	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
ATmega168P	16	1K	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
ATmega16U4	16	2K	512	44	26	16	2,7 - 5,5	12	10	15	0	0	8	1	4	13	2	1	1	есть	нет	нет	нет	VQFN, TQFP
ATmega328P	32	2K	1024	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
ATmega32U4	32	3K	1024	44	26	16	2,7 - 5,5	12	10	15	0	0	8	1	4	13	2	1	1	есть	нет	нет	нет	VQFN, TQFP
ATmega48PA	4	512	256	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	нет	есть	есть	есть	UFPGA, MLF, MLF, PDIP, TQFP
ATmega168PA	16	1K	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	есть	есть	есть	UFPGA, MLF, PDIP, TQFP
ATmega16M1	16	1K	512	32	27	16	2,7 - 5,5	11	10	125	1	10	10	4	2	27	1	0	1	есть	нет	нет	нет	MLF, TQFP
ATmega32M1	32	2K	1024	32	27	16	2,7 - 5,5	11	10	125	1	10	10	4	2	27	1	0	1	есть	нет	нет	нет	MLF, TQFP
ATmega328	32	2K	1024	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	нет	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP

Таблица 6.1 (продолжение)

Микро- схема	Объем памяти			Коли- чество	Максимальная тактовая частота (MHz)	Напряжение питания Vcc (В)	Каналы АЦП				Каналы ЦАП		Аналоговых компараторов	Количество внешних прерываний	Каналы			Самонастраи- ваем. память	Пикопотребление	Такт. генератор 32 кГц	Тип корпуса		
	Flash (Кбайт)	EEPROM (байт)	SRAM (байт)				Выв.	Вх / Вых	Количество	Разрешение (бит)	Скорость (kps)	Количество			Разрешение								
АТmega64M1	64	4К	2048	32	27	16	2,7 - 5,5	11	10	125	1	10	10	4	2	27	1	0	1	есть	нет	MLF, TQFP	
АТmega48A	4	512	256	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	нет	есть	UFBGA, MLF, MLF, PDIP, TQFP	
АТmega88A	8	1К	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	нет	есть	UFBGA, MLF, PDIP, TQFP	
АТmega88PA	8	1К	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	есть	UFBGA, MLF, MLF, PDIP, TQFP	
АТmega168A	16	1К	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	нет	UFBGA, MLF, PDIP, TQFP	
Семейство Mega (без встроенного датчика температуры)																							
АТmega8	8	1К	512	32	23	16	2,7 - 5,5	8	10	15	0	0	3	1	3	2	1	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega8515	8	512	512	44	35	16	2,7 - 5,5	0	0	0	0	0	3	0	2	3	1	0	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega8535	8	512	512	44	32	16	2,7 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	3	1	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega16	16	1К	512	44	32	16	2,7 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	3	1	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega32	32	2К	1024	44	32	16	2,7 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	3	1	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega64	64	4К	2048	64	53	16	2,7 - 5,5	8	10	15	0	0	7	1	4	8	1	1	2	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega128	128	4К	4096	64	53	16	2,7 - 5,5	8	10	15	0	0	7	1	4	8	1	1	2	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega162	16	1К	512	44	35	16	1,8 - 5,5	0	0	0	0	0	6	1	4	3	1	0	2	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega48	4	512	256	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	нет	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega88	8	1К	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega168	16	1К	512	32	23	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	6	1	3	24	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega325	32	2К	1024	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega3250	32	2К	1024	100	69	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	25	2	1	1	есть	нет	есть	TQFP
АТmega6450	64	4К	2048	100	69	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	25	2	1	1	есть	нет	есть	TQFP
АТmega645	64	4К	2048	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega329	32	2К	1024	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega3290	32	2К	1024	100	69	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	32	2	1	1	есть	нет	есть	TQFP
АТmega649	64	4К	2048	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TQFP

Таблица 6.1 (продолжение)

Микро-схема	Объем памяти		Количество		Максимальная тактовая частота (MHz)	Напряжение питания Vcc (В)	Каналы АЦП				Каналы ЦАП		Аналоговых компараторов	Количество внешних прерываний	Каналы				Самонастраиваемая память	Пикопотребление	Такт. генератор 32 кГц	Тип корпуса	
	Flash (Kбайт)	EEPROM (байт)	Выв.	Вх / Вых			Количество	Разрешение (бит)	Скорость (kps)	Количество	Разрешение	SPI			TWI (I2C)	UART							
АТmega6490	64	4К	2048	100	69	16	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	32	2	1	1	есть	нет	есть	TQFP
АТmega640	64	8К	4096	100	86	16	1.8 - 5.5	16	10	15	0	0	15	1	6	32	5	1	4	есть	нет	есть	CBGA, TQFP
АТmega1281	128	8К	4096	64	54	16	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	8	1	6	17	3	1	2	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega2561	256	8К	4096	64	54	16	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	8	1	6	17	3	1	2	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega2560	256	8К	4096	100	86	16	1.8 - 5.5	16	10	15	0	0	15	1	6	32	5	1	4	есть	нет	есть	CBGA, TQFP
АТmega1280	128	8К	4096	100	86	16	1.8 - 5.5	16	10	15	0	0	15	1	6	32	5	1	4	есть	нет	есть	CBGA, TQFP
АТmega644	64	4К	2048	44	32	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	6	1	3	32	3	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega164P	16	1К	512	44	32	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega324P	32	2К	1024	44	32	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega165P	16	1К	512	64	54	16	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	MLF, TQFP
АТmega169P	16	1К	512	64	54	16	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	QFN, TQFP
АТmega644P	64	4К	2048	44	32	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega329P	32	2К	1024	64	54	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	MLF, TQFP
АТmega3290P	32	2К	1024	100	69	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	32	2	1	1	есть	есть	есть	TQFP
АТmega325P	32	2К	1024	64	54	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	MLF, TQFP
АТmega3250P	32	2К	1024	100	69	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	25	2	1	1	есть	есть	есть	TQFP
АТmega1284P	128	16К	4096	44	32	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega16A	16	1К	512	44	32	16	2.7 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	3	1	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega32A	32	2К	1024	44	32	16	2.7 - 5.5	8	10	15	0	0	4	1	3	3	1	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega324PA	32	2К	1024	44	32	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega164PA	16	1К	512	44	32	20	1.8 - 5.5	8	10	15	0	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TQFP
АТmega64A	64	4К	2048	64	53	16	2.7 - 5.5	8	10	15	0	0	7	1	4	8	1	1	2	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega128A	128	4К	4096	64	53	16	2.7 - 5.5	8	10	15	0	0	7	1	4	8	1	1	2	есть	нет	есть	MLF, TQFP
АТmega8A	8	1К	512	32	23	16	2.7 - 5.5	8	10	15	0	0	3	1	3	2	1	1	1	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TQFP

Таблица 6.1 (продолжение)

Микро- схема	Объем памяти		Коли- чество		Максимальная тактовая частота (MHz)		Напряжение питания Vcc (В)		Каналы				Каналов ШИМ	Аналоговых компараторов	Количество внешних препроводов	Каналы			Самонастраиваем. память	Пикопотребление	Такт. генератор 32 кГц	Тип корпуса
									АЦП		ЦАП					Каналы						
	Flash (Кбайт)	EEPROM (байт)	SRAM (байт)	Выв.	Вх / Вых	Количество	Разрешение (бит)	Скорость (kps)	Количество	Разрешение	Каналы ЦАП	Каналов ШИМ	Аналоговых компараторов	Количество внешних препроводов	SPI	TWI (I2C)	UART	Каналы	Самонастраиваем. память	Пикопотребление	Такт. генератор 32 кГц	Тип корпуса
ATmega8U2	8	512	512	32	22	16	2,7 - 5,5	0	0	0	0	4	1	2	20	2	0	1	есть	нет	нет	VOFN, TOFP
ATmega16U2	16	512	512	32	22	16	2,7 - 5,5	0	0	0	0	4	1	2	21	2	0	1	есть	нет	нет	VOFN, TOFP
ATmega32U2	32	1K	1024	32	22	16	2,7 - 5,5	0	0	0	0	4	1	2	20	2	0	1	есть	нет	нет	VOFN, TOFP
ATmega644PA	64	4K	2048	44	32	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	есть	есть	MLF, PDIP, TOFP
ATmega169PA	16	1K	512	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	QFN, MLF, TOFP
ATmega164A	16	1K	512	44	32	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TOFP
ATmega324A	32	2K	1024	44	32	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TOFP
ATmega644A	64	4K	2048	44	32	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TOFP
ATmega1284	128	16K	4096	44	32	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	6	1	3	32	3	1	2	есть	нет	есть	MLF, PDIP, TOFP
ATmega165PA	16	1K	512	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	MLF, TOFP
ATmega325A	32	2K	1024	64	54	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TOFP
ATmega3250A	32	2K	1024	100	69	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	25	2	1	1	есть	нет	есть	TOFP
ATmega645A	64	4K	2048	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TOFP
ATmega645P	64	4K	2048	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	MLF, TOFP
ATmega6450P	64	4K	2048	100	69	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	25	2	1	1	есть	есть	есть	TOFP
ATmega6450A	64	4K	2048	100	69	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	25	2	1	1	есть	нет	есть	TOFP
ATmega169A	16	1K	512	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	QFN, MLF, TOFP
ATmega329A	32	2K	1024	64	54	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TOFP
ATmega649A	64	4K	2048	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	нет	есть	MLF, TOFP
ATmega3290A	32	2K	1024	100	69	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	32	2	1	1	есть	нет	есть	TOFP
ATmega649P	64	4K	2048	64	54	16	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	MLF, TOFP
ATmega6490A	64	4K	2048	100	69	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	32	2	1	1	есть	нет	есть	TOFP
ATmega6490P	64	4K	2048	100	69	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	32	2	1	1	есть	есть	есть	TOFP
ATmega329PA	32	2K	1024	64	54	20	1,8 - 5,5	8	10	15	0	4	1	3	17	2	1	1	есть	есть	есть	MLF, TOFP

Микроконтроллеры AVR изготавливаются по КМОП-технологии, благодаря которой они имеют достаточно высокое быстродействие и низкий ток потребления. Большинство команд микроконтроллера выполняется за один такт. Поэтому быстродействие контроллеров может достигать 1 миллиона операций в секунду при тактовой частоте 1 МГц.

6.3.4. Внутренняя память

Микроконтроллеры AVR имеют в своем составе **три вида памяти**. Во-первых, это ОЗУ (оперативная память для данных). В документации фирмы Atmel эта память называется **SRAM**. Объем ОЗУ для разных контроллеров варьируется от полного ее отсутствия (в микросхеме AT90S1200) до 2 Кбайт. Подробнее смотрите графу «SRAM» в табл. 6.1.

Второй вид памяти — это память программ. Она выполнена по Flash-технологии и предназначена для хранения управляющей программы. В фирменной документации она так и называется — **Flash-память**. Объем программной памяти в разных микросхемах этой серии составляет от 1 до 64 Кбайт. Подробнее смотрите графу «Flash» табл. 6.1. Программная память допускает стирание записанной туда информации и повторную запись. Однако количество циклов записи/стирания ограничено.

Программная память микроконтроллеров AVR допускает до 1000 циклов записи/стирания. Запись информации в память программ производится при помощи специальных устройств (программаторов). Последние модели микроконтроллеров AVR имеют режим автоперезаписи памяти программ. То есть управляющая программа самого микроконтроллера способна сама себя переписывать.

Третий вид памяти — это **энергонезависимая память для данных**. Она также выполнена по Flash-технологии, но в технической документации она называется **EEPROM**. Основное назначение этого вида памяти — долговременное хранение данных. Данные, записанные в эту память, не теряются даже при выключенном источнике питания.

Управляющая программа микроконтроллера может в любой момент записать данные в EEPROM или прочитать их оттуда. Память EEPROM допускает до 100000 циклов записи/стирания. Количество циклов чтения из EEPROM неограничено. Объем памяти EEPROM сравнительно небольшой. Для разных микросхем он составляет от 64 байт до 2 Кбайт. Для большинства задач этого вполне достаточно. Объем EEPROM для разных микросхем вы можете узнать из соответствующей колонки табл. 6.1.

Записывать информацию в EEPROM можно также при помощи **программатора**. Причем для записи информации в память программ и в EEPROM используется один и тот же программатор. Такой порядок доступа к памяти позволяет при необходимости отказаться от программной перезаписи EEPROM и использовать эту память для хранения любых неизменяемых констант. Это увеличивает гибкость системы.

6.3.5. Способы программирования Flash- и EEPROM-памяти

Микроконтроллеры AVR допускают несколько способов программирования Flash- и EEPROM-памяти. Основные способы такие:

- ♦ параллельное программирование (Self-Prog);
- ♦ последовательное программирование с использованием SPI-интерфейса.

При **параллельном программировании** программатор передает в микросхему записываемые данные побайтно, параллельным способом. То есть при помощи восьмипроводной шины.

При **последовательном программировании** используется специальный последовательный интерфейс, получивший название **SPI**. Посредством этого интерфейса данные передаются в микросхему последовательно, бит за битом, с использованием всего трех проводников. Последовательный способ гораздо медленнее, чем параллельный. Зато он более универсален и допускает программирование микросхемы без извлечения ИМС из схемы. В табл. 6.1 в графе «ISP (I), Self-Prog (S)» для каждой микросхемы показаны поддерживаемые способы программирования. Буква **I** означает наличие ISP, а буква **S** — наличие режима Self-Prog.

6.3.6. Порты ввода-вывода

Порты ввода-вывода — это обязательный атрибут любого микроконтроллера. Их количество для каждой конкретной микросхемы разное. Все порты микроконтроллеров AVR восьмиразрядные, но в некоторых случаях отдельные разряды не используются. Это связано с ограниченным количеством выводов (ножек) у микросхемы. В табл. 6.1 в графе «Кол-во выв. I/O» указано общее количество линий ввода-вывода.

У одних портов используются все восемь его линий. У других семь, шесть или даже три. Но для процессора порты остаются восьмиразрядными. Процессор всегда пишет в такие порты и читает из них полноценный байт информации. Неиспользуемые биты при записи просто теряются. При чтении байта из порта неиспользуемые разряды равны нулю.

6.3.7. Периферийные устройства

Кроме указанных выше элементов, любой микроконтроллер AVR обязательно содержит набор так называемых **периферийных устройств**. Периферийные они по отношению к центральному процессорному устройству (ЦПУ) микроконтроллера. Но находятся они также внутри микросхемы. Ниже перечислены все возможные периферийные устройства, которые могут входить в состав микроконтроллера AVR.

Встроенные таймеры/счетчики. Микроконтроллеры AVR могут содержать от одного до четырех таймеров/счетчиков. Причем используются как восьми-, так и шестнадцатиразрядные таймеры. Их количество на один микроконтроллер может составлять от одного до шести. Подробнее смотри в графе «Таймеры 8/16-бит» в табл. 6.1.

Генератор сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Генерация сигнала ШИМ — это просто один из режимов работы таймера/счетчика. Одна микросхема может иметь от 2 до 12 каналов ШИМ, а может не иметь ни одного. Подробнее смотри в соответствующей графе в табл. 6.1.

Аналоговый компаратор. Входит в состав практически во всех микроконтроллерах AVR.

Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). АЦП микроконтроллеров AVR могут иметь от четырех до шестнадцати каналов. То есть могут преобразовывать в цифровой эквивалент до 16 входных аналоговых сигналов. На самом деле канал АЦП всегда один. Но на его входе стоит система переключения (аналоговый мультиплексор). Поэтому АЦП способен подключаться к нескольким разным источникам аналогового сигнала.

Последовательный интерфейс. Микросхемы AVR способны поддерживать несколько разных видов последовательных интерфейсов. Каждый такой интерфейс реализует один или несколько известных стандартов передачи информации. Один из видов такого интерфейса поддерживает тот же стандарт, что и СОМ-порт персонального компьютера. Есть также интерфейс, поддерживающий стандарт широко известной в микроэлектронике так называемой I²C шины.

Сюда же относится и **SPI-интерфейс**, который может использоваться как для последовательного программирования памяти программ, так и для связи нескольких микроконтроллеров в мультипроцессорной системе. Любой последовательный интерфейс предназначен для передачи информации последовательным способом. Каждый байт передается последовательно, бит за битом.

6.3.8. Дополнительные устройства

Кроме перечисленных выше устройств, микроконтроллеры серии AVR обязательно содержат систему прерываний, охранный таймер, систему начального сброса, систему контроля питающего напряжения и т. д. Все описанные выше устройства управляются центральным процессором при помощи регистров. И вот здесь мы вплотную подходим к такому понятию, как **архитектура микроконтроллеров AVR**.



Определение.

*Под **архитектурой** понимается внутреннее строение микросхемы и взаимодействие всех ее элементов.*

К элементам архитектуры можно отнести объем и структуру всех видов памяти микроконтроллера, количество и свойства так называемых регистров общего назначения, устройство портов ввода-вывода и методы доступа к ним, устройство системы прерываний, способы управления встроенными периферийными устройствами. А начнем мы с изучения всех видов памяти.

6.3.9. Регистры общего назначения (РОН)

Для хранения промежуточных результатов вычислений каждый микроконтроллер AVR имеет тридцать два **регистра общего назначения** (сокращенно — **РОН**). Для того, чтобы регистры можно было использовать в программе, каждый имеет свое **собственное имя**. Вот эти имена: R0, R1, R2 — R31.

Все РОН составляют так называемый **файл регистров общего назначения**. Все команды преобразования данных (сложения, вычитания и т. д.) микроконтроллера AVR построены таким образом, что обязательно используют РОН. Каждая команда в качестве операндов использует либо содержимое двух разных РОН, либо содержимое РОН и константу. Результат вычислений также помещается в один из РОН.



Пример.

*Команда **ADD R0, R1** производит сложение содержимого регистров R0 и R1. Сумма помещается в R0. Команда **ADD R5, #7** прибавляет к содержимому регистра R5 число семь. Результат помещается в R5.*

Регистры общего назначения используются также и в командах перемещения данных. Перемещать данные можно из одного РОН в другой, из РОН в ячейку памяти и в обратном направлении. Перемещение данных

возможно также между РОН и регистрами ввода-вывода, о которых мы поговорим в следующем разделе.

Некоторые команды имеют ограничения по использованию РОН. Например, все команды обмена информацией с регистрами ввода-вывода не могут использовать регистры R0—R15. Существуют и другие ограничения.

Все регистры общего назначения микроконтроллеров AVR восьми-разрядные. Однако шесть последних регистров (R26—R31) способны объединяться в регистровые пары. Такая пара в некоторых операциях выступает как самостоятельный шестнадцатиразрядный регистр. При этом не теряется возможность чтения каждого регистра пары отдельно. Регистровые пары имеют свои названия. Пара, объединяющая регистры R26—R27, называется **регистром X**. Пара регистров R28—R29 называется **регистром Y**. А пара регистров R30—31 называется **регистром Z**.

Весь набор регистров общего назначения присутствует в любом микроконтроллере серии AVR.

6.3.10. Регистры ввода-вывода

То, что в начале главы мы называли **портами ввода-вывода**, в микроконтроллерах AVR называется **registрами ввода-вывода**.



Примечание.

*Смещение понятий произошло потому, что микроконтроллеры AVR для обмена информацией с внешними устройствами используют достаточно сложные электронные схемы, имеющие несколько разных режимов работы, а также возможность выбора программным путем направления передачи данных. Именно они и получили название портов **ввода-вывода**.*

Простые же регистры, служащие для связи центрального процессора с периферийными устройствами, получили более подходящее в данном случае название: **регистры ввода-вывода**. Эти регистры позволяют обмениваться информацией лишь со встроенными периферийными устройствами самой микросхемы. Такими как таймеры, компараторы, каналы последовательной передачи информации, система прерывания, АЦП и т. д.

Каждый регистр ввода-вывода имеет свой номер, то есть адрес в адресном пространстве ввода-вывода. Номера регистров могут иметь значение от \$00 до \$3F. Это означает, что максимально возможное количество РВВ равно 64. Однако реальное количество регистров любого

микроконтроллера всегда меньше. Разные микроконтроллеры имеют разный набор регистров ввода-вывода.

Каждый регистр ввода-вывода, помимо номера, имеет свое уникальное имя.



Пример.

В микроконтроллере семейства «Тіпу» регистр номер \$1E предназначен для управления EEPROM. Этот регистр имеет имя EEAR. Второй регистр управления EEPROM имеет номер \$1D и имя EEDR. Для разных микроконтроллеров регистры, имеющие одинаковое назначение, обычно имеют и одинаковое имя. А вот номер регистра может и отличаться.



Определение.

***Имя регистра** — это условное понятие, придуманное лишь для удобства программистов. Сам же микроконтроллер работает исключительно с номером регистра.*

6.4. ПАМЯТЬ

6.4.1. Общие сведения

Как уже говорилось, микроконтроллеры AVR имеют три вида памяти: память программ (Flash); оперативную память данных (SRAM); энергонезависимую память данных (EEPROM).

Объем каждого вида памяти для разных микросхем вы можете видеть в табл. 6.1. Память EEPROM имеется не во всех микроконтроллерах. Кроме того, в некоторых моделях отсутствует оперативная память (SRAM). В таких микросхемах для оперативного хранения данных используются только регистры общего назначения.

Каждый из этих трех видов памяти имеет свое собственное адресное пространство, и доступ к разным видам памяти осуществляется независимо друг от друга. Такое построение микроконтроллеров называется архитектурой Гарвардского типа.

6.4.2. Память программ

Память программ предназначена для хранения управляющей программы микроконтроллера. Каждая ячейка этой памяти имеет 16 разрядов, то есть хранит одно шестнадцатиразрядное двоичное число. Каждое такое число содержит как код операции, так и один или несколько пара-

метров команды. Кроме того, в памяти программ можно хранить данные. Такие данные будут доступны только для чтения.

В памяти программ обычно хранят некоторые постоянные константы, таблицы символов и другие неизменяемые величины. Данные записываются в виде восьмиразрядных двоичных чисел (байтов). При этом каждая шестнадцатиразрядная ячейка программной памяти используется как две восьмиразрядные. При чтении данных из программной памяти микроконтроллер может обратиться к каждой такой половинке отдельно. Мы еще поговорим об этом подробно.

Для разных микроконтроллеров память программ имеет разный объем (см. табл. 6.1). Однако при любом объеме памяти она представляет собой непрерывную область и начинается с ячейки, имеющей нулевой адрес.

На рис. 6.6 изображено адресное пространство памяти программ в графическом виде. Такое условное изображение адресного пространства часто применяется в технической литературе. Изображенное на рисунке адресное пространство включает в себя ячейки Flash-памяти с адресами от \$000 до F_END.

Условное обозначение F_END означает **адрес последней ячейки памяти**. Значение этого адреса будет разным для разных микроконтроллеров. Например, для микроконтроллера ATtiny2313 адрес последней ячейки памяти будет равен \$7FF. Адрес последней ячейки памяти всегда на единицу меньше объема этой памяти.

Объем памяти для каждого микроконтроллера можно узнать из табл. 6.1. Так, для микроконтроллера ATtiny2313 объем программной памяти равен 2 килобайтам. То есть 2048 байт. Если записать это число в шестнадцатичном виде, получим \$800. Учитывая то, что адресация начинается с нулевого адреса, то для адресации такого количества ячеек мы должны использовать адреса с 0 по 2047. Или в шестнадцатичном виде от \$000 до \$7FF.

Некоторые адреса программной памяти зарезервированы. То есть используются для неких специальных целей. И первым зарезервированным адресом можно считать **нулевой адрес**. Он называется **вектором системного сброса**. Именно с этого адреса начинается выполнение программы после системного сброса микроконтроллера. Остальные зарезервированные адреса — это **векторы прерываний**.



Рис. 6.6. Адресное пространство программной памяти



Определение.

Вектор прерывания — это адрес в программной памяти, с которого начинается выполнение процедуры обработки прерывания.

Так как любой микроконтроллер AVR имеет несколько источников прерывания, то и векторов прерывания тоже несколько: по одному на каждый вид прерывания. Адреса векторов прерываний находятся сразу за вектором сброса. То есть занимают ячейки с адресами \$001, \$002 и т. д. Количество векторов прерываний для разных микросхем разное. Подробнее смотрите в табл. 6.1 в графе «Кол-во каналов прерывания Внут / Внешн».

В этой графе отдельно показано количество внутренних и количество внешних прерываний.



Определение.

Внутреннее прерывание — прерывание, вызванное одним из встроенных периферийных устройств самого микроконтроллера. Например прерывание по таймеру, аналоговому компаратору, АЦП и т. д.



Определение.

Внешнее прерывание — это прерывание по сигналу, поступающему от внешнего источника на специальный вход микроконтроллера.



Определение.

Таблица векторов прерываний — это область адресов, зарезервированных под векторы прерываний.

В микроконтроллерах семейства «Tiny» эта область начинается с адреса \$001. Для большинства микроконтроллеров семейства «Mega» таблица векторов прерываний начинается с адреса \$002. При разработке программы для микроконтроллера программист по своему усмотрению может использовать, но может и не использовать механизм прерываний.

Если прерывания не используются, то ячейки, зарезервированные под вектора прерываний, можно использовать как обычные ячейки для хранения программы. Если же вы решили в своей программе использовать прерывания, то по адресу \$000 необходимо записать команду безусловного перехода, которая должна передавать управление на любой адрес за пределами таблицы векторов прерываний.

Именно там и должна начинаться основная программа. В каждую ячейку, соответствующую тому либо иному вектору прерывания, тоже записывается команда безусловного перехода. Каждый такой переход передает управление на начало соответствующей процедуры обработки прерывания.

6.4.3. Оперативная память микроконтроллеров AVR

Память данных микроконтроллеров AVR представляет собой отдельное адресное пространство с адресами от \$0000 до \$FFFF. То есть максимальный объем адресуемой памяти составляет 64 Кбайта. Однако большинство микроконтроллеров имеет гораздо меньшую память. В таких микроконтроллерах часть адресов не используется. Структура же памяти всегда одинакова. В графическом виде эта структура изображена на рис. 6.7. Посмотрите внимательно на этот рисунок.

- Оперативная память микроконтроллеров AVR делится на три области.
- ♦ \$0000—\$001F — область памяти, совмещенная с регистрами общего назначения (РОН).
 - ♦ \$0020—\$005F — область памяти, совмещенная с регистрами ввода-вывода (РВВ).
 - ♦ \$0060—\$FFFF — не совмещенная ни с чем область памяти.

Эта последняя область предназначена просто для хранения данных. Эту область в свою очередь можно разделить на область внутреннего ОЗУ (\$0060—RAMEND) и область внешнего ОЗУ (RAMEND+1—\$FFFF).

Под RAMEND понимается адрес последней ячейки внутреннего ОЗУ конкретного микроконтроллера. Рассмотрим каждую область памяти подробнее.

6.4.4. Область памяти, совмещенная с набором регистров общего назначения (РОН)

Эта область существует во всех микроконтроллерах AVR. Она занимает ячейки с адресами с \$0000 по \$001F. Все ячейки этой области памяти одновременно являются регистрами общего назначения (смотри выше). То есть записывая байт данных в ячейку памяти с адресом \$0000, вы на самом деле записы-

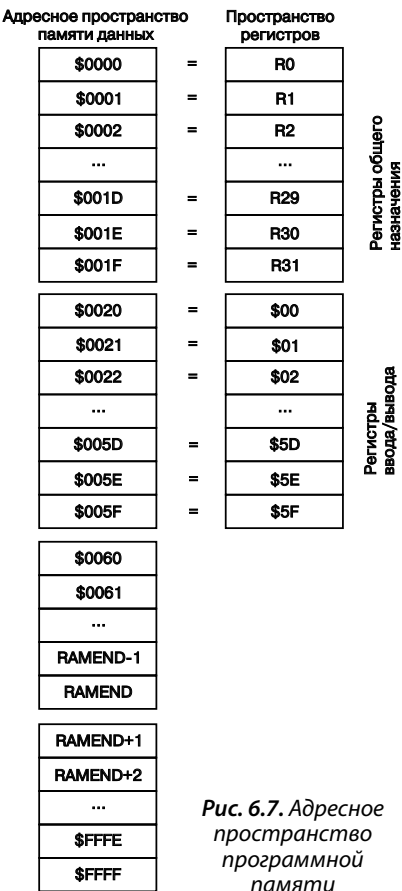


Рис. 6.7. Адресное пространство программной памяти

ваете ее в регистр R0. И наоборот. Соответствие ячеек памяти и регистров общего назначения показано на **рис. 6.7**. Двойной доступ к РОН существенно увеличивает гибкость программ.

6.4.5. Область памяти, совмещенная с регистрами ввода-вывода (PBB)

Область памяти с адреса \$0020 по адрес \$005F совмещена с регистрами ввода-вывода. В адресном пространстве ОЗУ это соответствует адресам \$0020—\$005F. Каждому регистру ввода-вывода соответствует своя ячейка в ОЗУ. Как уже говорилось, реальное количество регистров ввода-вывода почти всегда гораздо меньше их максимально возможного количества. Однако данная область памяти всегда используется только для этой цели.

Если регистр существует, то существует и соответствующая ячейка памяти. Остальные же ячейки из этой области ОЗУ просто отсутствуют. На **рис. 6.7** показано соответствие регистров общего назначения и ячеек памяти. Из рисунка видно, что адрес ячейки памяти всегда больше номера соответствующего PBB на постоянную величину, равную 32 (\$20).

6.4.6. Область внутреннего ОЗУ

Пространство ОЗУ с адреса \$0060 и выше не выполняет никаких дополнительных функций и предназначено исключительно для оперативного хранения данных. Объем (а, значит, и конечный адрес) этой области ОЗУ для разных микросхем разный. Именно этот объем приведен в **табл. 6.1** в графе «SRAM».

6.4.7. Область внешнего ОЗУ

Большинство микроконтроллеров AVR имеют лишь встроенное ОЗУ. Однако в состав серии входят микросхемы, допускающие подключение внешних микросхем ОЗУ. В результате объем ОЗУ микроконтроллера может быть расширен до 64 Кбайт. При этом общий объем оперативной памяти может достигать значения \$FFFF.

6.4.8. Энергонезависимая память данных (EEPROM)



Определение.

EEPROM — это специальная внутренняя память, выполненная по Flash-технологии и предназначенная для долговременного хранения данных.

В современных микропроцессорных устройствах часто возникает необходимость в хранении таких данных. **Примером** может служить микропроцессорная система управления автомагнитолой. Такая система управления где-то обязательно должна хранить множество констант. У любой магнитолы есть несколько фиксированных настроек.

Кроме того, принято при выключении запоминать все режимы работы магнитолы и восстанавливать их после включения. Все эти настройки в виде чисел обычно записываются в энергонезависимую память. Можно, конечно, использовать внешнюю микросхему памяти. Но встроенная память гораздо удобнее.

Для подобных задач обычно не требуется больших объемов EEPROM-памяти. Поэтому микроконтроллеры AVR имеют объем EEPROM от 64 байт до 8 Кбайт. Конкретное значение можно узнать из **табл. 6.1** (графа «EEPROM»).

EEPROM — необычная память. Поэтому к этой памяти ЦПУ микроконтроллера обращается не так, как к остальным видам памяти. Для центрального процессора не существует адресного пространства EEPROM. К этому виду памяти микроконтроллер обращается при помощи регистров ввода-вывода. Для микроконтроллеров с объемом EEPROM менее 256 байт таких регистров всего три:

- ♦ EEAR — регистр адреса EEPROM;
- ♦ EEDR — регистр данных EEPROM;
- ♦ EECR — регистр управления EEPROM.

Если объем EEPROM превышает 256 байт, то вместо одного регистра адреса (EEAR) такой микроконтроллер имеет два регистра: EEARH и EEARL. Регистры доступа к EEPROM имеют следующие номера:

- ♦ EEAR — \$1E;
- ♦ EEARH — \$1F;
- ♦ EEDR — \$1D;
- ♦ EEARL — \$1E;
- ♦ EECR — \$1C.

Регистры адреса EEAR (или EEARH, EEARL) работают только на запись. При помощи этих регистров микроконтроллер выбирает ячейку, куда нужно записать или откуда нужно прочитать данные.

Регистр данных (EEDR) работает как на запись, так и на чтение. Через этот регистр в EEPROM поступает записываемый байт. Через него же процессор получает байт при чтении из EEPROM.

Регистр управления (EECR) определяет режимы работы. Именно через него подаются команды чтения и записи EEPROM.

6.4.9. Счетчик команд и стековая память

Два важных регистра, которые существуют в любом микропроцессоре или микроконтроллере, — это **счетчик команд** и **указатель стека**.



Определение.

Счетчик команд — это специализированный внутренний регистр микроконтроллера, в котором хранится адрес текущей выполняемой команды.

Этот регистр не доступен для программиста в том смысле, что не существует команд прямой записи или чтения его содержимого. Размер счетчика команд составляет для разных микроконтроллеров AVR от 9 до 12 разрядов. Количество разрядов счетчика команд зависит от размера адресуемой программной памяти конкретного микроконтроллера. После сброса микроконтроллера в счетчик команд записывается ноль.

Затем процессор переходит в **режим выполнения программы**. В процессе выполнения программы счетчик всегда указывает на текущую выполняемую команду. При считывании кода команды значение счетчика увеличивается на один или два (в зависимости от длины команды). При выполнении команд безусловного и условного переходов содержимое счетчика резко меняется. В него записывается новое значение адреса.



Определение.

Адресом перехода — это новое значение адреса.

Кроме традиционных команд условного перехода, микроконтроллеры серии AVR имеют еще один вид команд, который можно рассматривать как их модификацию. Это **команды типа «проверка/пропуск»**. В командах этого типа производится проверка некоего условия, и результат проверки влияет на выполнение следующей команды. Если условие истинно, то следующая команда игнорируется.

То есть сама команда не выполняется, изменяется лишь содержимое счетчика команд. Это содержимое увеличивается либо на единицу, либо на две единицы, в зависимости от длины пропускаемой команды. Если условие ложно, то команда не пропускается, а выполняется как обычно. Теперь перейдем к указателю стека.



Определение.

Указатель стека — это специальный регистр, который предназначен для организации так называемой стековой памяти. Стековая память широко применяется в вычислительной технике. Вообще, **стек** — это некий буфер, состоящий из нескольких

ячеек памяти, имеющий один вход, который одновременно является и выходом.

Запись в стековую память и чтение из нее производится по принципу магазина автомата Калашникова. Патроны в такой магазин вставляются через входное отверстие один за другим. Извлекаются патроны из магазина в обратном порядке по принципу «последний зашел — первый вышел». Стековую память очень часто используют при программировании. Особенно удобно использовать стек для сохранения данных при входе в подпрограмму и восстановления их перед выходом. В дальнейшем мы убедимся в этом на примерах. В настоящий же момент я хочу остановиться на методах организации стековой памяти.

В микроконтроллерах серии AVR применяется широко распространенный **способ организации стековой памяти**, когда в качестве стека используется часть ОЗУ. Для реализации принципа «последний зашел — первый вышел» и служит регистр-указатель стека. В зависимости от размеров ОЗУ, разрядность указателя стека бывает разная. В микроконтроллерах с небольшим объемом ОЗУ используется восьмиразрядный указатель стека. Он представляет собой один регистр ввода-вывода и доступен для свободного считывания и записи. Называется такой **регистр SP_L**. Для ОЗУ больших размеров к регистру SP_L добавляется еще один регистр SP_H. Вместе они составляют один шестнадцатиразрядный указатель стека.

Перед началом работы в указатель стека необходимо **записать адрес вершины стека**. Это некий адрес ячейки ОЗУ, которая является старшей ячейкой области памяти, выделенной под стек. Определять размер стековой памяти и адрес ее вершины должен сам программист.

Для работы со стеком в системе команд микроконтроллера есть две специальные команды:

- ♦ команда записи в стек (**push**);
- ♦ команда извлечения из стека (**pop**).

Выполняя команду push, микроконтроллер записывает содержимое одного из РОН в ОЗУ по адресу, на который указывает указатель стека, а затем уменьшает значение указателя на единицу. Новая команда **push** запишет значение другого РОН в следующую ячейку ОЗУ. А указатель передвинется еще дальше. Таким образом происходит заполнение стека.

Выполняя команду pop, микроконтроллер сначала увеличивает содержимое указателя стека на единицу, а затем извлекает содержимое ячейки ОЗУ, на которое указывает указатель. Считанное значение помещается в один из РОН. В результате из стека считывается последнее записанное туда число. Следующая команда **pop** опять сначала увели-

чит указатель стека и прочитает предпоследнее записанное туда число. Благодаря регистру-указателю стека и описанному выше алгоритму реализуется полноценная стековая память.

Сразу после сброса микроконтроллера содержимое указателя стека равно нулю. Если оставить это содержимое без изменений, то все команды, связанные со стеком, работать не будут. Если вы собираетесь использовать стек в вашей программе, то в самом ее начале вам необходимо записать в регистр-указатель стека значение его вершины.

Обычно вершину стека устанавливают равной адресу самой старшей ячейки ОЗУ. Кроме того, при составлении программы вы должны следить, чтобы она не использовала в процессе своей работы область ОЗУ, выделенную вами для стека.

Одной из команд, активно использующих стековую память, является команда **перехода к подпрограмме**. При вызове подпрограммы текущий адрес из счетчика программ автоматически записывается в стек. При выходе из подпрограммы микроконтроллер извлекает адрес из стека и продолжает выполнение программы с этого адреса. Команда перехода к подпрограмме использует тот же самый стек, что и команды `push` и `pop`.

Это нужно обязательно учитывать при составлении программы. Если записать данные в стек, а затем перейти к подпрограмме, то в теле подпрограммы прочитать эти данные из стека будет уже невозможно. Если вы все же попытаетесь в данной ситуации извлечь данные из стека, вместо записанных данных вы получите адрес возврата из подпрограммы. Мало того, что вы не получите нужные вам данные, так вы еще и сделаете невозможным правильный выход из подпрограммы, так как в стеке уже не будет адреса выхода.

6.5. ПОДСИСТЕМА ВВОДА-ВЫВОДА

Микроконтроллеры серии AVR всегда имеют в своем составе от одного до семи портов ввода-вывода. Каждый разряд такого порта подсоединен к одному из выводов (контактов) микросхемы. Порты ввода-вывода служат для обмена информацией с внешними устройствами. Как уже говорилось, порты могут быть полные и неполные. Полный порт содержит 8 разрядов. В неполных портах задействованы они не все. Каждый порт имеет свое имя. Они именуются латинскими буквами от A до G.

Для управления каждым портом ввода-вывода используется три специальных РВВ. Это регистры `PORTx`, `DDRx` и `PINx`. Под «x» здесь подраз-

умеется конкретная буква — имя порта. Например, для порта A имена регистров управления будут такими: PORTA, DDRA и PINA.

Рассмотрим теперь назначение каждого из этих регистров:

- ♦ PORTx — регистр данных (используется для вывода информации);
- ♦ DDRx — регистр направления передачи информации;
- ♦ PINx — регистр ввода информации.

Отдельные разряды приведенных выше регистров также имеют свои имена. Разряды регистра PORTx обычно именуются как Px_n. Где «n» — это номер разряда. К примеру, разряды регистра PORTA будут именоваться следующим образом: PA0, PA1, PA2—PA7.

Разряды порта DDRx именуются как DDx_n (для порта A — DDA0, DDA1—DDA7).

Разряды порта PINx именуются как PINx_n (для порта A — PINA0, PINA1—PINA7).

Для других портов буква A заменяется соответственно на B, C, D, E, F, G.

Любой порт ввода-вывода микроконтроллера серии AVR устроен таким образом, что каждый его разряд может работать как на ввод, так и на вывод. То есть он может быть входом, а может быть выходом. Для переключения режимов работы служит регистр DDRx. Каждый разряд регистра DDRx управляет своим разрядом порта. Если в каком-либо разряде регистра DDRx записан ноль, то соответствующий разряд порта работает как вход.

Если же в этом разряде единица, то разряд порта работает как выход. Для того, чтобы выдать информацию на внешний вывод микросхемы, нужно в соответствующий разряд DDRx записать логическую единицу, а затем записать байт данных в регистр PORTx. Содержимое соответствующего бита этого байта тут же появится на внешнем выводе микросхемы и будет присутствовать там постоянно, пока не будет заменено другим, либо пока данная линия порта не переключится на ввод.

Для того, чтобы прочитать информацию с внешнего вывода микроконтроллера, нужно сначала перевести нужный разряд порта в режим ввода. То есть записать в соответствующий разряд регистра DDRx ноль. Только после этого на данный вывод микроконтроллера можно подавать цифровой сигнал от внешнего устройства. Далее микроконтроллер просто читает байт из регистра PINx. Содержимое соответствующего бита прочитанного байта соответствует сигналу на внешнем выводе порта.

Порты ввода-вывода микроконтроллеров AVR имеют еще одну полезную функцию. В режиме ввода информации они могут при необходимости подключать к каждому выводу порта внутренний нагрузочный резистор. Внутренний резистор позволяет значительно расширить воз-

возможности порта. Такой резистор создает вытекающий ток для внешних устройств, подключенных между выводом порта и общим проводом.

Благодаря этому резистору упрощается подключение внешних контактов и кнопок. Обычно контакты требуют внешнего резистора. Теперь без внешнего резистора можно обойтись. Включением и отключением внутренних резисторов управляет регистр PORTx, если порт находится в режиме ввода. Это хорошо видно из табл. 6.2, в которой показаны все режимы работы порта.

Конфигурирование порта ввода-вывода

Таблица 6.2

DDxn	Pxn	Режим	Резистор	Примечание
0	0	Вход	Отключен	Вывод отключен от схемы
0	1	Вход	Подключен	Вывод является источником тока
1	0	Выход	Отключен	На выходе «0»
1	1	Выход	Отключен	На выходе «1»

На рис. 6.8 показана упрощенная схема одного разряда порта ввода-вывода. Эта схема дает представление о работе порта. Схема, изображенная на рисунке, — это лишь универсальная часть схемы вывода порта. На самом деле любой вывод кроме основных функций имеет ряд дополнительных. Поэтому реальная схема сложнее. В каждую такую схему добавлены элементы, реализующие все дополнительные функции.

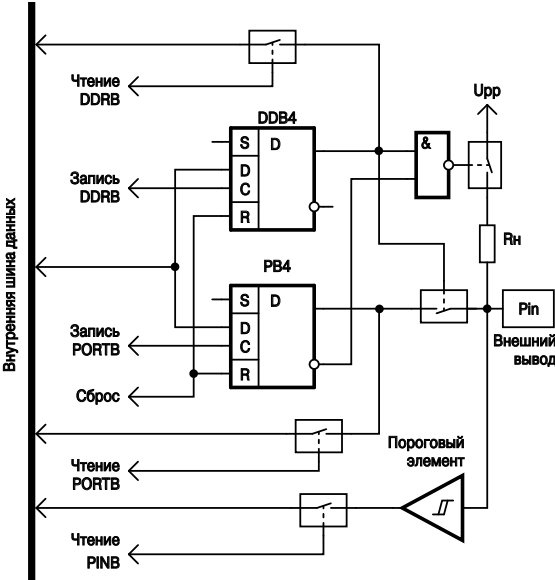


Рис. 6.8. Схема порта ввода-вывода

6.6. СИСТЕМА ПРЕРЫВАНИЙ

6.6.1. Назначение системы прерываний

Важным элементом микроконтроллера является **система прерываний**. Система прерываний присутствует в любом современном микроконтроллере. Она также есть во всех микроконтроллерах AVR. Как уже говорилось, система прерываний микроконтроллера обслуживает несколько источников прерываний. Количество источников прерываний для разных микроконтроллеров различно.

Самое минимальное количество источников прерывания имеет микроконтроллер ATtiny11. Два внутренних источника прерываний (от таймера/счетчика и от встроенного компаратора), одно внешнее прерывание по сигналу на входе INT0 и одно прерывание по изменению сигналов на любом из входов, которое тоже считается внутренним.

К источникам прерываний фирма Atmel относит также начальный сброс микроконтроллера. Вектор начального сброса обычно также включают в таблицу векторов прерываний. Так что получается, что у микроконтроллера ATtiny11 имеется четыре внутренних источника прерываний и один внешний. Другие микросхемы серии AVR имеют более сложные системы прерываний.

Самая развитая на сегодняшний день система прерываний — у микроконтроллера ATmega1281. Этот микроконтроллер способен в общей сложности обслуживать 48 внутренних и 17 внешних источников прерываний. Вообще, источниками прерываний служат все встроенные таймеры, компараторы, АЦП, любой последовательный канал, система управления EEPROM. Конкретное количество прерываний можно узнать из табл. 6.1 (графа «Кол-во прерываний Внут / Внешн»).

6.6.2. Управление системой прерываний

Управление системой прерываний осуществляется при помощи специальных регистров ввода-вывода. Определяющим регистром здесь является **регистр SREG** (регистр состояния системы). Этот регистр предназначен для хранения флагов состояния. Каждый бит регистра — это один из флагов. Седьмой бит регистра состояния называется «флаг I». Это флаг глобального разрешения прерываний. Когда значение этого флага равно нулю, все прерывания в микроконтроллере запрещены.

Для разрешения прерываний нужно установить этот флаг в единицу. Однако чаще всего нам не нужны все виды прерываний одновременно.

Для того, чтобы запретить одни прерывания и разрешить другие, применяются так называемые маскирующие регистры (регистры маски).



Определение.

***Регистр маски** — это обычный регистр ввода-вывода, служащий для управления отдельными источниками прерываний. Каждому биту в регистре маски соответствует один источник. Если бит сброшен в ноль, прерывание этого вида запрещено. Если бит установлен в единичное состояние, прерывание разрешено.*

В микроконтроллерах AVR применяются два регистра маски. Регистр **GIMSK** управляет всеми видами прерываний, кроме прерываний от таймеров. В некоторых микроконтроллерах семейства «Mega» этот регистр называется **GICR**. Для управления прерываниями от таймеров имеется специальный регистр **TIMSK**.

Кроме регистров маски для управления процессом выполнения прерываний существуют еще два регистра. Это **регистры флагов прерываний**. Каждый бит такого регистра — это флаг одного из видов прерываний. При поступлении запроса на прерывание флаг устанавливается в единицу. По состоянию флага программа может судить о наличии запроса.

В определенных режимах после установки флага процедура обработки прерывания вызывается автоматически. Сразу после вызова процедуры соответствующий флаг сбрасывается. Микроконтроллеры AVR имеют два регистра флагов: регистр **GIFR** (обслуживает те же прерывания, что и регистр **GIMSK**) и регистр **TIFR** (флаги прерываний от таймеров).

6.6.3. Алгоритм работы системы прерываний

Общий алгоритм работы системы прерываний следующий. После сброса микроконтроллера все прерывания запрещены (флаги разрешения сброшены). Если программист планирует использовать один из видов прерываний, он должен предусмотреть в своей программе включение этого прерывания.

Для включения прерывания программа должна установить флаг **I** регистра **SREG** в единицу и записать в регистры маски такой код, который разрешит лишь нужные в данный момент прерывания. Разрешив, таким образом, прерывания, программа приступает к выполнению своей главной задачи.

При поступлении запроса на прерывание устанавливается флаг соответствующего прерывания. Флаг устанавливается даже в том случае, если

прерывание запрещено. Если прерывание разрешено, то микроконтроллер приступает к его выполнению. Текущая программа временно приостанавливается, и управление передается на адрес соответствующего вектора прерывания.

В тот же момент флаг I автоматически сбрасывается, запрещая обработку других прерываний. Флаг, соответствующий вызванному прерыванию, также сбрасывается, сигнализируя о том, что микроконтроллер уже приступил к его обработке. Подпрограммы обработки прерывания обязательно должны оканчиваться **командой возврата из прерывания (RETI)**. По этой команде управление передается в ту точку основной программы, в которой прервалась ее работа. Флаг I при этом автоматически устанавливается в единицу, разрешая новые прерывания.

Следует заметить, что без принятия специальных мер невозможны вложенные прерывания. Пока обрабатывается одно прерывание, все остальные прерывания запрещены. Однако ни одно прерывание не остается без обработки. При получении запроса на прерывание соответствующий флаг обязательно будет установлен. В этом состоянии он будет находиться до тех пор, пока данное прерывание не будет обработано.

После окончания обработки очередного прерывания происходит проверка остальных флагов, и если имеется хоть одно необработанное прерывание, микроконтроллер переходит к его обработке. Если необработанных прерываний окажется несколько, то применяется закон приоритетов. Из всех прерываний выбирается то прерывание, приоритет которого выше. Чем меньше адрес вектора прерывания, тем выше его приоритет.

И в заключение, в качестве примера, приведу таблицу векторов прерываний для микроконтроллеров семейства «Tiny» (см. табл. 6.3).

Адреса векторов прерываний микроконтроллеров семейства «Tiny»

Таблица 6.3

Источник	Описание	Tiny11x	Tiny12x	Tiny15L	Tiny28x
INT0	Внешнее прерывание 0	\$001	\$001	\$001	\$001
INT1	Внешнее прерывание 1	–	–	–	\$002
PIN_CANGE	По изменению сигнала на любом из выводов	\$002	\$002	\$002	–
LOW_LEVEL	По низкому уровню на входе порта В	–	–	–	\$003
TIMER1 COMPA	По совпадению показаний таймера/счетчика T1 с содержимым контрольного регистра	–	–	\$003	–
TIMER1 OVF	Переполнение таймера/счетчика T1	–	–	\$004	–
TIMER0 OVF	Переполнение таймера/счетчика T0	\$003	\$003	\$005	\$004
EE_RDY	По готовности EEPROM	–	\$004	\$006	–
ANA_COMP	По сигналу от аналогового компаратора	\$004	\$005	\$007	\$005
ADC	По завершению преобразования в АЦП	–	–	\$008	–

6.7. ТАЙМЕРЫ-СЧЕТЧИКИ

6.7.1. Общие сведения

Любой микроконтроллер серии AVR содержит несколько встроенных таймеров. Причем по своему назначению их можно разделить на две категории. К **первой категории** относятся таймеры общего назначения. **Вторую категорию** составляет сторожевой таймер. Сторожевой таймер предназначен для автоматического перезапуска микроконтроллера в случае «зависания» его программы.



Определение.

Зависание — это заикливание программы в результате ошибки, допущенной программистом, либо в результате действия внешней помехи.

Для каждой микросхемы нужен всего один сторожевой таймер. В любом микроконтроллере AVR такой таймер имеется.

Таймеры общего назначения используются для формирования различных интервалов времени и прямоугольных импульсов заданной частоты. Кроме того, они могут работать в режиме счетчика и подсчитывать тактовые импульсы заданной частоты, измеряя таким образом длительность внешних сигналов, а также при необходимости подсчитывать количество любых внешних импульсов.

По этой причине данные таймеры называют «таймеры/счетчики». В микросхемах AVR применяются как восьмиразрядные, так и шестнадцатиразрядные таймеры/счетчики. Их количество для разных микроконтроллеров изменяется от одного до четырех. Точное количество таймеров/счетчиков для каждой микросхемы серии AVR можно определить из **табл. 6.1** (графа «Таймеры 8/16 бит»). Все таймеры **обозначаются** числами от 0 до 3.



Пример.

Timer/Counter0, Timer/Counter1 и т. д. В русскоязычной литературе их чаще именуют сокращенно T0, T1, T2, T3. Таймеры T0 и T2 в большинстве микроконтроллеров — восьмиразрядные. Таймеры T1 и T3 — шестнадцатиразрядные. Таймер T0 имеется в любой микросхеме AVR. Остальные добавляются по мере усложнения модели.

Каждый восьмиразрядный таймер представляет собой один восьмиразрядный регистр, который для микроконтроллера является регистром ввода-вывода. Этот регистр хранит текущее значение таймера и называется

счетным регистром. Шестнадцатиразрядные таймеры имеют шестнадцатиразрядный **счетный регистр**. Каждый счетный регистр имеет свое имя.

Счетный регистр восьмиразрядного таймера именуется TCNTx, где «x» — это номер таймера. Для таймера T0 регистр называется TCNT0. Для таймера T2 — TCNT2. Шестнадцатиразрядные регистры именуются похожим образом. Отличие в том, что каждый шестнадцатиразрядный счетный регистр для микроконтроллера представляет собой два регистра ввода-вывода.

Один предназначен для хранения старших битов числа, а второй — для хранения младших битов. К имени регистра старших разрядов добавляется буква H, а для регистра младших разрядов добавляется буква L. Таким образом, счетный регистр таймера T1 — это два регистра ввода-вывода: TCNT1H и TCNT1L. Счетный регистр таймера T3 — это два регистра TCNT3H и TCNT3L.

Микроконтроллер может записать в любой счетный регистр любое число в любой момент времени, а также в любой момент прочитать содержимое любого счетного регистра. Когда таймер включается в режим счета, то на его вход начинают поступать счетные импульсы. После прихода каждого такого импульса содержимое счетного регистра увеличивается на единицу. **Счетными импульсами** могут служить как специальные тактовые импульсы, вырабатываемые внутри самого микроконтроллера, так и внешние импульсы, поступающие на специальные входы микросхемы. При переполнении счетного регистра его содержимое обнуляется, и счет начинается сначала.

Любой таймер жестко завязан с системой прерываний. Вызвать прерывание может целый ряд событий, связанных с таймером. Например, существует прерывание по переполнению таймера, по срабатыванию специальной схемы совпадения. Отдельные прерывания может вызывать сторожевой таймер.

6.7.2. Режимы работы таймеров

Таймеры микроконтроллеров семейства AVR могут работать в нескольких режимах. Разные микроконтроллеры имеют разные наборы режимов для своих таймеров. Для выбора режимов работы существуют специальные регистры — регистры управления таймерами. Для простых таймеров используется один регистр управления. Для более сложных — два регистра. Регистры управления таймером называются TCCRx (где «x» — номер таймера). Например, для таймера T0 используется один регистр с именем TCCR0. Для управления таймером T1 используется два регистра: TCCR1A и TCCR1B. При помощи регистров управления про-

изводится не только выбор соответствующего режима, но и более тонкая настройка таймера. Ниже перечислены все основные режимы работы таймера и их описание.

6.7.3. Режим Normal

Это самый простой режим. В этом режиме таймер производит подсчет приходящих на его вход импульсов (от тактового генератора или внешнего устройства) и вызывает прерывание по переполнению. Этот режим является единственным режимом работы для восьмиразрядных таймеров большинства микроконтроллеров семейства «Tiny» и для части микроконтроллеров семейства «Mega». Для всех остальных восьмиразрядных и всех шестнадцатиразрядных таймеров это всего лишь один из возможных режимов.

6.7.4. Режим «Захват» (Capture)

Суть этого режима заключается в сохранении содержимого счетного регистра таймера в определенный момент времени. Запоминание происходит либо по сигналу, поступающему через специальный вход микроконтроллера, либо от сигнала с выхода встроенного компаратора.

Этот режим удобен в том случае, когда нужно измерить длительность какого-либо внешнего процесса. Например, время, за которое напряжение на конденсаторе достигнет определенного значения. В этом случае напряжение с конденсатора подается на один из входов компаратора, а на второй его вход подается опорное напряжение.

Микроконтроллер должен одновременно запустить два этих процесса: подать напряжение на конденсатор; запустить таймер в режиме Capture.

Конденсатор начнет заряжаться, напряжение на нем при этом будет плавно расти. Одновременно счетчик таймера будет отсчитывать тактовые импульсы заданной частоты. В тот момент, когда напряжение на конденсаторе сравняется с опорным напряжением, логический уровень на выходе компаратора изменится на противоположный. По этому сигналу текущее значение счетного регистра запоминается в специальном **регистре захвата**. Имя этого регистра ICRx (для таймера T0 это будет ICR0, для T1 — ICR1 и т. д.). Одновременно вырабатывается запрос на прерывание.

Используя принцип измерения времени зарядки, удобно создавать простые схемы, работающие с различными аналоговыми датчиками

(температуры, давления и т. д.). Если принцип работы датчика состоит в изменении его внутреннего сопротивления, то такой датчик можно включить в цепь зарядки конденсатора. Емкостные датчики можно подключать напрямую.

6.7.5. Режим «Сброс при совпадении» (СТС)

Для работы в режиме СТС используется специальный регистр — **регистр совпадения**. Если микроконтроллер содержит несколько таймеров, то для каждого из них существует свой отдельный регистр совпадения. Причем для восьмиразрядных таймеров регистр совпадения — это один восьмиразрядный регистр. Для шестнадцатиразрядных таймеров регистр совпадения — это два восьмиразрядных регистра.

Регистры сравнения также имеют свои имена. **Например**, регистр совпадения таймера T1 состоит из двух регистров: OCR1L и OCR1H. В ряде микроконтроллеров существуют два регистра совпадения. Так, во всех микроконтроллерах семейства «Tiny» существует два регистра совпадения для таймера T1. Это регистры OCR1A и OCR1B. Два регистра совпадения для таймера T1 имеет и микроконтроллер ATmega8x. Во втором случае как таймер, так и его регистры совпадения имеют шестнадцать разрядов.

Если регистр совпадения шестнадцатиразрядный, то физически он состоит из двух регистров ввода-вывода. **Например**, два регистра совпадения таймера T1 микросхемы ATmega8x представляют собой четыре регистра ввода-вывода с именами OCR1AL, OCR1AH, OCR1BL, OCR1BH.

Как же используются регистры совпадения? Эти регистры включаются в работу только тогда, когда выбран режим СТС. В этом режиме, как и в предыдущем, таймер производит подсчет входных импульсов. Текущее значение таймера из его счетного регистра постоянно сравнивается с содержимым регистров совпадения.

Если таймер имеет два регистра совпадения, то для каждого из этих регистров производится отдельное сравнение. Когда содержимое счетного регистра совпадет с содержимым одного из регистров совпадения, произойдет вызов соответствующего прерывания. Кроме вызова прерывания, в момент совпадения может происходить одно из следующих событий:

- ♦ сброс таймера (верно только для регистров совпадения OCR1 и OCR1A);
- ♦ изменение состояния одного из выводов микроконтроллера (верно для всех регистров).

Произойдет или не произойдет одно или оба события из вышеперечисленных, определяется при настройке таймера.

6.8. ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНАЯ МОДУЛЯЦИЯ

6.8.1. Режим «Быстродействующий ШИМ» (Fast PWM)



Определение.

ШИМ — расшифровывается как Широтно-Импульсная Модуляция. На английском это звучит как «Pulse Width Modulation» (PWM). Сигнал с ШИМ часто используется в устройствах управления.

Сигнал с ШИМ можно, например, использовать для регулировки скорости вращения электродвигателя постоянного тока. Для этого вместо постоянного напряжения на двигатель подается прямоугольное импульсное напряжение. Благодаря инерции двигателя импульсы сглаживаются, и двигатель вращается равномерно. Меняя скважность импульсов (то есть отношение периода импульсов к их длительности), можно изменять среднее напряжение, приложенное к двигателю и, тем самым, менять скорость его вращения.

Точно таким же образом можно управлять и другими устройствами. Например, нагревательными элементами, осветительными приборами и т. п. Преимущество импульсного управления — в высоком КПД. Импульсные управляющие элементы рассеивают гораздо меньше паразитной мощности, чем управляющие элементы, работающие в аналоговом режиме.

Для формирования сигнала ШИМ используются те же самые регистры совпадения, которые работают и в режиме СТС. Формирование сигнала ШИМ может осуществляться несколькими разными способами. Работа таймера в режиме Fast PWM проиллюстрирована на рис. 6.9.

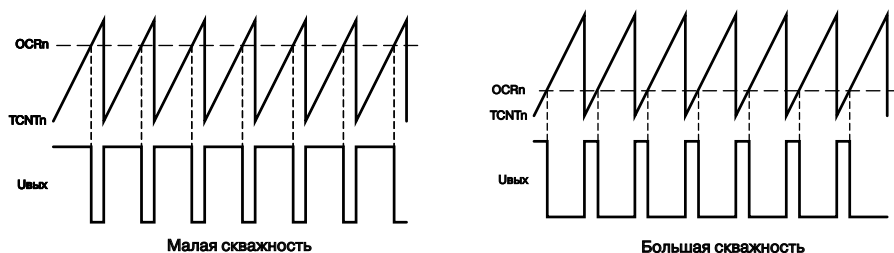


Рис. 6.9. Работа таймера в режиме Fast PWM

Сигнал с ШИМ формируется на специальном выходе микроконтроллера. На вход таймера подаются импульсы от **системного генератора**. Таймер находится в состоянии непрерывного счета. При переполнении таймера его содержимое сбрасывается в ноль, и счет начинается сначала. В режиме ШИМ переполнение таймера не вызывает прерываний. На **рис. 6.9** это показано в виде пилообразной кривой, обозначенной как $TCNTn$. Кривая представляет собой зависимость содержимого счетного регистра от времени.

Содержимое счетного регистра непрерывно сравнивается с содержимым регистра совпадения. Пока число в регистре $OCRn$ больше, чем число в счетном регистре таймера ($TCNTn$), напряжение на выходе ШИМ равно логической единице. Когда же в процессе счета содержимое счетного регистра $TCNTn$ станет больше содержимого $OCRn$, на выходе ШИМ установится нулевой потенциал.

В результате на выходе мы получим прямоугольные импульсы. Скважность этих импульсов будет зависеть от содержимого регистра $OCRn$. Чем меньше число в $OCRn$, тем выше скважность выходных импульсов. На **рис. 6.9** показана скважность импульсов для двух разных значений регистра $OCRn$.

Если содержимое $OCRn$ достигнет своего максимального значения, то импульсы на выходе ШИМ исчезнут, и там постоянно будет присутствовать логическая единица. При уменьшении числа в $OCRn$ появятся импульсы малой скважности (длительность почти равна периоду). Если плавно уменьшать число в $OCRn$, то скважность будет плавно уменьшаться. Когда содержимое $OCRn$ достигнет нуля, импульсы на выходе ШИМ также исчезнут, и там установится логический ноль.

6.8.2. Режим «ШИМ с точной фазой» (Phase Correct PWM)

Описанный в предыдущем разделе режим ШИМ имеет один недостаток. При изменении длительности импульсов меняется и их фаза. Центр каждого импульса как бы сдвигается во времени. При управлении электродвигателем такое поведение фазы нежелательно. Поэтому в микроконтроллерах AVR предусмотрен еще один режим ШИМ. Это ШИМ с точной фазой. Принцип работы таймера в этом режиме изображен на **рис. 6.10**.

Отличие режима «Phase Correct PWM» от режима «Fast PWM» заключается в режиме работы счетчика. Сначала счетчик считает так же, как и в предыдущем режиме (от каждого входного импульса его

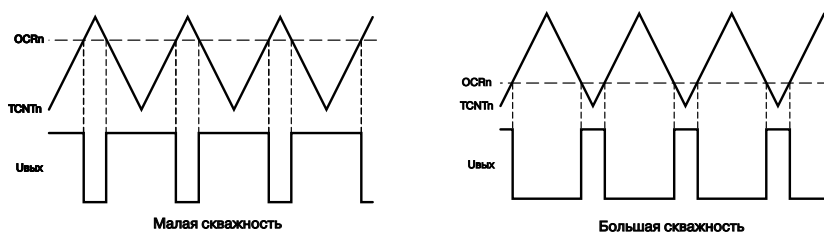


Рис. 6.10. Работа таймера в режиме Phase Correct PWM

значение увеличивается на единицу). Достигнув своего максимального значения, счетчик не сбрасывается в ноль, а переключается в режим реверсивного счета.

Теперь уже от каждого входного импульса его содержимое уменьшается на единицу. В результате пилообразная кривая, отображающая содержимое счетного регистра TCNTn, становится симметричной, как показано на рис. 6.10. Система совпадения работает так же, как и в предыдущем случае.

Благодаря симметричности сигнала на таймере, фаза выходных импульсов в процессе регулировки скважности не изменяется. Середина каждого импульса строго привязана к точке смены направления счета таймера.

Недостатком режима «Phase Correct PWM» можно считать в два раза меньшую частоту выходного сигнала. Это существенно уменьшает динамичность регулирования. Кроме того, при использовании внешних фильтров для преобразования импульсного сигнала ШИМ в аналоговый, схема с более низкой частотой потребует применения комплектующих с большими габаритами и массой.

6.9. АСИНХРОННЫЙ РЕЖИМ

В некоторых моделях микроконтроллеров таймер может работать в асинхронном режиме. В этом режиме на вход таймера подается либо частота от внутреннего кварцевого генератора, либо от внешнего генератора. Счетчик не вырабатывает никаких прерываний и дополнительных сигналов. В этом режиме он работает в качестве часов реального времени. Микроконтроллер может предустанавливать содержимое счетного регистра. А затем в любой момент он может считать это содержимое, получив, таким образом, текущее значение реального времени.

6.10. ПРЕДЕЛИТЕЛИ ТАЙМЕРОВ/СЧЕТЧИКОВ

Как уже говорилось ранее, каждый таймер микроконтроллера может работать от двух разных источников тактовых импульсов. Либо это внешние импульсы, либо импульсы, вырабатываемые внутренней схемой микроконтроллера. Какой бы источник сигналов ни был выбран, перед тем, как попасть на вход таймера, этот сигнал проходит схему предварительного делителя. **Предварительный делитель** предназначен для того, чтобы расширить диапазон формируемых частот и длительностей таймера. Каждая микросхема AVR имеет свою структуру предварительного делителя для таймеров/счетчиков. Упрощенная схема одного из вариантов предварительного делителя приведена на рис. 6.11.

Как видно из схемы, частота внутреннего тактового генератора CLK поступает на **специальный десятиразрядный делитель**. С выходов делителя снимаются сигналы CLK/8, CLK/32, CLK/64, CLK/128, CLK/256 и CLK/1024. Все эти сигналы поступают на входы данных мультиплексора. На адресные входы мультиплексора поступают сигналы от трех разрядов регистра управления таймером (TCCRn).

Таким образом, записывая в разряды CSn0, CSn1, CSn2 различные значения, можно выбирать один из восьми **режимов работы предделителя**. В зависимости от выбранного режима, на выход схемы могут поступать сигнал с одного из выходов десятиразрядного делителя, прямой сигнал с тактового генератора либо нулевой логический уровень (входа D0). В последнем случае сигнал на входе таймера будет отсутствовать, и его работа приостанавливается.

Схема, приведенная на рис. 6.11, не является стандартом для всех микроконтроллеров серии AVR. Она отражает лишь общий принцип построения предделителей. В разных моделях это сделано немного по-разному.

На рис. 6.12 приведена еще одна схема предделителя. Эта схема, в отличие от предыдущей, предусматривает подачу на входы таймеров тактового сигнала от внешнего источника. Для этого количество сигналов, снимаемых с десятиразрядного делителя, уменьшено до четырех. CLK/32 и CLK/128 исключены. Зато в схеме появились цепи, через которые на

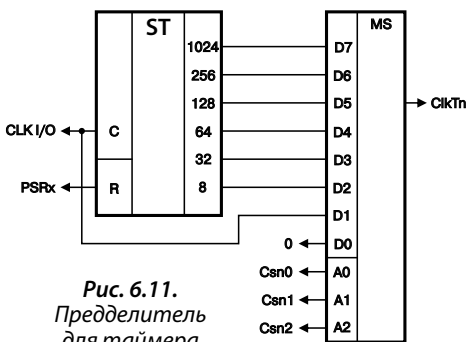


Рис. 6.11.
Предделитель
для таймера

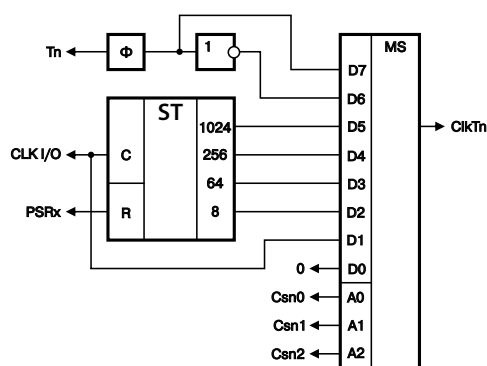


Рис. 6.12. Предделитель с входом для внешнего сигнала

вход таймера может поступать внешние импульсы.

Эти импульсы должны подаваться на вход Tn. С этого входа импульсы поступают на формирователь, который осуществляет их предварительную обработку (приближает их форму к прямоугольной). Затем импульсы поступают на вход D7 дешифратора. На вход D6 поступают те же импульсы, но только в инвертированном виде.

В результате для схемы, показанной на рис. 6.12, мы получаем следующие восемь режимов работы:

- ♦ режим 0 — отсутствие импульсов;
- ♦ режим 1 — прямой сигнал от внутреннего генератора;
- ♦ режимы 2...5 — один из сигналов с делителя;
- ♦ режим 6 — инверсный сигнал с внешнего входа;
- ♦ режим 7 — прямой внешний сигнал.

А теперь рассмотрим другие встроенные периферийные устройства. Начнем с аналогового компаратора.

6.11. ВСТРОЕННЫЕ ПЕРЕФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА

6.11.1. Аналоговый компаратор

Компаратор предназначен для сравнения напряжений на двух специальных внешних входах. Такие входы имеют названия: AIN0 (неинвертирующий); AIN1 (инвертирующий).

Каждый из этих входов совмещен с одной из линий какого-либо порта ввода-вывода. Если напряжение на входе AIN0 больше, чем напряжение на входе AIN1, то на выходе компаратора — логическая единица. В противном случае там логический ноль.

Этот результат сохраняется в одном из разрядов специального регистра ввода-вывода, предназначенного для работы с компаратором. Регистр называется ACSR. А разряд, куда выводится выходной сигнал компаратора, тоже имеет свое название. Он называется ACO. Другой разряд под названием ACD того же регистра отвечает за включение/выключе-

чение компаратора. Еще два разряда **ACIS0** и **ACIS1** определяют способ влияния сигнала с выхода компаратора на последующие схемы. Есть **три варианта**: любое изменение на выходе; изменение с единицы на ноль; изменение с нуля на единицу.

Как видите, отдельные разряды некоторых регистров тоже иногда различаются не по номерам, а по названиям. Это позволяет в разных микроконтроллерах использовать для одной и той же цели разные разряды регистров. В этом случае имя разряда остается прежним. Хотя чаще всего номера разрядов не меняются.

Схема компаратора имеет специальный внутренний источник опорного напряжения, который может быть подключен к неинвертирующему входу компаратора. Подключением внутреннего источника управляет разряд **ACBG** регистра **ACSR**. Кроме того, на инвертирующий вход компаратора можно подать сигнал с любого входа АЦП. Этим переключением управляют остальные разряды регистра **ACSR**. Что такое АЦП и какие АЦП применяются в микроконтроллерах серии AVR, мы рассмотрим в следующем разделе.

6.11.2. Аналого-цифровой преобразователь

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) **предназначен** для преобразования аналогового напряжения в цифровую форму. На вход АЦП поступает обычное аналоговое напряжение. Преобразователь измеряет величину этого напряжения и выдает на выходе цифровой код, соответствующий этой величине.

АЦП применяются в микропроцессорных системах управления, которые должны управлять различными аналоговыми процессами. Например, микропроцессорный стабилизатор напряжения, цифровой вольтметр и т. п.

Встроенный АЦП имеют не все микроконтроллеры AVR. Это и понятно. Ввод аналоговой информации нужен далеко не всегда. В микроконтроллерах AVR применяется десятиразрядное АЦП последовательного приближения. Микросхемы, имеющие в своем составе встроенный АЦП, обязательно имеют раздельное питание для цифровой и для аналоговой частей схемы. Поэтому они имеют два вывода питания и два вывода общего провода.

Кроме того, один из выводов зарезервирован для подачи на микросхему внешнего опорного напряжения. Опорное напряжение используется в схеме АЦП для оценки уровня входного сигнала. От стабильности опорного напряжения зависит точность измерения.

Каждый АЦП снабжен **многоканальным аналоговым коммутатором (мультиплексором)**, который позволяет измерять аналоговое напряжение с нескольких разных входов. Количество входов АЦП у разных микросхем различное. Существуют варианты в 4, 6, 8 и 11 входов. Количество входов аналого-цифрового преобразования для каждой из микросхем серии AVR можно узнать из табл. 6.1 (графа «Число Каналов АЦП»).

Обычно измеряемый сигнал прикладывается между соответствующим входом АЦП и аналоговым общим проводом. Такие входы называются **несимметричными**. В некоторых микроконтроллерах имеется режим, в котором входы АЦП объединяются попарно и образуют **дифференциальные входы**. Дифференциальные входы отличаются от обычных тем, что измеряемый сигнал прикладывается между двумя входами: **прямым и инверсным**. При этом наводимые помехи компенсируются, а полезный сигнал проходит без изменений. Такие входы называются **симметричными**.

Процесс преобразования напряжения в код занимает 13 или 14 тактов. За это время происходит подбор кода методом последовательных приближений. По окончании процесса преобразования вырабатывается запрос на прерывание. Результат преобразования записывается в пару регистров ADCH, ADCL. Из шестнадцати разрядов этой регистровой пары используются только 10. Остальные всегда равны нулю. Причем могут использоваться либо десять старших разрядов (ADCH7—ADCH0, ADCL7, ADCL6), либо десять младших разрядов (ADCH1, ADCH0, ADCL7—ADCL0). Это зависит от выбранного вами режима работы.

АЦП могут работать как в **одиночном режиме**, так и в **непрерывном**. В непрерывном режиме преобразования идут один за другим. В одиночном режиме процесс преобразования запускается однократно от одного из следующих событий:

- ♦ прерывания от аналогового компаратора; внешнего прерывания INT0;
- ♦ прерывания по событию «Совпадение» одного из таймеров;
- ♦ прерывания по переполнению одного из таймеров;
- ♦ прерывания по событию «Захват» одного из таймеров.

Управление всеми режимами работы АЦП производится при помощи двух специальных регистров ADMUX и ADCSR. Регистр ADMUX предназначен для управления входным аналоговым мультиплексором. Регистр ADCSR предназначен для выбора режима работы АЦП.

Процесс преобразования в АЦП синхронизируется от внутреннего генератора микроконтроллера. Тактовый сигнал от генератора поступает

на АЦП через предварительный делитель с программируемым коэффициентом деления. **Коэффициент деления** зависит от значения разрядов ADPS0, ADPS1 и ADPS2 регистра ADCSR и может принимать значения 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128.

Наибольшая точность преобразования достигается тогда, когда тактовая частота преобразования находится в диапазоне 50—200 кГц. Поэтому рекомендуется выбирать такой коэффициент деления, чтобы тактовая частота модуля АЦП находилась в этом диапазоне.

6.11.3. Последовательный канал (UART/USART)

Некоторые микроконтроллеры серии AVR имеют:

- ♦ встроенный универсальный последовательный асинхронный приемопередатчик (UART);
- ♦ универсальный последовательный синхронно/асинхронный приемопередатчик (USART).

Ряд моделей имеют даже сразу два таких канала. Наличие UART для разных микроконтроллеров указано в графе «UART» в табл. 6.1. Каналы UART (USART) **предназначены** для обмена информацией между микроконтроллером и любым внешним устройством. Протокол UART (USART) — это довольно распространенный протокол последовательной передачи информации. Такой протокол, в частности, использует последовательный порт компьютера (COM-порт). При помощи UART (USART) можно организовывать линию связи не только между двумя микроконтроллерами, но и между микроконтроллером и компьютером.

Для обмена информацией UART (USART) использует две линии: **RxD** и **TxD**. Одна линия используется для приема информации, другая — для передачи. В модулях UART посылка может быть восьми- или девятиразрядной. В модуле USART ее длина может составлять от 5 до 9 разрядов. Кроме того, модули могут вырабатывать и контролировать разряд четности.

Скорость передачи определяется специальным внутренним программируемым делителем и частотой тактового генератора микроконтроллера. Коэффициент деления делителя может изменяться от 2 до 65536. Для того, чтобы последовательный канал мог нормально обмениваться информацией с внешними устройствами, необходимо так подобрать коэффициент деления и частоту тактового генератора, чтобы получить одну из стандартных скоростей передачи информации. **Например**, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800 бит в секунду.

6.11.4. Последовательный периферийный интерфейс (SPI)

Это специальный последовательный интерфейс, разработанный для связи микроконтроллеров между собой. Канал SPI использует для передачи информации три линии: линию MISO (Master Input / Slave Output); линию MOSI (Master Output / Slave Input); линию SCK (Тактовый сигнал).

В микроконтроллерах AVR канал SPI может выполнять двоякую функцию. Так, при помощи этого интерфейса можно не только организовать последовательный канал обмена информацией между двумя микроконтроллерами, но и между микроконтроллером и любым периферийным устройством, имеющим SPI-интерфейс.

Существует целый набор подобных устройств: цифровые потенциометры, ЦАП/АЦП, внешние Flash-ПЗУ и др.

В табл. 6.1 в графе SPI приведена информация о наличии канала SPI в разных микроконтроллерах. Здесь имеется в виду полный SPI-канал, способный выполнять все вышеперечисленные функции.

Второе предназначение канала SPI — программирование микроконтроллера. Именно через этот канал осуществляется последовательное программирование памяти программ и внутреннего EEPROM. Такой усеченный канал SPI имеется практически в каждом микроконтроллере AVR. Преимущество программирования через SPI состоит в том, что такой способ позволяет программировать микросхему, не вынимая ее из отлаживаемого устройства. Это так называемое внутрисхемное программирование. Необходимо лишь позаботиться, чтобы другие сигналы на выводах, служащих линиями SPI интерфейса, отключались в момент программирования. Обычно в плате отлаживаемого устройства предусматривают специальный разъем, куда и подключается программатор.

6.11.5. Последовательный двухпроводный интерфейс (TWI)

Этот интерфейс является полным аналогом шины I²C фирмы Philips, получившей широкое распространение в различных системах управления бытовой и промышленной техникой. Интерфейс позволяет объединить вместе до 128 устройств, подключив их к одной двухпроводной шине. Линии шины I²C имеют следующие названия: **линия SCL** (линия тактового сигнала); **линия SDA** (линия передачи данных).

Интерфейс позволяет обмениваться данными между ведущим устройством, которым обычно является микроконтроллер, и любым из внешних устройств, подключенных к двухпроводной линии. При этом ведущее устройство может как передавать данные на ведомое, так и принимать данные из него.

Наличие интерфейса для работы с I²C шиной позволяет применять микроконтроллеры в системах управления телевизоров, радиоприемников и т. п. Специализированные микросхемы для телевизионных приемников, радиоприемников, магнитол с I²C-интерфейсом в настоящее время становятся фактически стандартом. Кроме того, в настоящее время широко применяются контроллеры дисплеев на жидких кристаллах, микросхемы Flash-памяти и другие устройства, управляемые по I²C-шине.

6.12. ЯЧЕЙКИ

6.12.1. Конфигурационные ячейки

Все контроллеры AVR имеют множество режимов работы. Некоторые из режимов невозможно переключить программным путем, используя регистры управления. Например, в большинстве моделей микроконтроллеров в качестве тактового генератора можно применять встроенный параметрический генератор с подстраиваемой частотой. Два освободившихся контакта плюс контакт аппаратного сброса (Reset) можно использовать как дополнительный трехразрядный порт ввода-вывода. Естественно, что перевести в такой режим микросхему нужно еще до включения в схему.

Для подобных целей фирма Atmel ввела в свои микроконтроллеры новый настроечный элемент — **программируемые переключатели режимов**. Эти переключатели выполнены в виде специальных ячеек, которые, по сути, являются еще одним видом перепрограммируемой энергонезависимой памяти. Все конфигурационные ячейки объединяются в байты. Различные микросхемы AVR имеют от одной до трех байтов конфигурационных ячеек.

Каждый конфигурационный переключатель предназначен для того, чтобы изменять какой-либо один параметр или режим работы микроконтроллера. В документации каждый такой переключатель имеет свое определенное имя. Некоторые биты конфигурационных ячеек объединены в группы. Например, группа из четырех битов **CKSEL3—0** позволяет выбирать режимы синхронизации. Разные модели микроконтроллеров имеют различные наборы конфигурационных ячеек. По терминологии фирмы

Atmel, конфигурационные ячейки называются **Fuse Bits**. Поэтому для удобства и краткости эти ячейки часто называют «Фусами», или **Fuse-ячейками**.

Запись и чтение конфигурационных ячеек возможны только при помощи программатора. Все незапрограммированные Fuse-ячейки содержат единицу. При программировании в ячейку записывается ноль. Некоторые ячейки программируются еще на заводе. Состояние всех конфигурационных ячеек для каждой конкретной микросхемы смотрите в документации на эту микросхему.

6.12.2. Ячейки защиты и идентификации

Исторически сложилось так, что даже самые первые модели микроконтроллеров имели программируемые ячейки защиты информации. Микроконтроллеры AVR также имеют такую защиту. Это специальные ячейки, подобные конфигурационным.

Каждый микроконтроллер имеет, как минимум, две защитные ячейки LB1 и LB2. Запись и чтение этих ячеек возможны только в режиме программирования. При записи нуля в LB1 блокируется запись данных во Flash- и EEPROM-память. Одновременно блокируется возможность изменять конфигурационные ячейки.

Если записать ноль еще и в LB2, то блокируется и возможность чтения всех данных. После этого узнать содержимое вашей программы будет невозможно. Для повторного использования микроконтроллера нужно подать команду «Стирание микросхемы». При этом вся информация теряется, а способность чтения и модификации возвращается.

В микроконтроллерах семейства «Mega» имеются дополнительные ячейки защиты BLB02, BLB01, BLB12, BLB11. Они служат для ограничения доступа к различным областям памяти программ.

Еще одна группа ячеек — это **ячейки идентификации**. Любой микроконтроллер имеет три ячейки идентификации. Эти ячейки доступны только для чтения и содержат информацию о производителе и модели микроконтроллера.

6.13. СОЗДАНИЕ УСТРОЙСТВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ

Ознакомившись с принципами построения и работы микропроцессорных систем, следует перейти к практическому применению этих знаний. Можно научиться создавать устройства на микроконтроллерах, писать программы для них. Это целая область знаний. Она выходит по объему за рамки «Практической энциклопедии радиолюбителя».

Для их освоения рекомендую бестселлер, вышедший в 2016 году в нашем издательстве «Наука и Техника», обложку которого вы видите на этой странице. Автор этого бестселлера по микроконтроллерам Белов А.В.

создал главу 6 для Энциклопедии радиолюбителя, которую Вы только что прочитали!

За шесть шагов **новый практический самоучитель** позволит пройти путь от «чайника», изучающего азы цифровой техники, до вполне готового специалиста, умеющего самостоятельно разрабатывать схемы любых устройств на микроконтроллерах и составлять для них программы.

Изучив базовые элементы цифровой логики, читатель осваивает основы микропроцессорной техники, возможности семейства микроконтроллеров AVR, основы схемотехники и конструирования микроэлектронных устройств.

Читатель изучит сразу два языка программирования для микроконтроллеров (язык Ассемблера и язык СИ), учится транслировать, отлаживать программы, прошивать их в память микроконтроллера, самостоятельно разрабатывать собственные микроконтроллерные устройства.

На CD размещены тексты всех программных примеров, рассмотренных в книге. Видеоуроки представляют полный цикл отладки и проверки, включая прошивку программы в микроконтроллер и проверку работы на реальном устройстве. CD содержит также инсталляционные пакеты инструментальных программ: AVR Studio, HP Info Tech, GCC, PonyProg, Khazama AVR Programme, FUSE-калькулятор, а также программу, драйвер и прошивку для программатора USBasp.

Книга предназначена для широкого круга читателей: начинающих специалистов по электронной технике, студентов технических ВУЗов и всех желающих изучить эту область человеческих знаний.



Белов А. В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств. Книга + CD с видеокурсами, листингами, программами, драйверами, справочниками. — СПб.: Наука и Техника, 2016. — 544 с: ил. + CD

ЦВЕТОВАЯ МАРКИРОВКА

7.1. Резисторы

Чтобы запомнить цветную кодировку резисторов и других электронных компонентов, надо обратить внимание на то, что после *черной полосы (0)* и *коричневой полосы (1)* идет *последовательность ЦВЕТОВ РАДУГИ*. Голубой и синий цвета в маркировке не различаются, так как цветовая маркировка резисторов изначально была разработана в англоязычных странах, где эти цвета произносятся одинаково.

Маркировка наносится цветными кольцами. Она определяется в соответствии с требованиями Публикации 62 МЭК (Международной электротехнической комиссии). ПЕРВОЕ КОЛЬЦО расположено ближе к краю или более широкое. Таким образом, маркировочные кольца должны быть сдвинуты к одному из выводов или ширина кольца первого знака должна быть в два раза больше других, что на практике не всегда выдерживается. Читаются маркировочные знаки слева направо.

Резисторы с малой величиной допуска (0,1—10%) маркируются ПЯТЬЮ цветовыми кольцами: первые три кольца — численная величина сопротивления в омах; четвертое кольцо — множитель; пятое кольцо — допуск.

Иногда встречаются резисторы с пятью полосами, но стандартной (5 или 10 %) точностью. В этом случае первые две полосы задают первые знаки номинала, третья — множитель, четвертая — точность, а пятая — температурный коэффициент.

Резисторы с величиной допуска $\pm 20\%$ маркируются ЧЕТЫРЬМЯ цветовыми кольцами: первые три кольца — численная величина сопротивления в омах; четвертое кольцо — множитель.

Незначительный ноль в третьем разряде и величина допуска не маркируются. Поэтому такие резисторы маркируются ТРЕМЯ цветовыми кольцами: первые два кольца — численная величина сопротивления в омах; третье кольцо — множитель.

Иногда применяется ШЕСТЬ полос маркировки. Шестая полоса указывает температурный коэффициент сопротивления (ТКС). Если эта

полоска в 1,5 раза шире остальных, то она указывает надежность резистора, т. е. процент отказов на 1000 часов работы.

Особый случай использования цветовой маркировки резисторов — перемычки нулевого сопротивления. Они обозначаются одной черной (0) полоской по центру.

Мощность резистора определяется ориентировочно по его размерам.




Цветовая маркировка резисторов по ГОСТ 28883-90

Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом			Множитель	Допуск, %	Пример
	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент			
Золотистый				0,1	±5	
Серебристый				0,01	±10	
Черный		0	0	1		
Коричневый	1	1	1	10	±1	
Красный	2	2	2	10 ²	±2	
Оранжевый	3	3	3	10 ³		
Желтый	4	4	4	10 ⁴		
Зеленый	5	5	5	10 ⁵	±0,5	
Голубой	6	6	6	10 ⁶	±0,25	
Фиолетовый	7	7	7	10 ⁷	±0,1	
Серый	8	8	8	10 ⁸	±0,05	
Белый	9	9	9			

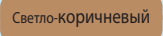
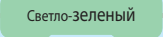
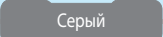
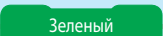
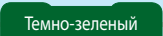
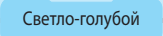

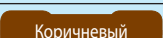
Цветовая маркировка зарубежных резисторов

Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом			Множитель	Допуск, %	ТКС, ppm/°C	Пример
	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент				
Серебристый				0,01	±10		3 кольца
Золотистый				0,1	±5		
Черный		0	0	1	±20		4 кольца
Коричневый	1	1	1	10	±1	100	
Красный	2	2	2	10 ²	±2	50	5 колец
Оранжевый	3	3	3	10 ³		15	
Желтый	4	4	4	10 ⁴		25	6 колец
Зеленый	5	5	5	10 ⁵	±0,5		
Голубой	6	6	6	10 ⁶	±0,25	10	
Фиолетовый	7	7	7	10 ⁷	±0,1	5	
Серый	8	8	8	10 ⁸	±0,05		
Белый	9	9	9	10 ⁹		1	

Цветовая маркировка резисторов фирмы PHILIPS

Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом			Множи- тель	Допуск, %	ТКС, ppm/°C	Пример
	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент				
Серебристый				0,01	±10		 15 кОм ±2%, пленочный стандартный
Золотистый				0,1	±5		
Черный	0	0		1	±20		
Коричневый	1	1	1	10	±1	100	
Красный	2	2	2	10²	±2	50	
Оранжевый	3	3	3	10³		15	
Желтый	4	4	4	10⁴		25	
Зеленый	5	5	5	10⁵	±0,5		
Голубой	6	6	6	10⁶	±0,25		
Фиолетовый	7	7	7	10⁷	±0,1		
Серый	8	8	8	10⁸			 87 кОм ±5%, металлопленочный мощный
Белый	9	9	9				
							 375 кОм ±10%, ТКС 50 ppm/°C, металлопленочный прецизионный

Цветовая маркировка корпусов
постоянных резисторов фирмы PHILIPS

Цвет корпуса	Тип резистора (пример)
 Светло-коричневый	CR16, CR25, CR37, CR52, CR68
 Светло-зеленый	SFR16, SFR25, SFR30
 Серый	NFR25, NFR30
 Зеленый	AC04, AC05, AC07, AC10, AC15, AC20, ACL01, ACL02, ACL03, MR16, MR25, MR30, MR52, MR24E(C), MR34E(C), MR54E(C), MR74E(C)
 Темно-зеленый	MPR24, MPR34
 Светло-голубой	VR25, VR37, VR68
 Красный	PR37, PR52
 Коричневый	WRO167E, WRO842E, WRO825E, WRO865E

Расшифровка типа (класса) резистора:
AC, ACL (Cemented Wirewound Nonisolated) — мощные керамические проволочные.
CR (Carbon Resistor) — углеродистые пленочные.
EH (Power Wirewound Isolated) — мощные, опорные проволочные.
MPR (Metal film precision Resistor) — металлопленочные прецизионные.
MR (Vetal film Resistor) — металлопленочные.
NPR (Fussible) — предохранительные металлопленочные.
PR (Power metal film Resistor) — мощные металлопленочные.
RC (C hip Resistor) — бескорпусные (кристаллы).
SFR (Standart film Resistor) — стандартные пленочные.
VR (High- ohmic Voltage Resistor) — высоковольтные.
WR (Enamelled Wirewound Isolated Resistor) — мощные эмалированные пленочные.

Цветовая маркировка фирмы «Corning Glass Work» (CGW)




Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом		Множитель	Допуск, %	Пример
	1-й элемент	2-й элемент			
Золотистый			0,1	±5	 450 Ом ±0,1%
Серебристый			0,01	±10	
Черный		0	1		
Коричневый	1	1	10	±1	
Красный	2	2	10 ¹	±2	
Оранжевый	3	3	10 ²		
Желтый	4	4	10 ³		
Зеленый	5	5	10 ⁴	±0,5	
Голубой	6	6	10 ⁵	±0,25	
Фиолетовый	7	7	10 ⁶	±0,1	
Серый	8	8	10 ⁷		 91 кОм ±2%
Белый	9	9			
					 Проволочный огнестойкий резистор по военному стандарту, 16 кОм



Примечание.

Широкое кольцо белого цвета слева означает проволочный резистор. Узкое кольцо белого цвета слева означает резистор, выполненный по военному стандарту. Голубое кольцо слева совместно с белым кольцом справа означает огнестойкий резистор.

Цветовая маркировка «Panasonic™»


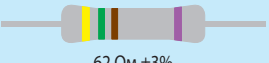
Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом		Множитель	Допуск, %	ТКС	Пример
	1-й элемент	2-й элемент				
Золотистый			0,1	±5		 24 кОм ±0,1%, ТКС 25 ppm/°C
Серебристый			0,01	±10		
Черный		0	1			
Коричневый	1	1	10	±1	100	
Красный	2	2	10 ¹	±2	50	
Оранжевый	3	3	10 ²		15	
Желтый	4	4	10 ³		25	
Зеленый	5	5	10 ⁴	±0,5		
Голубой	6	6	10 ⁵	±0,25		
Фиолетовый	7	7	10 ⁶	±0,1		
Серый	8	8	10 ⁷			 560 Ом ±1%, ТКС 15 ppm/°C
Белый	9	9				
						 560 Ом ±1%, ТКС 15 ppm/°C, огнестойкий



Примечание.

Кольцо черного цвета справа означает огнестойкий резистор, белого цвета — металл-оксидный пленочный резистор, желтого цвета — высококачественный пленочный резистор.

Цветовая маркировка терморезисторов

Цвет полосы (точки)	Номинал, Ом		Множитель	Допуск, %	Пример
	1-й элемент	2-й элемент			
Золотистый			0,1	±5	 150 Ом ±2%  62 Ом ±3%
Серебристый			0,01		
Черный	1	1	1		
Коричневый	2	2	10	±1	
Красный	3	3		±2	
Оранжевый	4	4		±3	
Желтый	5	5			
Зеленый	6	6			
Голубой	7	7			
Фиолетовый	8	8			
Серый	9	9			
Белый		0			

7.2. Конденсаторы

Цветовая маркировка конденсаторов, содержащая сокращенное обозначение параметров, может содержать полосы, кольца или точки.

Маркируемые параметры: номинальная емкость; множитель; допускаемое отклонение напряжения; температурный коэффициент емкости (ТКЕ) и (или) номинальное напряжение.

Три метки информируют о допуске 20%. При этом возможно сочетание двух колец и точки, указывающей на множитель. **При пяти метках** цвет корпуса указывает на значение рабочего напряжения.

Цветовая маркировка шестью метками применяется для прецизионных конденсаторов с малым ТКЕ.

В зарубежных конденсаторах используется маркировка **по допуску и температурному коэффициенту**.

Обозначение группы ТКЕ приведено в соответствии со стандартом EIA, в скобках — IEC. В зависимости от технологий, которыми обладает фирма, диапазон температуры может быть другим. Например, фирма PHILIPS для группы Y5P нормирует −55...+125 °C. Буквенный код указан в таблице соответствия с EIA.

Возможные варианты цветовой маркировки конденсаторов

Полосы, кольца, точки (метки)	Расположение данных по меткам					
	1	2	3	4	5	6
Три метки*	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	–	–	–
Четыре метки	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Допуск	–	–
Четыре метки	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Напряжение	–	–
Четыре метки	Две цифры	Множитель	Допуск	Напряжение	–	–
Пять меток	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Допуск	Напряжение	–
Пять меток**	Первая цифра	Вторая цифра	Множитель	Допуск	ТКЕ	–
Шесть меток	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	Множитель	Допуск	ТКЕ

* Допуск 20%. Возможно сочетание двух колец и точки, указывающей на множитель.

** Цвет корпуса указывает на значение рабочего напряжения.

Цветовая маркировка конденсаторов (общая таблица)

Цвет полосы (точки)	Номинал, пФ			Множитель	Допуск, %	ТКЕ	
	1-й элемент	2-й элемент	3-й элемент			*	**
Золотистый				0,01	±5		
Серебристый				0,1	±10		
Черный		0	0	1	±20	NPO	H10
Коричневый	1	1	1	10	±1	M33	
Красный	2	2	2	10²	±2	M75	H20
Оранжевый	3	3	3	10³		M150	
Желтый	4	4	4	10⁴		M220	
Зеленый	5	5	5	10⁵	±0,5	M330	H30
Голубой	6	6	6	10⁶	±0,25	M470	H50
Фиолетовый	7	7	7	10⁷	±0,1	M750	H70
Серый	8	8	8	10⁸	±0,05	Y5R	
Белый	9	9	9	10⁹		SLO	H90
Пример							

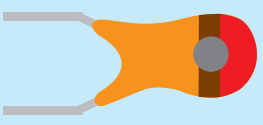
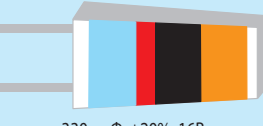
* — Цветовая маркировка ТКЕ конденсаторов с линейной зависимостью от температуры.

** — Цветовая маркировка ненормированного ТКЕ конденсаторов.

Цветовая маркировка конденсаторов с указанием рабочего напряжения

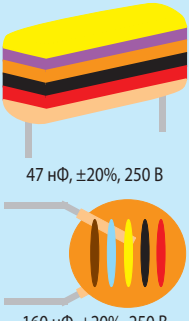
Цвет полосы (точки)	Номинал, пФ		Множи- тель	Допуск, %	Напря- жение, В	ТКЕ
	1-й элемент	2-й элемент				
Золотистый				±5	1,0	
Серебристый				±10	2,5	
Черный		0	1	±20	4,0	NPO
Коричневый	1	1	10	±1	6,3	M33
Красный	2	2	10 ²	±2	10,0	M75
Оранжевый	3	3	10 ³		16,0	M150
Желтый	4	4	10 ⁴			M220
Зеленый	5	5	10 ⁵		25,0	M330
Голубой	6	6			30,0	M470
Фиолетовый	7	7				M750
Серый	8	8			3,2	Y5R
Белый	9	9			3,0	SLO
Салатный					20,0	
Синий					32,0	
Розовый					35,0	

Цветовая маркировка электролитических конденсаторов четырьмя метками

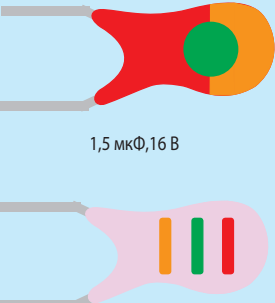
Цвет полосы (точки)	Номинал, мкФ	Множитель	Допуск, %	Напряжение, В	Пример
Золотистый	8,2			1,6	 <p>18 мкФ, 10 В, -20...+50%</p>  <p>330 мкФ, ±20%, 16В</p>
Серебристый	6,8			2,5	
Черный	1,0	1	±20	4	
Коричневый	1,2	10		6,3	
Красный	1,5	10 ²		10	
Оранжевый	1,8	10 ³		16	
Желтый	2,2	10 ⁴		40	
Зеленый	2,7	10 ⁵		20/25*	
Голубой	3,3	10 ⁶		30/32*	
Фиолетовый	3,9	10 ⁷	-20...+50		
Серый	4,7	10 ⁸	-20...+50	3,2	
Белый	5,6	10 ⁹	±10	63	

* — старое/новое обозначение.

Цветовая маркировка высоковольтных конденсаторов

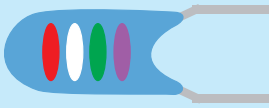
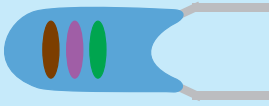
Цвет полосы (точки)	Номинал, пФ		Множитель	Допуск, %	Напряжение, В	Пример
	1-й элемент	2-й элемент				
Золотистый						 <p>47 нФ, ±20%, 250 В</p> <p>160 нФ, ±20%, 250 В</p>
Серебристый						
Черный		0		±20		
Коричневый	1	1	10			
Красный	2	2	10 ²		250	
Оранжевый	3	3	10 ³			
Желтый	4	4	10 ⁴		400	
Зеленый	5	5	10 ⁵			
Голубой	6	6				
Фиолетовый	7	7				
Серый	8	8				
Белый	9	9		±10		

Цветовая маркировка электролитических конденсаторов тремя метками


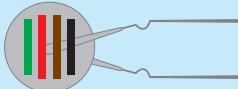
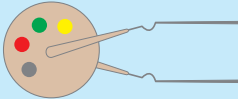
Цвет полосы (точки)	Номинал, пФ	Множитель	Напряжение, В	Пример
Золотистый	82		1,6	 <p>1,5 мкФ, 16 В</p> <p>1,8 мкФ, 10 В</p>
Серебристый	68		2,5	
Черный	10	1	4	
Коричневый	12	10	6,3	
Красный	15	10 ²	10	
Оранжевый	18	10 ³	16	
Желтый	22	10 ⁴	40	
Зеленый	27	10 ⁵	20/25*	
Голубой	33	10 ⁶	30/32*	
Фиолетовый	39	10 ⁷		
Серый	47	0,01	3,2	
Белый	56	0,1	63	

* — старое/новое обозначение.

Электролитические танталовые конденсаторы

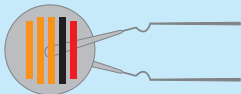

Цвет полосы (точки)	Напряжение, В	Номинал, пФ	Множитель	Допуск, %	Пример
Золотистый	1,6	82			 <p>5,6 мкФ, -20...+50%, 10 В</p>  <p>3,9 мкФ, 6,3 В</p>
Серебристый	2,5	68			
Черный	4	10	1	±20	
Коричневый	6,3	12	10		
Красный	10	15	10 ²		
Оранжевый	16	18	10 ³		
Желтый	40	22	10 ⁴		
Зеленый	20/25*	27	10 ⁵		
Голубой	30/32*	33	10 ⁶		
Фиолетовый		39	10 ⁷	-20...+50	
Серый	3,2	47	0,01	-20...+80	
Белый	63	56	0,1	±10	

Постоянные конденсаторы

Цвет полосы (точки)	Номинал (1 и 2 цифры), пФ	Множитель	Допуск	Напряжение, В	Пример
Черный	10	1	20%	4	 <p>470 пФ, ±1%, 63 В</p>  <p>2700 пФ, ±1%, 4 В</p>  <p>4,7 нФ, ±5%, 40 В</p>
Коричневый	12	10	1%	6,3	
Красный	15	10 ²	2%	10	
Оранжевый	18	10 ³	0,25 пФ	16	
Желтый	22		0,5 пФ	40	
Зеленый	27	10 ⁵	5%	20/25*	
Голубой	33	10 ⁶	1%	30/32*	
Фиолетовый	39	10 ⁷	-20%...+50%		
Серый	47	0,01	-20%...+80%	3,2	
Белый	56	0,1	10%	63	
Серебристый	68			2,5	
Золотистый	82		5%	1,6	

* — старое/новое обозначение.

Пленочные конденсаторы

Номинальная емкость, мкФ				Допуск, % (4-я полоса)	Напряжение, В (5-я полоса)				
Значение	1-я полоса	2-я полоса	3-я полоса						
0,01				±10%	±20%	250 В	400 В		
0,015									
0,02									
0,03									
0,04									
0,06									
0,1									
0,15									
0,22									
0,33									
0,47									
0,68									
1,0									
1,5									
2,2									
3,3									
4,7									
6,8									
Пример									
	0,3 мкФ, ±20%, 250 В			0,1 мкФ, ±10%, 400 В					




Конденсаторы с ненормируемым ТКЕ

Группа ТКЕ по ГОСТ	Код	Старая маркировка		Новая маркировка (точка или штрих)	Допуск в % при T = -60...+85°C
		покрытие корпуса	маркиров. точка		
Н10	В	оранжевый	черный	оранжевый	±10
				черный	
Н20	Z	оранжевый	красный	оранжевый	±20
				красный	
Н30	D	оранжевый	зеленый	оранжевый	±30
				зеленый	
Н50	X	оранжевый	синий	оранжевый	±50
				голубой	
Н70	E	оранжевый	оранжевый	оранжевый	±70
				фиолетовый	
Н90	F	оранжевый	белый	оранжевый	±90
				белый	

Цветовое и буквенное обозначение групп конденсаторов с нелинейной зависимостью

Группа ТКЕ по EIA (IEC)	Код	Цвет корпуса	Допуск, %	Температура, °C
Y5P		серебристый	±10	±10
Y5R	R	серый	±15	±20
Y5S	S	коричневый	±22	±30
X5U		синий	+22...-56	±50
Z5V	F	зеленый	-22...+82	±70
SLO (GP)	NIL	белый	+150...-1500	±90

Цветовое и буквенное обозначение значений ТКЕ конденсаторов с линейной зависимостью от температуры

Группа ТКЕ по ГОСТ	Группа ТКЕ (EIA)	Код	Старая маркировка		Новая маркировка (точка или штрих)	ТКЕ
			покрытие корпуса	маркиров. точка		
П120			синий	черный	–	120
П100	P100	A	синий	–	красный фиолетовый	100
П60		G	серый	красный	–	60
П33		N	серый	–	–	33
МПО	NPO	C	голубой	черный	черный	0
M33	N030	H	голубой	коричневый	коричневый	–33
M47		M	голубой	голубой	голубой красный	–47
M75	N080	L	голубой	красный	красный	–75
M150	N150	P	красный	оранжевый	оранжевый	–150
M220	N220	R	красный	желтый	желтый	–220
M330	N330	S	красный	зеленый	зеленый	–330
M470	N470	T	красный	синий	голубой	–470
M750 (M700)	N750	U	красный	–	фиолетовый	–750
M1500 (M3000)	N1500	V	зеленый	–	оранжевый оранжевый	–1500
M2200	N2200	K	зеленый	желтый	желтый оранжевый	–2200
M3300		Y	зеленый	зеленый	без точки	–3300
Пример						
		<div> 91 пФ, П100</div> <div> 3300 пФ, M750</div> <div> 22 нФ, M1500</div>				

Триммеры с пленочным диэлектриком (серия 808)

Цвет полосы (точки)	Диапазон изменения емкости (пФ) при диаметре корпуса		
	5 мм	7,5 мм	10 мм
Серый	1,5—5,0	1,4—5,5	5,5—40
Желтый	3,0—10	2,0—10	5,5—65
Голубой	3,0—15	2,0—15	
Зеленый	4,0—20	2,0—22	
Красный	4,0—27	2,0—27	6,0—80
Коричневый		3,0—33	
Фиолетовый		3,0—40	7,0—105
Черный		3,0—50	

Триммеры с керамическим диэлектриком (серия СТС)

Цвет полосы (точки)	Диапазон значений емкости, пФ	
	СТС-038	СТС-05
Без цвета	1,2—3,8	1,0—3,0
Красный	1,4—60	2,0—5,0
Голубой	2,8—20	4,8—20
Желтый	4,0—30	5,5—30
Коричневый		6,8—40
Зеленый		9,0—50
Черный		14—70

7.3. Катушки индуктивности

В соответствии с Публикациями ИЕС 62 для индуктивностей кодируется:




- ♦ номинальное значение индуктивности;
- ♦ допуск, т. е. допускаемое отклонение от указанного номинала.

Наиболее часто применяется кодировка 4 или 3 цветными кольцами или точками.

ПЕРВЫЕ ДВЕ МЕТКИ указывают на значение номинальной индуктивности в микрогенри (мкГн, μH), ТРЕТЬЯ МЕТКА — множитель, ЧЕТВЕРТАЯ МЕТКА — допуск.

В случае *кодирования тремя метками* подразумевается допуск 20%.

Цветовая маркировка индуктивностей

Цвет полосы (точки)	Номинал, мкГн		Множитель	Допуск	Пример
	1-й элемент	2-й элемент			
Золотистый			0,01	±5 %	 <p>3,7 мкГн ±20%</p>  <p>25 мкГн ±5%</p>  <p>1-й элемент 2-й элемент</p> <p>Допуск Множитель</p> <p>32 мкГн ±5%</p>
Серебристый			0,1	±10 %	
Черный		0	1	±20 %	
Коричневый	1	1	10		
Красный	2	2	10 ²		
Оранжевый	3	3	10 ³		
Желтый	4	4			
Зеленый	5	5			
Голубой	6	6			
Фиолетовый	7	7			
Серый	8	8			
Белый	9	9			

Цветовая маркировка и характеристики контуров радиоприемных устройств

Цвет маркировки	Назначение контурных катушек	Номера выводов обмоток	Число витков	Емкость встроенного конденсатора, пФ	Примечание
Белый	Детектор ПЧ-АМ 455...460 кГц	1-2-3	50+50	410	
Желтый	Фильтр ПЧ-АМ 455...460 кГц	1-2-3 4-6	100+50 9	190	
Зеленый	Дискриминатор ПЧ-ЧМ 10,7 МГц	1-3	11	90	Применяются с различными микросхемами
Красный	Контур гетеродина АМ СВ-ДВ	1-3 4-6,2-3	80...100 8...12	число витков обмоток контурной катушки и катушки связи 10:1—8:1	Число витков зависит от емкости КПЕ
Оранжевый	Фильтр ПЧ-ЧМ 10,7 МГц	1-3 4-6	12 2	75	Если исп. вместо синего и зеленого, катушка связи 4-6 не подключена к плате
Розовый	Дискриминатор ПЧ-ЧМ 10,7 МГц	1-3	7	190	Применяются с различными микросхемами
Синий	Дискриминатор ПЧ-ЧМ 10,7 МГц	1-3	11	90	Применяются с различными микросхемами
Сиреневый	Фильтр ПЧ-ЧМ 10,7 МГц	1-3 4-6	11 2	90	

7.4. Дроссели

Цветовая маркировка дросселей практически совпадает с цветовой маркировкой индуктивностей.

Структура маркировки дросселей: ПЕРВЫЕ ДВЕ МЕТКИ указывают на значение номинальной индуктивности в микрогенри (мкГн, μH); ТРЕТЬЯ МЕТКА — множитель; ЧЕТВЕРТАЯ МЕТКА — допуск.

Наиболее часто применяется кодировка 4 или 3 цветными кольцами или точками. В случае *кодирования тремя метками* подразумевается допуск 20%.

Цветовая маркировка дросселей

Цвет полосы (точки)	Номинал, мкГн		Множитель	Допуск	Пример
	1-й элемент	2-й элемент			
Золотистый			0,01	$\pm 5\%$	
Серебристый			0,1	$\pm 10\%$	
Черный		0	1	$\pm 20\%$	
Коричневый	1	1	10		
Красный	2	2	10^2		
Оранжевый	3	3	10^3		
Желтый	4	4			
Зеленый	5	5			
Голубой	6	6			
Фиолетовый	7	7			
Серый	8	8			
Белый	9	9			

7.5. Диоды, стабилитроны, варикапы

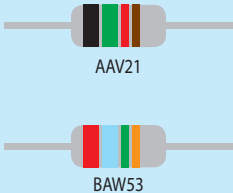
Цветовая маркировка по европейской системе PRO ELECTRON

В Европе для маркировки полупроводниковых диодов, кроме системы JEDEC, широко распространена система ассоциации **Association International Pro-Electron**. Основой обозначения по этой системе являются ПЯТЬ ЗНАКОВ.

Диоды для специальной или промышленной аппаратуры обозначают ТРЕМЯ БУКВАМИ, за которыми следует порядковый номер разработки, состоящий из ДВУХ ЦИФР.

Диоды для бытовой аппаратуры обозначают из ДВУХ БУКВ, за которыми следует серийный номер из ТРЕХ ЦИФР.

В обоих случаях техническое значение имеют только первые две буквы, а остальные указывают порядковый номер или особое обозначение прибора.


Цвет полосы (точки)	Элемент				Пример
	1-й	2-й	3-й	4-й	
Золотистый					
Серебристый					
Черный	AA	X		0	
Коричневый			1	1	
Красный	BA	S	2	2	
Оранжевый			3	3	
Желтый		T	4	4	
Зеленый		V	5	5	
Голубой		W	6	6	
Фиолетовый			7	7	
Серый		Y	8	8	
Белый		Z	9	9	

Цветовая маркировка диодов и стабилитронов по системе JEDEC (США)

- В цветовой маркировке по системе JEDEC:
- ♦ первая цифра 1 и вторая буква N не маркируются;
 - ♦ номера из двух цифр обозначаются одной черной полосой и двумя цветными, дополнительная четвертая полоса обозначает букву;
 - ♦ номера из трех цифр обозначаются тремя цветными полосами, дополнительная четвертая полоса обозначает букву;
 - ♦ номера из четырех цифр обозначаются четырьмя цветными полосами и пятой черной или цветной полосой, обозначающей букву;
 - ♦ цветные полосы находятся ближе к катоду или первая полоса от катода — широкая;
 - ♦ тип диода читается от катода.

Цвет полосы (точки)	Элемент					Пример
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	
Золотистый						 1N64  1N345A  1N1572C
Серебристый						
Черный	0	0	0	0	–	
Коричневый	1	1	1	1	A	
Красный	2	2	2	2	B	
Оранжевый	3	3	3	3	C	
Желтый	4	4	4	4	D	
Зеленый	5	5	5	5	E	
Голубой	6	6	6	6	F	
Фиолетовый	7	7	7	7	G	
Серый	8	8	8	8	H	
Белый	9	9	9	9	I	

Цветовая маркировка по системе JIS-C-7012 (Япония)

Цвет полосы (точки)	Номинал, В		Пример
	1-й элемент	2-й элемент	
Черный	0		 50 В  4,7 В  24 В  3,3 В
Коричневый	1	1	
Красный	2	2	
Оранжевый	3	3	
Желтый	4	4	
Зеленый	5	5	
Голубой	6	6	
Фиолетовый	7	7	
Серый	8	8	
Белый	9	9	



Примечание.

Второй двойной элемент указывает на запятую между цифрами.

Цветовая маркировка стабилитронов фирмы PHILIPS (корпус SOD-61)

Для маркировки стабилитронов в миниатюрных корпусах SOD-61 (SOD-80) фирмой PHILIPS применена собственная маркировка. Цветовая маркировка наносится на катодном выводе диода.

Цвет полосы (точки)	Маркировка		Пример
	Типономинал (первая полоса)	Напряжение стабилизации, В (вторая полоса)	
Черный	BY84xx	4,0	 BY8410 BY8008 BY8106
Зеленый		6,0	
Красный		8,0	
Фиолетовый	BY80xx	10	
Оранжевый	BY81xx	12	
Сиреневый		14	
Серый		16	
Коричневый		18	
Синий		20	

Цветовая маркировка отечественных диодов

Далее приводятся таблицы определения типономинала радиоэлементов по нанесенной цветовой маркировке. Таблицы для удобства отсортированы по типу маркировки со стороны анодного выхода. Для улучшения определения цвета маркировки в соседнем столбце обозначен цвет в текстовом виде.

Маркировочные полосы (кольца, метки) могут располагаться как со стороны анода, так и со стороны катода. Если маркировочных полос несколько, то следует обратить внимание на их толщину и на метки, определяющие полярность выводов.

При совпадении цвета и типа маркировочных меток у различных типономиналов следует обратить внимание на цвет корпуса.

Условные обозначения:

























- — точка (метка);
- █ — узкое кольцо;
- ▬▬ — два (или более) узких кольца;
- — широкое кольцо;
- █▬ — узкое и широкое кольца;
- ▬● — широкое кольцо и точка.

Номинал		Корпус	Метка на корпусе		Маркировка			
					со стороны анода		со стороны катода	
			тип	цвет	тип	цвет	тип	цвет
Д219	А	Металло-стеклянный с гибкими выводами	●	Красный	█	Зеленый		
Д220	А		●	Желтый	▬▬	Черный		
	Б		●	Желтый	█	Зеленый		
Д9	Б	Стеклянный (КД-4) с гибкими выводами			▬	Красный		




























































Номинал		Корпус	Метка на корпусе		Маркировка			
					со стороны анода		со стороны катода	
			тип	цвет	тип	цвет	тип	цвет
КД105	А	Прямоугольный черный, каплевидный зеленый	● или ●	Белый (желтый)	■ или ■	Белый (желтый)		
КД105	Б	Прямоугольный черный, каплевидный зеленый	—	—	■ или ■	Белый (желтый)		
	В		●	Зеленый	■ или ■	Белый (желтый)		
	Г		●	Красный	■ или ■	Белый (желтый)		
КД209	Б	Прямоугольный темный (КД-4) с гибкими выводами	●	Зеленый	■	Красный		
	В		●	Красный	■	Красный		
	Г		●	Белый	■	Красный		
КД226	А	Пластмассовый с гибкими выводами			■	Оранжевый		
	Б				■	Красный		
	В				■	Зеленый		
	Г				■	Желтый		
	Е				■	Белый		
КД243	А	Пластмассовый (КД-4А) с гибкими выводами			■	Фиолетовый		
	Б				■	Оранжевый		
КД243	В	Пластмассовый (КД-4А) с гибкими выводами			■	Красный		
	Г				■	Зеленый		
	Д				■	Желтый		
	Е				■	Белый		
	Ж				■	Голубой		
КД509	А	Стекланный (КД-2) с гибкими выводами			■	Синий	■	Синий
Д9	В	Стекланный (КД-4) с гибкими выводами			■ или ■	Оранжевый (или красный) + оранжевый		
	Г				■ или ■	Желтый (красный) + желтый		
	Д				■ или ■	Белый (красный) + белый		
	Е				■ или ■	Голубой (красный) + голубой		
	Ж				■ или ■	Зеленый (красный) + зеленый		
	И				■	Желтый		
	К				■	Белый		
	Л				■	Зеленый		
	М				■	Голубой		
КД247	А	Пластмассовый с гибкими выводами			■	Оранжевый		
	Б				■	Красный		
	В				■	Зеленый		
КД247	Г	Пластмассовый с гибкими выводами			■	Желтый		
	Д				■	Белый		
	Е				■	Фиолетовый		
	Ж				■	Голубой		
2Д509	А	Стекланный (КД-2) с гибкими выводами			■ ●	Синий	■	Синий
2Д510	А				■ ●	Зеленый	■	Зеленый
2Д522	Б				■	Черный	●	Черный
КД522	В	Стекланный (КД-2) с гибкими выводами			■ ●	Черный		
	А				■	Черный		
КД521	А	Стекланный (КД-2) с гибкими выводами			■ ■	Синий		
	Б				■ ■	Серый		
	В				■ ■	Желтый		

Номинал		Корпус	Метка на корпусе		Маркировка			
					со стороны анода		со стороны катода	
			тип	цвет	тип	цвет	тип	цвет
КД521	Г	Стекланный (КД-2) с гибкими выводами			■ ■ ■	Белый		
КД522	Б				■ ■ ■	Черный		
2Д102	А	Каплевидный пластмассовый (КД-30) зеленый			●	Желтый		
	Б				●	Оранжевый		
2Д103	А	Каплевидный пластмассовый (КД-30) черный			●	Белый		
2Д104	А	Каплевидный пластмассовый (КД-30)			●	Красный		
2Д237	А	Пластмассовый светлый (КД-14)			●	Цветная		
2Д254	А	Круглый пластмассовый с жесткими выводами			●	Красный		
	Б				●	Синий		
	В				●	Желтый		
	Г				●	Зеленый		
ГД107	А	Стекланный (КД-4-1) с гибкими выводами			●	Черный		
	Б				●	Серый		
Д10	А	Металло-стекланный с гибкими выводами	●	Оранжевый	●	Черный		
	Б		●	Желтый	●	Черный		
КД102	А	Каплевидный пластмассовый (КД-30) зеленый			●	Зеленый		
	Б				●	Синий		
КД103	А	Каплевидный пластмассовый (КД-30) черный			●	Синий		
	Б				●	Желтый		
КД104	А	Каплевидный пластмассовый (КД-30)			●	Белый		
КД109	А	Цилиндрический пластмассовый с гибкими выводами			●	Белый		
	Б				●	Желтый		
	В				●	Зеленый		
КД209	Б	Каплевидный пластмассовый (КД-29Д) зеленый			●	Белый		
	В				●	Черный		
	Г				●	Светло-зеленый		
КД221	А	Цилиндрический темный, каплевидный оранжевый	—	—	●	Голубой		
	Б		●	Цветная	●	Белый		
	В		●	Цветная	●	Черный		
	Г		●	Цветная	●	Зеленый		
	Д		●	Цветная	●	Бежевый		
	Е		●	Цветная	●	Желтый		
КД409	А	Цилиндрический пластмассовый коричневый			●	Белый		
КД410	А				●	Красный		
	Б				●	Синий		
КД519	А	Стекланный (КД-4-1) с гибкими выводами			●	Белый		
	Б				●	Желтый		
КД208	А	Каплевидный оранжевый, пластмассовый коричневый			● или ■	Черный (зеленый, желтый)		
2Д237	Б	Пластмассовый светлый (КД-14)			● ●	Цветная		
ГД511	А	Стекланный (КД-2) с гибкими выводами			● ●	Голубой + голубой		
	Б				● ●	Голубой + желтый		
	В				● ●	Голубой + оранжев.		
2Д235	А	Стекланный (КД-4) с гибкими выводами					■	Белый
	Б						■	Красный
КД510	А	Стекланный (КД-2) с гибкими выводами					■ ■	Зеленый
	Б						■ ■	Зеленый

Цветовая маркировка диодных сборок

Номинал		Метка на корпусе		Метка со стороны анода	Метка со стороны катода	
		тип	цвет		тип	цвет
КД906	А	 (выв. 4)	Белый	–		
КД906	Б	 (выв. 4)	Белый	–		
КД906	В	 (выв. 4)	Белый	–		
КД906	Г	 (выв. 4)	Белый	–		
2Д906	А	 (выв. 4)	Белый	–		Красный
2Д906	Б	 (выв. 4)	Белый	–		Красный
2Д906	В	 (выв. 4)	Белый	–	 	Красный
КДС111	А	 (выв. 4)	Белый	–		Красный
КДС111	Б	 (выв. 4)	Белый	–		Зеленый
КДС111	В	 (выв. 4)	Белый	–		Желтый
КЦ422	А		Черный	–	–	–
КЦ422	Б		Черный	–		Белый
КЦ422	В		Черный	–		Черный
КЦ422	Г		Черный	–		Зеленый

Цветовая маркировка стабилитронов и стабилитронов

Номинал		Маркировка					
		со стороны анода			со стороны катода (–)		
		метка на торце	тип	цвет	метка на торце	тип	цвет
2С524	А			Белый			Оранжевый
КС133	А			Белый			Белый
КС139	А			Белый			Зеленый
КС147	А			Белый			Серый
КС156	А			Белый			Оранжевый
КС168	А			Белый			Красный
КС508	Б			Белый	 – черный		Желтый
КС508	Г			Белый	 – черный		Голубой
КС508	Д			Белый	 – черный		Зеленый
2С527	А			Голубой			Желтый
2С530	А			Голубой			Белый
2С536	А1			Голубой			Серый
КС201	В			Голубой			Красный
2С113	В			Желтый			Голубой
2С119	А1			Желтый			Зеленый
2С482	А1			Желтый			Красный
КС119	А1			Желтый			Красный
КС175	Ц			Желтый			Черный
КС182	Ц			Желтый			Красный
КС191	Ц			Желтый			Голубой
КС210	Ц			Желтый			Зеленый
КС211	Ц			Желтый			Серый
КС212	Ц			Желтый			Оранжевый
КС215	Ж			Желтый			Белый
КС216	Ж			Желтый			Желтый
КС218	Ж			Желтый			Голубой
КС220	Ж			Желтый			Зеленый
КС222	Ж			Желтый			Синий
КС224	Ж			Желтый			Оранжевый

Номинал		Маркировка					
		со стороны анода			со стороны катода (-)		
		метка на торце	тип	цвет	метка на торце	тип	цвет
KC405	A			Желтый			Красный
KC411	A			Желтый			Белый
KC411	B			Желтый			Синий
KC433	A1			Желтый			Серый
KC516	B			Желтый			Черный
КГ401	Б			Зеленый			Голубой
KC508	A			Зеленый			Оранжевый
KC508	B			Зеленый			Красный
KC510	A1			Зеленый			Оранжевый
KC512	A1			Зеленый			Желтый
KC515	A1			Зеленый			Белый
KC516	A			Зеленый			Черный
KC518	A1			Зеленый			Голубой
KC522	A1			Зеленый			Серый
KC527	A1			Зеленый			Черный
KC201	Г			Красный			Зеленый
KC447	A1			Красный			Серый
KC482	A1			Красный			Зеленый
KC509	A			Красный			Синий
KC530	A			Красный			Черный
КГ401	А			Оранжевый			Голубой
KC468	A1			Оранжевый			Серый
2C433	A1			Серый			Желтый
2C439	A1			Серый			Белый
2C447	A1			Серый			Красный
2C456	A1			Серый			Черный
КГ401	В			Серый			Голубой
KC104	A			Серый			Белый
KC104	B			Серый			Красный
KC201	A			Серый			Оранжевый
KC201	B			Серый			Зеленый
KC516	B			Серый			Черный
KC536	A			Серый			Синий
2C510	A			Черный			Оранжевый
2C512	A			Черный			Желтый
2C515	A			Черный			Белый
2C516	A			Черный			Зеленый
2C516	B			Черный			Желтый
2C516	B			Черный			Серый
2C518	A			Черный			Голубой
2C522	A			Черный			Серый
KC405	Б			Черный			Красный
KC456	A1			Черный			Серый
2C133	A			Черный			Белый
2C139	A			Черный			Зеленый
2C156	A			Черный			Оранжевый
2C168	A			Черный			Красный
2C147	A			Черный			
Д814	В1			Черный			
Д814	Г1			Черный			
Д814	Д1			Черный			

Номинал		Маркировка					
		со стороны анода			со стороны катода (-)		
		метка на торце	тип	цвет	метка на торце	тип	цвет
Д814	А1		■	Черный			
Д814	Б1		■	Черный			
КС207	Б		■	Коричн. + коричн. + черный			
КС207	В		■	Коричн. + красный + черный			
КС207	А		■	Коричн. + черный + черный			
2Г401	Б	● – оранж.			● – серый	■	Белый
Д814	А2				● – черный	■	Белый
Д818	А				● – черный	■	Белый
КС175	Ж					■	Белый
КС406	Б				● – черный	■ или ■	Белый (оранж.)
Д818	В				● – черный	■	Голубой
КС191	Ж					■	Голубой
КС407	А	● – белый				■	Голубой
2Г401	В	● – оранж.			● – серый	■	Желтый
Д814	Г2				● – черный	■	Желтый
Д818	Б				● – черный	■	Желтый
КС182	Ж					■	Желтый
КС407	В	● – белый				■	Желтый
КС551	А					■	Желтый
2С147	В	● – желтый			● – желтый	■	Зеленый
2С147	Г	● – желтый			● – серый	■	Зеленый
2С551	А					■	Зеленый
Д814	В2				● – черный	■	Зеленый
Д818	Г				● – черный	■	Зеленый
КС115	А				● – черный	■	Зеленый
КС210	Ж					■	Зеленый
КС407	Г	● – белый				■	Зеленый
2Г401	А	● – оранж.			● – серый	■	Красный
2С107	А				● – черный	■	Красный
2С156	В	● – желтый			● – желтый	■	Красный
2С156	Г	● – желтый			● – серый	■	Красный
КС107	А				● – серый	■	Красный
КС591	А					■	Красный
2С133	В	● – желтый			● – желтый	■	Оранжевый
2С133	Г	● – желтый			● – серый	■	Оранжевый
2С600	А1					■	Оранжевый
Д818	Е				● – черный	■	Оранжевый
КС212	Ж					■	Оранжевый
КС407	Б	● – белый				■	Оранжевый
2С139	В	● – желтый			● – желтый	■	Серый
2С139	Г	● – желтый			● – серый	■	Серый
2С591	А					■	Серый
Д814	Д2				● – черный	■	Серый
Д818	Д				● – черный	■	Серый
КС211	Ж					■	Серый
КС407	Д	● – белый				■	Серый
КС406	А				● – черный	■ или ■	Серый (белый)
Д814	Б2				● – черный	■	Синий
КС191	А2					■	Черный

Номинал		Маркировка					
		со стороны анода			со стороны катода (-)		
		метка на торце	тип	цвет	метка на торце	тип	цвет
KC213	Ж					■	Черный
KC600	A1					■	Черный
KC175	A2					■	Черный
KC162	A2					■	Черный
KC168	B2					■	Черный + черный
KC126	M					■	Белый + коричн. + белый
KC126	Ж					■	Голубой + красн. + белый
KC126	И					■	Голубой + серый + белый
KC126	Д					■	Желтый + фиолет. + белый
KC126	Е					■	Зелен. + голубой + белый
KC126	А					■	Красный + фиолет. + белый
KC126	Г					■	Оранжевый + белый + белый
KC126	В					■	Оранж. + оранж. + белый
KC126	Б					■	Оранж. + черный + белый
KC126	Л					■	Серый + красн. + белый
KC126	К					■	Фиолет. + зелен. + белый
KC213	Б2					■	Черн. + черн. + черный
KC210	Б2					■	Черный
KC182	A2					■	Черный
KC133	Г				● – оранж.		
KC139	Г				● – серый		
KC147	Г				● – зеленый		
KC156	Г				● – красный		

Цветовая маркировка импортных SMD диодов в корпусах SOD-80 и mini-MELF

Приборы	Цвет первой полоса	Цвет второй полоса	Приборы	Цвет первой полоса	Цвет второй полоса
GL41T	Белый	Белый	BYM12-400	Зеленый	Желтый
BYM10-400	Белый	Желтый	EGL34G	Зеленый	Желтый
GL34G	Белый	Желтый	EGL41G	Зеленый	Желтый
GL41G	Белый	Желтый	BYM07-50	Зеленый	Зеленый
BYM10-600	Белый	Зеленый	BYM12-50	Зеленый	Зеленый
GL34J	Белый	Зеленый	EGL34A	Зеленый	Зеленый
GL41J	Белый	Зеленый	EGL41A	Зеленый	Зеленый
BYM10-100	Белый	Красный	BYM-07-300	Зеленый	Коричневый
GL34B	Белый	Красный	BYM12-300	Зеленый	Коричневый
GL41B	Белый	Красный	EGL34F	Зеленый	Коричневый
BYM10-200	Белый	Оранжевый	EGL41F	Зеленый	Коричневый
GL34D	Белый	Оранжевый	BYM07-100	Зеленый	Красный
GL41D	Белый	Оранжевый	BYM12-100	Зеленый	Красный
BYM10-50	Белый	Серый	EGL34B	Зеленый	Красный
GL34A	Белый	Серый	EGL41B	Зеленый	Красный
GL41A	Белый	Серый	BYM07-200	Зеленый	Оранжевый
BYM10-800	Белый	Синий	BYM12-200	Зеленый	Оранжевый
GL41K	Белый	Синий	EGL34D	Зеленый	Оранжевый
BYM10-1000	Белый	Фиолетовый	EGL41D	Зеленый	Оранжевый
GL41M	Белый	Фиолетовый	BYM07-150	Зеленый	Розовый
BYM07-400	Зеленый	Желтый	BYM12-150	Зеленый	Розовый

Приборы	Цвет первой полоса	Цвет второй полоса	Приборы	Цвет первой полоса	Цвет второй полоса
EGL34C	Зеленый	Розовый	RGL43A	Красный	Серый
EGL41C	Зеленый	Розовый	BYM11-800	Красный	Синий
BYM11-400	Красный	Желтый	RGL41K	Красный	Синий
RGL41G	Красный	Желтый	BYM11-1000	Красный	Фиолетовый
RGL43G	Красный	Желтый	RGL41M	Красный	Фиолетовый
BYM11-600	Красный	Зеленый	BYM13-50	Оранжевый	Желтый
RGL41J	Красный	Зеленый	SGL41-50	Оранжевый	Желтый
RGL43J	Красный	Зеленый	BYM13-60	Оранжевый	Зеленый
BYM11-100	Красный	Красный	SGL41-60	Оранжевый	Зеленый
RGL41A	Красный	Красный	BYM13-30	Оранжевый	Красный
RGL43B	Красный	Красный	SGL41-30	Оранжевый	Красный
BYM11-200	Красный	Оранжевый	BYM13-40	Оранжевый	Оранжевый
RGL43D	Красный	Оранжевый	SGL41-40	Оранжевый	Оранжевый
BYM11-50	Красный	Серый	BYM13-20	Оранжевый	Серый
RGL41A	Красный	Серый	SGL41-20	Оранжевый	Серый
RGL41D	Красный	Серый			

Цветовая маркировка импортных SMD диодов в корпусе SOD-123

Приборы	Полоса катода	Приборы	Полоса катода	Приборы	Полоса катода
BA512	Белый	BB701S	Желтый	BV430-2	Красный
BA515	Белый	BB729S	Желтый	BB730	Пурпурный
BA811	Белый	BA585	Зеленый	BA582	Синий
BB515	Белый	BB731	Зеленый	BA583	Синий
BB721	Белый	BA620	Красный	BA584	Синий
BB721S	Белый	BB620	Красный	BA782-3	Синий
BA619	Желтый	BB713S	Красный	BB731	Синий
BB619	Желтый	BB729	Красный		

Цветовая маркировка отечественных светодиодов

Тип светодиода	Цвет свечения	Маркировка на корпусе		Тип светодиода	Цвет свечения	Маркировка на корпусе	
		тип	цвет			тип	цвет
АЛ305	Б Красный	●	Белый	АЛ307	Г Красный	●	Зеленый
АЛ307	И Оранжев.	●	Белый	АЛ336	В Зеленый	●	Зеленый
АЛ336	И Зеленый	●	Белый	КИПД06	В Зеленый	●	Зеленый
АЛ306	Б Красный	●	Белый	КИПМ02	В Зеленый	●	Зеленый
АЛС329	А	●	Белый	АЛ113	Б Красный	●	Зеленый
АЛС330	А Красный	●	Белый	АЛ113	Г Красный	●	Зеленый
АЛ336	Д Желтый	●	Желтый	АЛ113	Ж Красный	●	Зеленый
АЛС329	Д	●	Желтый	АЛ113	Л Красный	●	Зеленый
АЛС330	Д Красный	●	Желтый	АЛ113	Р Красный	●	Зеленый
АЛ112	Б Красный	●	Зеленый (вывод +)	АЛ306	Е Красный	●	Зеленый
АЛ112	Д Красный	●	Зеленый (вывод +)	АЛ402	Б	●	Зеленый
АЛ112	Ж Красный	●	Зеленый	ЗЛС317	В Зеленый	●	Зеленый
АЛ112	Л Красный	●	Зеленый	АЛС320	Б Зеленый	●	Зеленый

Тип светодиода	Цвет свечения	Маркировка на корпусе	
		тип	цвет
АЛС329	Ж	●	Зеленый
КИПМ03	В Красный	●	Зеленый
АЛ112	Г Красный	●	Красный (на положит. выводе)
АЛ113	А Красный	●	Красный
АЛ113	Е Красный	●	Красный
АЛ113	К Красный	●	Красный
АЛ113	Н Красный	●	Красный
АЛ305	Г Красный	●	Красный
АЛ306	И Зеленый	●	Красный
АЛ316	А Красный	●	Красный
АЛ402	А	●	Красный
ЗЛС317	А Красный	●	Красный
АЛС320	А Красный	●	Красный
КИПМ03	А Красный	●	Красный
АЛ102	А Красный	●	Красный
АЛ112	А Красный	●	Красный
АЛ112	Е Красный	●	Красный
АЛ112	К Красный	●	Красный
АЛ301	А Красный	●	Красный
АЛ310	А Красный	●	Красный
АЛ336	А Красный	●	Красный
КИПМ02	А Красный	●	Красный
КИПД06	А Красный	● (●)	Красный (черный)
АЛ112	В Красный	●	Синий (вывод +)
АЛ112	И Красный	●	Синий
АЛ112	М Красный	●	Синий
АЛ310	Б Красный	●	Синий
АЛ113	В Красный	●	Синий
АЛ113	Д Красный	●	Синий
АЛ113	И Красный	●	Синий
АЛ113	М Красный	●	Синий
АЛ113	С Красный	●	Синий
АЛ305	Е Зеленый	●	Синий
АЛ316	Б Красный	●	Синий
АЛ402	В	●	Синий
ЗЛ102	А Зеленый	●	Черный
ЗЛ102	Б Зеленый	●	Черный
АЛ305	И Красный	●	Черный
АЛ306	Г Красный	●	Черный
АЛ307	А Красный	●	Черный
АЛ307	В Красный	●	Черный
АЛ307	Д Желтый	●	Черный
АЛ336	К Красный	●	Черный
АЛС329	В	●	Черный

Тип светодиода	Цвет свечения	Маркировка на корпусе	
		тип	цвет
АЛС330	В Красный	●	Черный
КИПД02	А Красный	●	Черный
КИПД02	В Зеленый	●	Черный
КИПД02	Д Желтый	●	Черный
АЛ305	А Красный	● ●	Белый
АЛ306	А Красный	● ●	Белый
АЛ307	Л Оранжев.	● ●	Белый
АЛС329	Б	● ●	Белый
АЛС330	Б Красный	● ●	Белый
АЛ336	Е Желтый	● ●	Желтый
АЛ336	Ж Желтый	● ●	Желтый
АЛС329	Е	● ●	Желтый
АЛС330	Е Красный	● ●	Желтый
АЛС329	Н	● ●	Желтый + черный
АЛ306	Д Красный	● ●	Зеленый
АЛ336	Г Зеленый	● ●	Зеленый
АЛС329	И	● ●	Зеленый
АЛС330	Ж Красный	● ●	Зеленый
КИПД06	Г Зеленый	● ●	Зеленый
КИПМ02	Г Зеленый	● ●	Зеленый
КИПМ03	Г Зеленый	● ●	Зеленый
КИПМ02	Д Желтый	● ●	Зеленый
ЗЛС317	Г Зеленый	● ●	Зеленый + синий
АЛС320	В Зеленый	● ●	Зеленый + белый
АЛС329	К	● ●	Зеленый + белый
АЛС330	И Красный	● ●	Зеленый + белый
АЛС329	М	● ●	Зеленый + желтый
АЛС330	К Красный	● ●	Зеленый + желтый
АЛС329	Л	● ●	Зеленый + черный
АЛ305	В Красный	● ●	Красный
АЛС317	А Красный	● ●	Красный + черный
ЗЛС317	Б Красный	● ●	Красный + синий
АЛС320	Г Красный	● ●	Красный + белый
АЛ102	Б Красный	● ●	Красный
АЛ301	Б Красный	● ●	Красный
АЛ306	Ж Зеленый	● ●	Красный
АЛ336	Б Красный	● ●	Красный
КИПМ02	Б Красный	● ●	Красный
КИПМ03	Б Красный	● ●	Красный
КИПД06	Б Красный	● ● или ● ●	Красный (черный)
АЛ305	Д Зеленый	● ●	Синий
АЛ305	К Красный	● ●	Черный + белый
АЛ305	Ж Красный	● ●	Черный
АЛ306	В Красный	● ●	Черный

Тип светодиода	Цвет свечения	Маркировка на корпусе	
		тип	цвет
АЛ307	Е Желтый	●●	Черный
АЛС329	Г	●●	Черный
АЛС330	Г Красный	●●	Черный
КИПД02	Б Красный	●●	Черный
КИПД02	Г Зеленый	●●	Черный
КИПД02	Е Желтый	●●	Черный
КИПМ03	Д Зеленый	●●●	Зеленый
ЗЛС320	Б Зеленый	●●●	Зел. + бел. + желт.
ЗЛС317	Д Зеленый	●●●	Зел. + син. + син.




























































Тип светодиода	Цвет свечения	Маркировка на корпусе	
		тип	цвет
АЛС317	В Зеленый	●●●	Зел. + черн. + черн.
АЛС317	Г Зеленый	●●●	Зел. + черн. + черн.
ЗЛС320	А Красный	●●●	Красн. + бел. + желт.
АЛС317	Б Красный	●●●	Кр. + черн. + черн.
АЛ102	Г Красный	●●●	Красный
ЗЛ102	Г Красный	●●●	Черный
ЗЛС320	В Зеленый	●●●	Зел.+бел.+желт.+желт.
ЗЛС320	Г Красный	●●●	Кр.+бел.+желт.+желт.

Цветовая маркировка отечественных светодиодных цифровых индикаторов

Тип	Цвет корпуса	Маркировка на корпусе	
		тип	цвет
АЛ113	Б	нет	Зеленый
АЛ113	Г	нет	Зеленый
АЛ113	Ж	нет	Зеленый
АЛ113	Л	нет	Зеленый
АЛ113	Р	нет	Зеленый
АЛ113	А	нет	Красный
АЛ113	Е	нет	Красный
АЛ113	К	нет	Красный
АЛ113	Н	нет	Красный
АЛ113	В	нет	Синий
АЛ113	Д	нет	Синий
АЛ113	И	нет	Синий
АЛ113	М	нет	Синий
АЛ113	С	нет	Синий
АЛ306	Б Красный	●	Белый
АЛС320	В Желтый	●	Белый
АЛС320	Г Красный	●	Белый
АЛС320	Е Зеленый	●	Белый
АЛС328	А Красный	●	Белый
АЛС329	А Красный	●	Белый
АЛС330	А Красный	●	Белый
АЛС329	Д Красный	●	Желтый
АЛС330	Д Красный	●	Желтый
АЛ306	Е Красный	●	Зеленый
АЛС328	В Красный	●	Зеленый
АЛС329	Ж Красный	●	Зеленый
КИПГО2А-8/8	Л Зеленый	●	Зеленый
АЛ306	И Зеленый	●	Красный
АЛС318	В Красный	●	Цветн.
АЛ306	Г Красный	●	Черный

Тип	Цвет корпуса	Маркировка на корпусе	
		тип	цвет
АЛС317	А Красный	●	Черный
АЛС317	В Зеленый	●	Черный
АЛС329	В Красный	●	Черный
АЛС330	В Красный	●	Черный
ИПГО3А-8/8	К Красный	●	Черный
АЛ306	А Красный	●●	Белый
АЛ306	В Красный	●●	Белый
АЛС328	Б Красный	●●	Белый
АЛС329	Б Красный	●●	Белый
АЛС330	Б Красный	●●	Белый
АЛС329	Е Красный	●●	Желтый
АЛС330	Е Красный	●●	Желтый
АЛС329	Н Красный	●●	Желтый + черный
АЛ306	Д Красный	●●	Зеленый
АЛС328	Г Красный	●●	Зеленый
АЛС329	И Красный	●●	Зеленый
АЛС330	Ж Красный	●●	Зеленый
ИПГО2А-8/8	Л Зеленый	●●	Зеленый
АЛС329	К Красный	●●	Зеленый + белый
АЛС330	И Красный	●●	Зеленый + белый
АЛС329	М Красный	●●	Зеленый + желтый
АЛС330	К Красный	●●	Зеленый + желтый
АЛС329	Л Красный	●●	Зеленый + черный
АЛ306	Ж Зеленый	●●	Красный
АЛС318	Б Красный	●●	Красный
АЛС317	Б Красный	●●	Черный
АЛС317	Г Зеленый	●●	Черный
АЛС329	Г Красный	●●	Черный
АЛС330	Г Красный	●●	Черный
АЛС318	Г Красный	●●●	Цветн.

























Цветовая маркировка варикапов

Номинал		Корпус	Маркировка со стороны анода	
			тип	цвет
KB146	A			Желтый
KB149	A			Оранжевый
KB149	B			Белый
KB149	B			Оранжевый
2B104	A-E	Усеченный круглый темного цвета		Белый
2B112	A			Белый
2B124	B	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Белый
2B125	A			Белый
2B143	A			Белый
AB113	A	Плоский темного цвета со срезом на задней поверхности		Белый
KB102	A-Д	Каплевидный темного цвета		Белый
KB109	A	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Белый
KB111	A	Плоский темного цвета с закругленными углами		Белый
KB123	A			Белый
KB127	A	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Белый
KB132	A	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Белый
KB135	A	Плоский темного цвета		Белый
KB142	A			Белый
KBC111	A			Белый
2B143	B			Желтый
KB113	A	Плоский темного цвета со срезом на задней поверхности		Желтый
KB121	B			Желтый
KB127	B			Желтый
KB134	A	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Желтый
2B124	A			Зеленый
KB109	B			Зеленый
KB113	B	Плоский темного цвета со срезом на задней поверхности		Зеленый
KB122	B	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Коричневый
KB127	Г			Зеленый
1B501	A			Красный
1B501	Г			Красный
2B133	A			Красный
2B143	Б			Красный
KB107				Красный
KB109	Б	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Красный
KB127	Б	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Красный
KB128	A			Красный
KB130	A	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Красный
KB131	A	Плоский темного цвета		Красный
KB142	Б			Красный
2B102	A-Д	Каплевидный темного цвета		Оранжевый
AB113	Б	Плоский темного цвета со срезом на задней поверхности		Оранжевый
KB104	A-E	Усеченный круглый темного цвета		Оранжевый
KB111	Б	Плоский темного цвета с закругленными углами		Оранжевый
KB122	A	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Оранжевый
KB130	A9	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Оранжевый
KBC111	Б			Оранжевый
KB121	A	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Синий
KB122	Б	Плоский (КД-20А) темного цвета с выпуклой точкой		Фиолетовый
KB101	A			Черный
KB129	A			Черный
KB138	A			Белый
1B501	Б			Красный
1B501	Д			Красный
1B501	Ж			Красный
KB138	Б			Красный
1B501	В			Красный
1B501	Е			Красный
1B501	И			Красный

Цветовая маркировка отечественных ИК-диодов

Номинал		Корпус	Маркировка	
			тип	цвет
ЗЛ107	А	Цилиндрический оранжевого цвета с гибкими выводами		Черный
	Б			Черный
АЛ402	Б	Металло-стеклянный с гибкими выводами		Зеленый
	А			Красный
	В			Синий
АЛ107	А	Цилиндрический оранжевого цвета с гибкими выводами		Черный
	Б			Черный

Цветовая маркировка отечественных шкальных индикаторов

Номинал		Корпус	Маркировка на боковой поверхности	
			тип	цвет
АЛ305	Б	Пластмассовый корпус с жестким выводами		Белый
	Г			Красный
	Е			Синий
	И			Черный
АЛ306	Б	Пластмассовый корпус красного цвета с жестким выводами		Белый
	К			Черный
	Е	Пластмассовый корпус зеленого цвета с жестким выводами		Зеленый
	И			Красный
ЗЛС317	Б	Пластмассовый корпус красного цвета с жестким выводами		Синий
	Г	Пластмассовый корпус зеленого цвета с жестким выводами		Синий
АЛС317	А	Пластмассовый корпус красного цвета с жестким выводами		Черный
	В	Пластмассовый корпус зеленого цвета с жестким выводами		Черный
АЛ305	А	Пластмассовый корпус с жестким выводами		Белый
	В			Красный
	Д			Синий
	Ж			Черный
	К			Черный + белый
АЛ306	А	Пластмассовый корпус красного цвета с жестким выводами		Белый
	В			Черный
	Д	Пластмассовый корпус зеленого цвета с жестким выводами		Зеленый
	Ж			Красный
ЗЛС317	Д	Пластмассовый корпус зеленого цвета с жестким выводами		Синий
АЛС317	Б	Пластмассовый корпус красного цвета с жестким выводами		Черный
	Г	Пластмассовый корпус зеленого цвета с жестким выводами		Черный

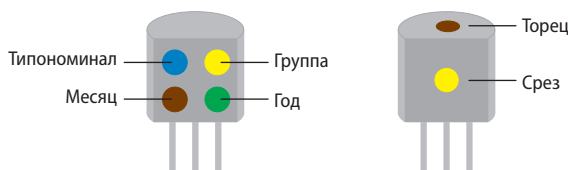
7.6. Транзисторы

Цветовая маркировка

В данной маркировке используются цветные точки для кодирования параметров транзисторов в корпусах КТ-26 (ТО-92) и КТП-4. При полной цветовой маркировке (стр. 317, вверху) кодирование типоминнала, группы и даты выпуска наносится на срезе боковой поверхности согласно принятой цветовой гамме.

Точку, обозначающую типоминнал наносят в левом верхнем углу. Она является началом отсчета. Далее, по часовой стрелке наносятся три точки, означающие группу, год и месяц выпуска соответственно.

При сокращенной цветовой маркировке (стр. 317, внизу) дату выпуска опускают (указывается на вкладыше упаковки). Типоминнал указывается на срезе боковой поверхности корпуса. Группа указывается на торце корпуса.



Символьно-цветовая маркировка

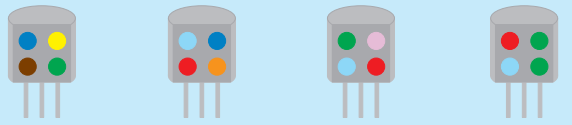
Отличительная особенность данной маркировки — отсутствие цифр и букв. Типоминнал транзистора обозначается на срезе боковой поверхности специальным символом (точки, горизонтальные, вертикальные или пунктирные линии) или цветной геометрической фигурой (круг, полукруг, квадрат, треугольник, ромб и др.). Маркировка группы наносится одной (несколькими) точками на торце корпуса (КТ-26, КТП-4).

Цветовая гамма точек, обозначающих группу при данной маркировке, не совпадает со стандартной цветовой гаммой по ГОСТ 24709-81. Она определяется производителем.

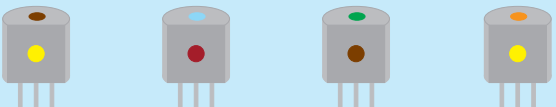
Символ круга на боковом срезе транзистора необходимо отличать от точки, которая не имеет четкой формы, т. к. наносится кистью.

Символьно-цветовая маркировка представлена в таблице на стр. 318—320.

Цветовая маркировка транзисторов в корпусах КТ-26 (ТО-92)

Цвет полосы (точки)	Тип (1-й элемент)	Группа (2-й элемент)	Год (3-й элемент)	Месяц (4-й элемент)
Бежевый	КТ345	Г	1977	Январь
Синий	КТ349	В		Февраль
Зеленый	КТ352	И	1985	Март
Красный	КТ337	К	1983	Апрель
Салатный		Ж	1978	Май
Серый	КТ360	Л		Июнь
Коричневый	КТ326		1984	Июль
Оранжевый		Д	1979	Август
Электрик		Е	1980	Сентябрь
Белый	КТ645		1982	Октябрь
Желтый	КТ354	Б		Ноябрь
Голубой	КТ3107		1986	Декабрь
Розовый	КТ363	А		
Бирюзовый			1981	
Пример	 <div> <div>КТ349Б Июль 1985</div> <div>КТ3107В Апрель 1979</div> <div>КТ352А Декабрь 1983</div> <div>КТ337И Декабрь 1985</div> </div>			

Сокращенная маркировка транзисторов в корпусах КТ-26 (ТО-92)

Цвет полосы (точки)	Тип транзистора (метка на торце)	Буква группы (метка на срезе)
Бордо	КТ203	А
Желтый	КТ502	Б
Темно-зеленый	КТ3102	В
Голубой	КТ337 (КТ6111)	ГГ
Синий	КТ342	Д
Белый	КТ503	Е
Коричневый	КТ326	Ж
Серебристый	КТ632	И (Л)*
Оранжевый	КТ313, КТ368	К (М)*
Табачный	КТ364	Л (И)*
Серый	КТ209	М (К)*
Красный	КТ6112	
Розовый		А**
Пример	 <div> <div>КТ326Б</div> <div>КТ337А</div> <div>КТ3102Ж</div> <div>КТ313Б</div> </div>	

* В скобках указаны буквы групп для транзисторов выпуска до 1980 г.

** Для транзисторов типа КТ326АМ.

Символьно-цветовая маркировка отечественных транзисторов в корпусах КТ-26 (ТО-92)

Номинал		Структура	Маркировка на торце		Маркировка на срезе	
			Вид	Цвет	Вид	Цвет
КТ316	АМ	п-р-п	● ●	Белый + белый	■	Белый
	БМ	п-р-п	●	Белый	■	Белый
	ВМ	п-р-п	●	Голубой	■	Белый
	ГМ	п-р-п	●	Зеленый	■	Белый
	ДМ	п-р-п	●	Красный	■	Белый
КТ645	В	п-р-п	●	Красный	■	Зеленый
	Г	п-р-п	●	Желтый	■	Зеленый
	Д	п-р-п	●	Зеленый	■	Зеленый
	Е	п-р-п	●	Синий	■	Зеленый
	Ж	п-р-п	● ●	Синий	■	Зеленый
	И	п-р-п	●	Белый	■	Зеленый
	К	п-р-п	● ●	Красный	■	Зеленый
	Л	п-р-п	● ●	Зеленый	■	Зеленый
КТ3126	А	р-п-р	—	—	●	Зеленый
	Б	р-п-р	●	Зеленый	●	Зеленый
КТ361*	А2	р-п-р	●	Белый	●	Синий
	Б2	р-п-р	●	Желтый	●	Синий
	Г2	р-п-р	●	Красный	●	Синий
	Д2	р-п-р	●	Синий	●	Синий
	И2	р-п-р	●	Зеленый	●	Синий
КТ3102	АМ	п-р-п	●	Белый	▨	Белый
	БМ	п-р-п	●	Голубой	▨	Белый
	ВМ	п-р-п	● ●	Белый + белый	▨	Белый
	ГМ	п-р-п	● ●	Белый + голубой	▨	Белый
	ДМ	п-р-п	●	Зеленый	▨	Белый
КТ3102	ЕМ	п-р-п	●	Красный	▨	Белый
	ЖМ	п-р-п	● ●	Белый + зеленый	▨	Белый
	ИМ	п-р-п	● ●	Белый + красный	▨	Белый
	КМ	п-р-п	● ●	Красный + красный	▨	Белый
КП365	А	п-FET	—	—	▨	Белый
	Б	п-FET	●	Белый	▨	Белый
КП501	А	п-MOS	—	—	▨	Зеленый
	Б	п-MOS	●	Белый	▨	Зеленый
	В	п-MOS	●	Зеленый	▨	Зеленый
КТ6111	А	п-р-п	●	Желтый	▨	Белый
	Б	п-р-п	●	Зеленый	▨	Белый
	В	п-р-п	●	Красный	▨	Белый
	Г	п-р-п	●	Синий	▨	Белый
КТ660	А	п-р-п	—	—	▨	Синий

Номинал		Структура	Маркировка на торце		Маркировка на срезе	
			Вид	Цвет	Вид	Цвет
КТ339	АМ	п-р-п	●	Белый	==	Белый
	БМ	п-р-п	●	Голубой	==	Белый
	ВМ	п-р-п	●	Зеленый	==	Белый
	ГМ	п-р-п	●	Красный	==	Белый
КТ660	Б	п-р-п	—	—	==	Синий
КТ201	АМ	п-р-п	●	Белый	==	Белый
	БМ	п-р-п	●	Голубой	==	Белый
	ВМ	п-р-п	●	Зеленый	==	Белый
	ГМ	п-р-п	●	Красный	==	Белый
	ДМ	п-р-п	●●	Белый + белый	==	Белый
КТ6109	А	р-п-р	●	Синий	⤵	Белый
	Б	р-п-р	●	Белый	⤵	Белый
КТ6109	В	р-п-р	●	Желтый	⤵	Белый
	Г	р-п-р	●	Зеленый	⤵	Белый
	Д	р-п-р	●	Красный	⤵	Белый
КТ6110	А	п-р-п	●	Белый	◐	Зеленый
	Б	п-р-п	●	Желтый	◐	Зеленый
	В	п-р-п	●	Зеленый	◐	Зеленый
	Г	п-р-п	●	Красный	◐	Зеленый
	Д	п-р-п	●	Синий	◐	Зеленый
КТ6114	А	п-р-п	●	Белый	◐	Зеленый
	Б	п-р-п	●	Зеленый	◐	Зеленый
КТ6114	В	п-р-п	●	Красный	◐	Зеленый
	Г	п-р-п	●●	Белый	◐	Белый
	Д	п-р-п	●●	Зеленый	◐	Белый
	Е	п-р-п	●●	Красный	◐	Белый
КТ6115	А	р-п-р	●	Белый	◐	Зеленый
	Б	р-п-р	●	Зеленый	◐	Зеленый
	В	р-п-р	●	Красный	◐	Зеленый
	Г	р-п-р	●●	Белый	◐	Белый
	Д	р-п-р	●●	Зеленый	◐	Белый
	Е	р-п-р	●●	Красный	◐	Белый
КТ6117	А	п-р-п	—	—	◐	Белый
	Б	п-р-п	●	Белый	◐	Белый
	А	р-п-р	●	Голубой	▤	Белый
	Б	р-п-р	●	Зеленый	▤	Белый
	В	р-п-р	●●	Голубой	▤	Белый
	Г	р-п-р	●●	Белый + зеленый	▤	Белый
	Д	р-п-р	●●	Белый + красный	▤	Белый
	Е	р-п-р	●●	Зеленый	▤	Белый
КТ6117	Ж	р-п-р	●	Красный	▤	Белый
	И	р-п-р	●●	Красный	▤	Белый
	К	р-п-р	●	Белый	▤	Белый
	Л	р-п-р	●●	Белый	▤	Белый

Номинал		Структура	Маркировка на торце		Маркировка на срезе	
			Вид	Цвет	Вид	Цвет
КТ502	А	р-п-р	● ●	Белый	◆	Белый
	Б	р-п-р	●	Белый	◆	Белый
	В	р-п-р	●	Желтый	◆	Белый
	Г	р-п-р	●	Зеленый	◆	Белый
	Д	р-п-р	●	Красный	◆	Белый
КТ503	А	п-р-п	● ●	Белый	◆	Зеленый
	Б	п-р-п	●	Белый	◆	Зеленый
	В	п-р-п	●	Желтый	◆	Зеленый
	Г	п-р-п	●	Зеленый	◆	Зеленый
	Д	п-р-п	●	Красный	◆	Зеленый
КТ315	Р1	п-р-п	● ●	Белый	▲	Темно-зеленый
	И1	п-р-п	● ●	Желтый	▲	Темно-зеленый
	Н1	п-р-п	● ●	Зеленый	▲	Темно-зеленый
	Ж1	п-р-п	● ●	Красный	▲	Темно-зеленый
	Д1	п-р-п	● ●	Синий	▲	Темно-зеленый
	Е1	п-р-п	●	Белый	▲	Темно-зеленый
	Б1	п-р-п	●	Желтый	▲	Темно-зеленый
	В1	п-р-п	●	Зеленый	▲	Темно-зеленый
	А1	п-р-п	●	Красный	▲	Темно-зеленый
КТ6116	А	р-п-р	—	—	▲	Зеленый
	Б	р-п-р	●	Зеленый	▲	Зеленый

Примеры нестандартных цветовых маркировок транзисторов

Номинал	Маркировка
КП501А	Зеленая полоса вертикально посередине
КТ209	Белый ромб посередине
КТ3102	Зеленый эллипс сверху
КТ3107	Белый фрагмент сверху транзистора
КТ3117А	Белая точка посередине, белая полоса по ободу
КТ3117А1	Белая полоса посередине
КТ3126А	Зеленая точка посередине или зеленый квадрат посередине или при последнем зеленый эллипс сверху
КТ3126Б	Зеленая точка посередине, зеленый эллипс сверху
КТ326АМ	Красная точка спереди
КТ326БМ	Желтая точка спереди
КТ339	Белый треугольник посередине
КТ368АМ	Две красных полосы сверху
КТ368БМ	Красная полоса сверху
КТ382	Белая полоса сбоку или плюс белая точка сверху
КТ399АМ	Две белых полосы посередине
КТ503	Белая точка спереди
КТ645	Белая точка посередине, белая точка сверху

Номинал	Маркировка
КТ645А	Белый квадрат посередине
КТ645Б	Белый квадрат посередине, белая точка сверху
КТ646А	Зеленый треугольник посередине
КТ646А	Белый треугольник снизу, белый эллипс сверху
КТ646Б	Зеленый треугольник посередине плюс желтый эллипс сверху
КТ646Б	То же плюс белая точка снизу
КТ660	Одна синяя полоса спереди или две такие синие полосы
КТ683Б	Белый эллипс сверху, надпись 8Б снизу
КТ814Б	Белый эллипс сверху, надпись 4Г V1 снизу или 4Г
КТ815А	Белый эллипс сверху, надпись 5А U2 ли 5А с белой полосой сверху
КТ816Г	Белый эллипс сверху, красная или синяя полоса сверху, надписи 6Г V4 или 6Г
КТ817Б	Белый эллипс сверху, синие или желтые полоски сверху, на корпусе надпись 7Б U2 или 7Б с зеленой полоской сверху
КТ9115	Белый эллипс и голубая полоса сверху, надпись 9А снизу
КТ940	Белый эллипс сверху, снизу надпись 40А или 2 белых квадрата
КТ961А	Белый эллипс сверху, надпись 61А снизу
КТ972А	Белый эллипс сверху, белая полоса снизу
КТ972Б	Белый эллипс сверху, две белых полосы снизу, одна из них — вертикально
КТ973А	Белый эллипс сверху, белый квадрат снизу
КТ973Б	Белый эллипс сверху, два белых квадрата снизу

Особенности маркировки зарубежных транзисторов

Ряд зарубежных фирм использует цветовую маркировку для обозначения коэффициента усиления радиочастотных транзисторов. В таблице показана цветовая маркировка радиочастотных транзисторов фирмы MOTOROLA. Возможно или нанесение буквенного кода, или цветной точки.

Буквенный код	Цветная точка	Диапазон частот, МГц
Низкий диапазон бета		
В	Коричневая	15—23
С	Красная	20—32
Д	Оранжевая	28—42
Е	Желтая	38—52
Средний диапазон бета		
F	Зеленая	48—63
G	Синяя	57—78
Н	Фиолетовая	72—93
Высокий диапазон бета		
I	Две черных	87—108
J	Две коричневых	100—125
K	Две красных	115—140
L	Две оранжевых	130—155

7.7. Оптические кабели передачи данных

Цветовая маркировка оптических кабелей используется для определения пар передачи данных. Каждая пара в кабеле имеет свою цветовую маркировку.

**Цветовая кодировка пар
согласно стандарту ANSI/ICEA S-80-576**

Пара	Цвета первой группы		Цвета второй группы	
1	Белый	Синий	Синий	Белый
2	Белый	Оранжевый	Оранжевый	Белый
3	Белый	Зеленый	Зеленый	Белый
4	Белый	Коричневый	Коричневый	Белый
5	Белый	Серый	Серый	Белый
6	Красный	Синий	Синий	Красный
7	Красный	Оранжевый	Оранжевый	Красный
8	Красный	Зеленый	Зеленый	Красный
9	Красный	Коричневый	Коричневый	Красный
10	Красный	Серый	Серый	Красный
11	Черный	Синий	Синий	Черный
12	Черный	Оранжевый	Оранжевый	Черный
13	Черный	Зеленый	Зеленый	Черный
14	Черный	Коричневый	Коричневый	Черный
15	Черный	Серый	Серый	Черный
16	Желтый	Синий	Синий	Желтый
17	Желтый	Оранжевый	Оранжевый	Желтый
18	Желтый	Зеленый	Зеленый	Желтый
19	Желтый	Коричневый	Коричневый	Желтый
20	Желтый	Серый	Серый	Желтый
21	Фиолетовый	Синий	Синий	Фиолетовый
22	Фиолетовый	Оранжевый	Оранжевый	Фиолетовый
23	Фиолетовый	Зеленый	Зеленый	Фиолетовый
24	Фиолетовый	Коричневый	Коричневый	Фиолетовый
25	Фиолетовый	Серый	Серый	Фиолетовый

Цветовая кодировка пар согласно стандарту IEC 708-1

Пара	Цвет первого провода пары	Цвет второго провода пары	Пара	Цвет первого провода пары	Цвет второго провода пары
1	Белый	Синий	13	Черный	Зеленый
2	Белый	Оранжевый	14	Черный	Коричневый
3	Белый	Зеленый	15	Черный	Серый
4	Белый	Коричневый	16	Желтый	Синий
5	Белый	Серый	17	Желтый	Оранжевый
6	Красный	Синий	18	Желтый	Зеленый
7	Красный	Оранжевый	19	Желтый	Коричневый
8	Красный	Зеленый	20	Желтый	Серый
9	Красный	Коричневый	21	Фиолетовый	Синий
10	Красный	Серый	22	Фиолетовый	Оранжевый
11	Черный	Синий	23	Фиолетовый	Зеленый
12	Черный	Оранжевый	24	Фиолетовый	Коричневый

7.8. Трехфазные электрические цепи

Проводники в трехфазных системах обычно обозначаются цветным кодом, чтобы, например, правильно подключить электромотор. Коды соответствуют международному стандарту IEC 60446 или могут быть произвольными.

Например, в США и Канаде различные цветовые коды используются для заземленных и незаземленных систем.

Страна	L1	L2	L3	Нейтраль	Земля
США (общая практика)	Черный	Красный	Синий	Белый или серый	Зеленый или зелено-желтые полосы
США (второй вариант)	Коричневый	Оранжевый или фиолетовый	Желтый	Белый или серый	Зеленый
Канада	Красный	Черный	Синий	Белый	Зеленый или голый медный
Европейский Союз	Коричневый	Черный	Серый	Синий	Зелено-желтые полосы
Пакистан	Красный	Желтый	Синий	Черный	Зеленый
Индия	Красный	Желтый	Синий	Черный	Зеленый
Австралия и Новая Зеландия	Красный	Белый	Темно-синий	Черный	Зелено-желтые полосы
Китайская Народная Республика	Желтый	Зеленый	Красный	Голубой	Зелено-желтые полосы
Малайзия	Красный	Желтый	Синий	Черный	Зеленый или зелено-желтые полосы

АНАЛОГИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

8.1. Диоды и стабилитроны

Аналоги отечественных диодов и стабилитронов приведены в табл. 8.1.

Зарубежные аналоги отечественных диодов и стабилитронов

Таблица 8.1

Тип	Зарубежный аналог
Д10	AA112, AA112P, AA138, DR464, IS426
Д101	1N212, 1N213, 1N390, 1N391, 1N74, 618C, AA113P, D2D
Д102	1N1844, 1N210, 1N211, 1N388, 1N389, 616C, BA179, C4010, CA50, CB50
Д18	IS307
Д207	1N485, 1N486, 1TT3003, BA177/220, HSP1001, ZS21
Д208	1N487, BA147/300, DR699, ZS22
Д209	1N488, DR695, DR698, ZS24
Д210	1N873, IS206
Д211	10R6B, 1N2373, 1N874, IS1224, IS2352, M71B
Д219А	1N192, DR482, DR500
Д220	1N3121, 26P1, HMG626A
Д220Б	1N662, 1N662A, 1N663, 1N844, DR402, HMG662, HMG662A, HMG663, HMG664, HMG844, JAN1N633
Д220Л	1N3657
Д223А	CA100, CB100
Д223Б	14P2, 1N458, 1N5209, 24J2, AD150, AE150, BAW32B
Д226В	1N487A, BAW14, BAW14FT24, BAY21, DT230H1, ZC53, ZS123
Д229В	1N324, 1N324A, 1N339, 1N348, 1N667, 1P644, AM030, AM12, AM410, BYX60-100, K2B5, M14
Д229Е	1N255, 1N332, 1N341, 1N647, 1N673, 1P647, 1S113, 4D4, AM42, BYX60-400, M4HZ
Д229Ж	1N1081A, 1N1487, 1N1556, 1N1645, 1N2073, 1N2091, 1N2104, 1N2610, 1N2859, 1N3238, 1N4364, 1N440B, 1N537, 1S031, 1S100, 1S40, 7J1, A100, A3B1, A3B3, A3B5, A3B9, AM010, B3B5, B3B9, BR41, CER68, COD1531, D100, DK751, H100, M68, MB258, ZR61, ZS171
Д229К	1B539, 1N1083A, 1N1441, 1N1558, 1N1649, 1N1694, 1N2093, 1N2106, 1N2612, 1N4366, 1N539, 1S148, 1S42, 3G8, 7J3, A2D1, A300, A3D1, A3D3, A3D5, A3D9, B2D5, B2D9, B3D1, B3D5, B3D9, COD1533, D1646, DK753, ER31, H300, MB253, ZR63
Д229Л	1N149, 1N1490, 1N1559, 1N1651, 1N1695, 1N2070, 1N2070A, 1N2094, 1N2107, 1N2483, 1N2487, 1N2613, 1N2862, 1N3194, 1N3240, 1N3254, 1N3278, 1N3547, 1N3640, 1N4367, 1N442B, 1N443B, 1N540, 1S034, 1S103, 1S43, 4G8, 7J4, A2E3, A2E5, A2E9, A2E1, A3E3, A400, B2E1, B2E5, B2E9, BY158, COD1534, D1647, D400, ED3004, ER41, H400, MB254, ZR64, ZS174

Таблица 8.1 (продолжение)

Тип	Зарубежный аналог
Д242	40109, 10PM1, 11R1S, 1N1621, 1N2248, 1N2248A, 1N2249, 1N2249A, 1N249, 1S161, 367B, BR101A, D1010, DD4521, E6B3, F2B3, G1010, IS240, MA231
Д243	40110, 10PM2, 11R2S, 1N1622, 1N2250, 1N2250A, 1N2251, 1N2251A, 1N250, 1N2786, 1N4436, 1S162, 367D, 62R2, BR102A, DD4523, E6C3, F2C3, G2010, IS421, IS751, MA232, MA240
Д243Б	1N1061, 1N1067, 1N1073, 1N1090, 1N1614A, 1N2230, 1N2230A, 1N2231, 1N2231A, 366D, 5PM2, E3B3, ESP5200, F1C3, F3C3
Д245	40111, 11R3S, 1N113, 1N1623, 1N2023, 1N2252, 1N2252A, 1N2253, 1N2253A, 1S163, 367F, AM440, BYY67, BYY68, D3010, E6E3, F2E3, G3010, BYX42/300
Д245Б	1N1062, 1N1068, 1N1074, 1N1091, 1N2232, 1N2232A, 1N2233, 1N2233A, 30F5, 366F, BY118, E3E3, ESP5300, F1E3
Д246	40112, 10PM4, 11R4S, 1N1624, 1N2025, 1N2254, 1N2254A, 1N2255, 1N2255A, 1N4437, 1S164, 367H, 64R2, BR104A, BZX29C35V6, CY40, D4010, DD4526, E6G3, F2G3, G4HZ, IS423
Д246Б	1N1063, 1N1069, 1N1075, 1N1092, 1N1092A, 1N1615A, 1N2234, 1N2234A, 1N2235, 1N2235A, 1N3270, 366H, 40F5, 5D4, 5MA4, 5PM4, A3E1, A3E5, A3E9, B3E1, B3E5, B3E9, BR44, DD236, DD266, F1G3, F3G3, G4010
Д2463P	ESP5400
Д247Б	1N2236, 1N2237, 1N2237A, 366K, 407K, 50F5, 50LF, E3H3, F1H3
Д248Б	1N1616, 1N1616A, 1N2238, 1N2238A, 1N2239, 1N2239A, 366M, 407M, 5PM6, 60F5, 60LF, E3K3, F1K3, G65HZ
Д299Л	DK754
Д303	1N2350, 3C15, IS1660
Д304	10F5, 1N1059, 1N1065, 1N1071, 1N1089, 1N1089A, 1N1613, 1N1613A, 1N2246, 1N2246A, 1N2247, 1N2247A, 1N2290, 366B, 500R1B, 5BR1, 5PM1, ESP5100
Д305	1N2793, E5A3, ZR20, ZR200
Д310	1N695, 1N770, 1N996
Д311	AAY32
Д312А	1N627A, 1N777, AAZ15
Д7Ж	1N443, 1N553, 1N604, CER70B, COD1554, M70B
Д811	1111, BZX59C11, BZX69C11, BZY83C11, BZY85C11, HR11, HS2110, IS473, KS2110A, KS2110B
Д818А	1N764-3, IS334
Д819А	HR90
Д9Б	GD72E4, 1N295X, 1N87T, 1S75, AA137, AAZ10, GD72E3, GD72E5, GPM2NA
КC182А	1N1985
КC447А	BZX29C4V7
КД103А	1N483, BA128, GSM53
КД104А	1N1632, 1N1849, 1N219, 1N220, 1N354, HGR30
КД105Б	1N1257, 1N445, 1N535, 1N606, 1N606A, CER69C, CER70, CER71B, COD1556, IS2310, M72B
КД105Г	1N1259, 1N2505, 1N560, BY157
КД202Б	IS442
КД203Г	408P, E6M3, F2M3
КД204Б	1N1703, 1N441, 1N531, 1N602, 1N602A, B80C300
КД204В	1N1251, 1N2080, BR205, ZS30A, ZS30B
КД204Д	A2A4
КД205	IS1231
КД205А	1N1712, 1N1764, 1N2085, 1N3184, 1N3229, 1N554, 1T505, 2T505, 3T505, 50AS, 50M, 50S5, 5J5, A2F4, CER500C, COD15554, EG100H, ERD500, IS315, IS558, M500C

Таблица 8.1 (продолжение)

Тип	Зарубежный аналог
КД205Б	1N1033, 1N1084, 1N1169A, 1N1255, 1N1763, 1N2084, 1N3083, 1N3749, 1N5216, 1N533, 1T504, 2T504, 3T504, 40AS, 40S5, 5J4, BR24, CER70C, COD15544, D45C, DD006, DD056, EG100, ERD400, IS1230, IS1763, IS1943, IS314, J400, JE2, M70C
КД205В	1N1032, 1N1083, 1N1254, 1N1710, 1N1711, 1N2083, 1N552, 1T503, 2T503, 30AS, 30S5, 3T503, 5J3, A2C4, A2D5, A2D9, COD15534, EPD300, ERD300, IS313, IS559, MA215, MB261
КД205Г	1N1031, 1N1253, 1N1709, 1N2082, 1N3082, 1N3228, 1N3545, 1N3748, 1N5215, 1N551, 1T502, 20AS, 20S5, 2T502, 3T502, 5J2, BR22, COD15524, D25C, DD003, ERD200, IS1221, IS1942, IS312, J200, M69C, MB259
КД205Д	A2E4
КД205Е	1N1256, 1N1706, 1N320, 1N444, 1N534, 1N605, 1N605A, CER500E, CER72C, COD1555, M500B
КД205Ж	40808, 1N2086, 1N3750, 1N5217, 1N555, 1T506, 2T506, 3T506, 5J6, 60AS, 60M, 60S5, BR26, CER710, COD15564, D65C, ERD600, IS1232, IS1914, J600
КД205И	1N1258, 1N2878, 1N2879, B250C300
КД205Л	1N1082A, 1N1440, 1N1488, 1N1489, 1N1557, 1N1647, 1N2069A, 1N2092, 1N2105, 1N2482, 1N2611, 1N2860, 1N3193, 1N3239, 1N3253, 1N3277, 1N3639, 1N3656, 1N4365, 1N441B, 1N538, 1S032, 1S101, 1S41, 2G8, 5MA2, 72R2B, 75R2B, 7J2, A3C1, A3C3, A3C9, A3C5, B3C1, B3C9, BR42, CER69, COD1532, D200, DK752, H200, M69, MB260, ZR62, ZS172
КД206	IS425
КД206А	BR106A
КД206Б	40113, 1N2256, 1N2256A, 1N2257, 1N2257A, 367K, 408K, 50J2P, D5010, E6H3, F2H3, G5010, IS165
КД206В	40114, 10PM6, 1N2258, 1N2258A, 1N2259, 1N2259A, 1N4438, 367M, 408M, 66R2, 66R2S, BYX42/600, D6010, E6K3, H6010, IS166
КД208А	1.5E1, 1.5J1, 1500SIt, 1N1053, 1N1085, 1N1115, 1N1446, 1N1450, 1N1563, 1N1617, 1N2289, 1N2289A, 1N2290A, 1N2391, 1N2400, 1N2409, 1N2418, 1N2638, 1N2847, 1N4817, 1N5392, 1S020, 1WS1, A121-1t, A132-1t, A168-1t, A7B1, A7B5, A7B9, B7B1, B7B5, B7B9, BR81D, COD15314, CTN100, CTP100, IS1071, IS1849, IS444, M1B1, M1B5, M1B9, MB236, ZL103M, ZS271
КД20В	F2K3
КД210Б	40115, 10PM8, 1N2260, 1N2260A, 1N2261, 1N427, 1N4439, 408S, 68R2, 68R2S, BR108A, D8010, E6N3, F2N3, G8010, G8HZ, IS427, IS544
КД503А	1N4147, 1N5720, HD4101, HMG4147, HS1395, CG84H
КД509А	1N3064, 1N3600, 1N3873, 1N3873H, 1N3954, 1N4306, 1N4307, 1N4454, 1N4532, 1N903A, 1N903AM, 1N903M, 1N908A, 1N908AM, 1TT44, BAX13, BAX13A, BAX80, BAY38, BAY63, BAY71, BAY74, BAY89, BSA71, FD100, GP350, HDS9009, HMG3600, HMG3873, HMG3954, HMG4150, HMG4322, HS9009, MA4303, MA4304, MA4305, MA4306
КД512А	1TT33, ZS140, 1N3063, 1N3064M, 1N3065, 1N3604, 1N3606, 1N3607, 1N4148, 1N4149, 1N4153, 1N4305, 1N4446, 1N4447, 1N4448, 1N4449, 1N4531, 1N5151, 1N5318, 1N914A, 1N914B, 1N916A, 1N916B, BAW62, BAX91C/TF102, BAX95/TF600, FD600, FDN600, HMG3064, HMG4319, HS9010, HS9501, HS9504, HS9507, MA4307, MA4308, 1N914M
КД521Б	BAW63, GP360, LDD10, LDD15, LDD5, LDD50
КД521Г	1N1219, 1N1220, 1N1473, 1N3067, 1N904, 1N905A, 1N905AM, 1N905M, 1N906A, 1N906AM, 1N906M, 1N907, BAV54-30, BAW63A, GP330, HDS9010, HMG3596, HMG3598, HMG904, HMG904A, HMG907, HMG907A, IS1219, IS1220, IS1473
КC133А	1103, 5508, 1N5518B, 1N5518C, 1N5518D, 2A44, BZX46C3V3, BZX55C3V3, BZX83C3V3, BZY85B3V3, BZY88C33, C6102, HS033A, HS033B, HS7033, IS2033, IS2033A, IS7033, KS033A, KS033B, LR33H, ZF3,3, ZG3,3, ZP3,3
КC139А	1N1927, 1N4622, 1N4686, BZY85C39, HS2039, KS2039A, KS2039B
КC147А	1104, 1N4624, 1N4688, BZY56, BZY83C4V7, BZY83D4V7, BZY85C4V7, GLA47A, GLA47B, HS2047, KS2047A, KS2047B, LAC2002

Таблица 8.1 (продолжение)

Тип	Зарубежный аналог
KC168A	1106, 1N4099, 1N710A, BLVA168, BLVA168B, BLVA168C, BLVA168A, BLVA468, BLVA468A, BLVA468B, BLVA468C, BZX58C6V8, BZY60, BZY83C6V8, BZY83D6V8, KS2068A, KS2068B, LDZ70/6A8, ZZ6,8
KC168B	1N1984, 1N1984B, 1N1984A, 653C3, AZ6,8, BZ6,8
KC170A	653C4
KC175A	9607, AZ7,5, BZ7,5, BZX84C7V5, BZX84C7V8, ZZ7,5
KC182A	1N1985A, 1N1985C, AZ8,2, BZ8,2, LZ8,2, ZZ8,2
KC190A	IS472, KS77, KS78, KS78A
KC191A	AZ9,1, BZ9,1, BZX84C9V1, ZZ9,1
KC196A	BLVA195, BLVA195A, BLVA195B, BLVA195C, BLVA495, BLVA495A, BLVA495B, BLVA495C
KC210B	1N1986B, 1N1986, 1N1986A, 655C9, AZ10, BZX84C10, Z10
KC210B	ZZ10
KC211Ж	AZ11, AZX84S11, BZX84C11, Z11, ZZ11
KC213Б	AZ13, Z13
KC213B	ZZ13
KC215Ж	1N1988, 1N1988A, 1N1988C, AZ15, Z15, ZZ15
KC218Ж	1N1989, 1N1989A, 1N1989B
KC222Ж	1N1990, 1N1990A, 1N1990B, AZ22, Z22, ZZ22
KC433A	7708
KC447A	BZX85C4V7, Z47CH, ZEC4,7, ZM4,7
KC456A	1N1520A, 1N1765, 1N1765A, 1N3827, 1N3827A, 1N4655, 1N4734, 1N4734A, BZX29C5V6, BZX85C5V6, CZ5,6, FPZ5V6, JAN1N3827A
KCM190A	654C9
МД21	IS2354
МД217	1N1407, 1N876
МД218	100D10, 100K10, 10R10B, 1N2374, 1N3282, 1N365, 1N878, EZ100, IS1225
МД3А	3FD121, CGD309
МД3Б	1N4008

8.2. Тиристоры и симисторы

Зарубежные аналоги отечественных тиристоров и симисторов приведены в табл. 8.2.

Зарубежные аналоги отечественных тиристоров и симисторов

Таблица 8.2

Тип	Аналог
2Т112-10	10PCRL
Т10-10	10FCRL
Т10-12	TAG665-500, TAG666-500, TAG675-600, 2N3668, 2N3669, 2N3670
Т10-16	2N1844—2N1850
Т10-20	2N6168—2N6170
Т10-25	2N691A, 2N692A
Т10-40	TUG840

Таблица 8.2 (продолжение)

Тип	Аналог
T10-80	2SF122
T112-10	10PCR, TAG10-800, TAG10-90
T112-16	2N1843A—2N1845A
T122-20	2N1842B—2N1848B
T122-25	2N683—2N685
T122-25	2N683—2N685
T123-200	2N2574
T123-250	30TN80
T131-40	TUG940
T132-40	TUH1040
T133-400	C380A
T141-40	2SF734
T141-80	2SF782
T142-32	BTW92—1000RU
T142-80	2SF126
T143-500	60TR20, 60TR40, 60TR60, 60TR80, 60TR100, 60TR120, 80TR10, 80TR20, 80TR40
T143-630	244TB1—244TB5
T143-630	244TB1
T15-100	BTX38-500R
T15-160	101RC20
T15-160	101RC20
T151-80	2SF783
T15-250	30TN40
T152-80	2SF128
T15-32	BTW92-1000RM
T153-800	C390E
T161-160	101RA110, 101RC25, 101RC30, 101RC40, 101RC50, 101RC60, 101RC70, 101RC80
T16-250	30TN60
T16-400	2SF932-2SF939
T171-200	2N2548—2N2550, NLC178A, NLC178B, NLC178C
T171-250	30TN100, 30TN120, FT250B4, FT250B6, FT250B8, FT250B10, FT250B12
T2-12	2N6397—2N6399
T222-25	2N686-2N688, 2N2888, 2N2889
T232-50	SKT24-08C, SKT24-10C, SKT24-12C, SKT24-14C, SKT24-16C, BTW48-400, BTW48-500, BTW48-600
T242-32	BTW31-1200R, BTW40-200R, BTW40-400R, BTW40-800R
T252-80	2SF784, 2SF130, 2SF785, C45A, C45B, C45C, C45G, C46A, C46B, C46C, C46G, C46H
T253-1000	3654-3659, PSIH800-1, PSIH800-2, PSIH800-3, PSIH800-4
T253-1250	662T27, 662T29, 662T31, 662T33, 662T35, C601N, C601T, C601P
T253-800	C390M
T353-800	C390EC, C390N, C390T, C390P, FT800C4, FT800C6, FT800C8, FT800C10, FT800C12, FT800C16
TC122-20	T120KB, T220KB, T320KB, T420KB, T520KB, T530KB, T620KB, T820KB, T1020KB, T1220KB
TC122-25	25KH01—125KH08
TC142-80	T8420M, T8410B, T8410D, T8410M
TC160	FB150A16
TC160-100	100AC100, 100AC40, 100AC60
TC161-100	TKAL110, TKAL120, TKAL180, TKAL1100, TKAL1120, 100AC40, 100AC60, 100AC100, FB150A4
TC161-160	BCR150B20, BCR150B24, FB150A20, FB150A24

Таблица 8.2 (продолжение)

Тип	Аналог
TC171-250	TKAL210, TKAL220, TKAL240, TKAL260, TKAL280, TKAL2100
TC2-10	2N6142
TC2-63	PT260
TБ1160-80	CR31-104CA, CR31-104BA, CR31-104AA, CR31-204DA, CR31-304CA, CR31-304BA, CR31-404DA
TБ151-63	C148S30, C148N30, C148T30, C148P30, C149A10, C149A20, C149B10, C149B20, C149C10
TБ171-160	C578-10gv2, C579-10gw2, C578-12gu2, C579-12gv2, C579-12gv3
E131-50	SKT24-04C
T10-50	SKT24-02C
T10-63	40RCS30
T123-320	T165F400TEC
T132-50	SKT24-06C
T133-320	T165F600TEC
T141-63	40RSC40
T141-63	40RSC50
T143-400	C380B
T151-100	BTX38-700R, BTX38-800R
T151-63	40RSC60
T15-200	2N2543-2N2546
T152-63	40RSC70
T153-630	244TB2, 244TB3, 244TB4, 244TB5, ATS5H, ATS6H, ATS7H, ATS8H, ATS9H
T15-80	25F124
T161-125	81RK100, 81RK100M, 81RC100, 81RK110, 81RK120, 81RK130
T16-320	T165F200TEC
T16-500	60TR10
T171-320	T165F800TEC, T165F900TEC, T165F1000TEC, T165F1100TEC, T165F1200TEC, T165F1300TEC
T173-1250	662T25
T232-40	25F736-25F739, SKT16-02C, SKT16-04C, SKT16-06C, SKT16-08C, SKT16-10C, SKT16-12C, SKT16-14C
T242-63	40RSC80
T252-63	40RSC90, 40RSC100, 40RSC110, 40RSC120
T5-125	81RC90
TБ133-200	T171F600EEC, T171F800EEC, T171F1000EEC, T171F1200EEC, T607011374BT
TБ133-250	FT250BY6, FT250BX4, FT250BY8, FT250BX6, FT250BY10, FT250BX10
TБ143-320	PSIE401-1STF, PSIE401-2STF, PSIE401-3STF, PSIE401-4STF, PSIE401-5STF, PSIE401-6STF
TБ143-400	240PAL60, 240PAM70, 240PAL70, 240PAM80, 240PAL80, 240PAM90, 240PAL90, 240PAM100, 240PAL100, 240PAL110
TБ151-50	37TB2, 37TB3, 37TB4, 37TB5, 37TB6, 37TB7, 37TB8, 37TB9, 37TB10, 37TB11, 37TB12
TБ153-630	FT500DY16, FT500DX16, FT500DY20, FT500DX20, FT500EY20, FT500EX20, FT500DY24, FT500DX24, FT500EY24, FT500EX24
TБ153-800	500S10H
TБ161-100	38TB1-38TB10
TБ171-200	T171F400EEC
TБ253-1000	C448E, C448M, C448S, C448N, C448T, C448P, C448PA, C448PB
TБ253-800	500SS12H, 500S12H, 550RBQ20, 550RBQ30, 550RBQ40, 550RBQ50
TC112-10	2N6151, 2N6154, 2N6153, 2N6152, 2N6155, 2N6153, 2N6156
TC112-16	T6001B, T6006B, T6001C, T6006B, T6001D, T6006D, T6000E, T6001E, T6006E
TC122-25	25KH01—25KH06, 25KH08
TC125	BCR150B4

Таблица 8.2 (продолжение)

Тип	Аналог
TC132-40	2N5441—2N5443, T6400M, T6406M, T640D8, T640KB
TC132-50	50AS40A, 50AS60, 50AS60A, 50AS80, 50AS80A, 50AS100, 50AS100A, 50AS120, 50AS120A
TC142-63	SPT260, T8421B, PT360, SPT360, PT460, SPT460, PT560, PT660
TC161-125	FB150A4, FB150A6, BCR150B6, BCR150B8
TC171-200	2N5257, 2N5258, 2N5259, 2N5260, 2N5261
TC2-16	T6000B
TC2-25	2N5806—2N5808
TC2-40	2N5441—2N5446
TC2-50	50AC40
TC2-80	T8420B
TC80	T8420D
TC100	38TB1—38TB10
TC125	81RM10, 81RM20, 81RM30, 81RM40, 81RM50, 81RL50, 82RL50, 81RL60, 82RL60, 81RL80
TC25	2N685A5, 2N690S, 2N691A5, 2N691AS, 2N687AS—2N689AS
TC40	CR24-202BB, CR24-202AB, CR24-302CB, CR24-302BB, CR24-302AB, CR24-402CB, CR24-402BB, CR24-402AB, CR24-502CB, CR24-502BB
TC50	37TB1
TC63	C148M30
TC80	CR31-104DA

8.4. Оптоны и оптореле

В табл. 8.3 приведены отечественные электромагнитные реле, которые являются аналогами отечественных твердотельных реле. В табл. 8.4 приведены отечественные герконовые реле и их аналоги твердотельные реле.

Отечественные электромагнитные реле и их аналоги твердотельные реле

Таблица 8.3

Электромагнитные реле	Твердотельные реле	Электромагнитные реле	Твердотельные реле	Электромагнитные реле	Твердотельные реле
МКУ48	5П139А2	РГК29-3	249КП5Р	РГК45	249КП5Р
РГК13	249КП5Р	РГК35	249КП5Р	РГК45-1	249КП5Р
РГК14	249КП5Р	РГК35-1	249КП5Р	РГК45-2	249КП5Р
РГК15	249КП5Р	РГК35-2	249КП5Р	РГК48	249КП5Р
РГК16	249КП5Р	РГК36	249КП5Р	РГК49	249КП5Р
РГК17	249КП5Р	РГК37	249КП5Р	РГК50	249КП5Р
РГК18	249КП5Р	РГК38	249КП5Р	РКНС	5П139А2
РГК26	249КП5Р	РГК41	249КП5Р	РЛ1	249КП5Р
РГК27	249КП5Р	РГК42	249КП5Р	РМУГ	249КП5Р
РГК28	249КП5Р	РГК43	249КП5Р	РСМ	249КП5Р
РГК29	249КП5Р	РГК44	249КП5Р	РСЧ52	5П139А2
РГК29-1	249КП5Р	РГК44-1	249КП5Р	РЭА11	249КП4АТ
РГК29-2	249КП5Р	РГК44-2	249КП5Р	РЭА11	249КП10АР

Таблица 8.3 (продолжение)

Электромагнитные реле	Твердотельные реле	Электромагнитные реле	Твердотельные реле	Электромагнитные реле	Твердотельные реле
РЭА12	249КП4АТ	РЭК63-1	249КП5Р	РЭС44	249КП5Р
РЭА12	249КП10АР	РЭК65	249КП5Р	РЭС47	5П139А2
РЭВ14	249КП4АТ	РЭК67	249КП5Р	РЭС48	5П139А2
РЭВ14	249КП10АР	РЭК76	5П139А2	РЭС49	249КП5Р
РЭВ15	249КП4АТ	РЭК80	249КП5Р	РЭС52	249КП5Р
РЭВ15	249КП10АР	РЭК81	249КП5Р	РЭС53	5П139А2
РЭВ16	249КП4АТ	РЭК83	5П139А2	РЭС54	5П139А2
РЭВ16	249КП10АР	РЭК84	5П139А2	РЭС55	249КП5Р
РЭВ17	249КП4АТ	РЭК85	249КП5Р	РЭС59	249КП5Р
РЭВ17	249КП10АР	РЭК87	5П139А2	РЭС60	249КП5Р
РЭК11	249КП5Р	РЭК88	5П139А2	РЭС64	249КП5Р
РЭК21	5П139А2	РЭК90	249КП5Р	РЭС78	5П139А2
РЭК23	249КП5Р	РЭК93	5П139А2	РЭС79	249КП5Р
РЭК24	5П139А2	РЭК94	5П139А2	РЭС79-1	249КП5Р
РЭК28	5П139А2	РЭК96	249КП5Р	РЭС80	249КП5Р
РЭК29	5П139А2	РЭК97	249КП5Р	РЭС80-1	249КП5Р
РЭК30	249КП5Р	РЭК99	249КП5Р	РЭС81	249КП5Р
РЭК34	5П139А2	РЭК99-1	249КП5Р	РЭС82	249КП5Р
РЭК37	249КП5Р	РЭН18	5П139А2	РЭС83	249КП5Р
РЭК43	5П139А2	РЭН29	5П139А2	РЭС84	249КП5Р
РЭК48	249КП5Р	РЭН32	5П139А2	РЭС85	249КП5Р
РЭК52	5П139А2	РЭС10	5П139А2	РЭС86	249КП5Р
РЭК53	5П139А2	РЭС15	249КП5Р	РЭС9	5П139А2
РЭК55	249КП5Р	РЭС22	5П139А2	РЭС90	5П139А2
РЭК58	5П139А2	РЭС32	5П139А2	РЭС91	249КП5Р
РЭК60	249КП5Р	РЭС34	5П139А2	РЭС93	249КП5Р
РЭК61	249КП5Р	РЭС42	249КП5Р		
РЭК63	249КП5Р	РЭС43	249КП5Р		

Отечественные герконовые реле и их аналоги твердотельные реле

Таблица 8.4

Герконовые реле	Твердотельные реле	Герконовые реле	Твердотельные реле	Герконовые реле	Твердотельные реле
РГА12	249КП10АР	РГК54	5П139А2	РЭВ20	249КП4АТ
РГА12	249КП4АТ	РЭВ18	249КП10АР		
РГК52	5П139А2	РЭВ18	249КП4АТ		

8.5. Фотоприемные полупроводниковые приборы

Аналоги отечественных фотоприемных приборов приведены в табл. 8.5.

Аналоги отечественных фотоприемных приборов

Таблица 8.5

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
ФД-10К	BPW21R	ФД-8К	VBP104FAS	ФТ-1Г	ТЕМТ6200FX01
ФД-11К	BPW20RF	ФД-8К	VBP104FASR	ФТ-1К	ТЕКТ5400S
ФД-11К	BPW46	ФД-8К	VBPW34FAS	ФТ-1К	ТЕРТ5600
ФД-11К	T1116P	ФД-8К	VBPW34FASR	ФТ-1К	ТЕРТ5700
ФД-17К	BPW83	ФД-8К	VBPW34S	ФТ-2Г	BPV11
ФД-19КК	BPW82	ФД-8К	VBPW34SR	ФТ-2Г	BPV11F
ФД-19КК	ТЕМД6200FX01	ФД-8К	ТЕМД2000X01	ФТ-2Г	BPW76A
ФД-19КК	ТЕСП5700	ФД-8К	ТЕМД2020X01	ФТ-2Г	BPW76B
ФД-20КП	BPV22F	ФД-9К	BPW34	ФТ-2Г	BPW77NA
ФД-20КП	BPV22NF	ФД-9К	BPW34S	ФТ-2Г	BPW77NB
ФД-20КП	BPV22NFL	ФД-9К	ТЕМД5010X01	ФТ-2Г	ТЕФТ4300
ФД-20КП	VBP104S	ФД-9К	ТЕМД5020X01	ФТ-2Г	ТЕМТ1520
ФД-20КП	VBP104SR	ФД-9К	ТЕМД5080X01	ФТ-2Г	ТЕСТ2600
ФД-23К	T1120P	ФД-9К	ТЕМД5110X01	ФТ-2К	ТЕРТ4400
ФД-252	BPW24R	ФД-9К	ТЕМД5120X01	ФТ-3	BPW85A
ФД-25К	T1110P6	ФД-9К	ТЕМД5510FX01	ФТ-3	BPW85B
ФД-6К	T1610P	ФДК-1	ТЕМД6010FX01	ФТ-3	BPW85C
ФД-8К	BPV23F	ФДК-155	BPV10	ФТ-3Г	BPW16N
ФД-8К	BPV23FL	ФДК-155	BPV10NF	ФТГ-4	BPW17N
ФД-8К	BPV23NF	ФТ-1Г	BPW96B	ФТГ-5	ТЕМТ7000X01
ФД-8К	BPV23NFL	ФТ-1Г	BPW96C		
ФД-8К	BPW41N	ФТ-1Г	ТЕМТ6000X01		

8.6. Транзисторы

Биполярные транзисторы

Зарубежные аналоги отечественных биполярных транзисторов приведены в табл. 8.6.

Зарубежные аналоги отечественных биполярных транзисторов

Таблица 8.6

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
КТ209	МР5404	КТ3107КМ	BC308C	КТ3130Б9	BCW72	КТ6109Г	SS9012G
КТ3102АМ	BC547A	КТ3107ЛМ	BC309C	КТ3130В9	BCW31	КТ6109Д	SS9012H
КТ3102БМ	BC547B	КТ3117А	2N2221	КТ3142А	2N2369	КТ6110А	SS9013D
КТ3102ВМ	BC548B	КТ3117Б	2N2222A	КТ3189А9	BC847A	КТ6110Б	SS9013E
КТ3102ДМ	BC549C	КТ3126А	BF506	КТ3189Б9	BC847B	КТ6110В	SS9013F
КТ3107БМ	BC308A	КТ3127А	2N4411	КТ3189В9	BC847C	КТ6110Г	SS9013G
КТ3107ГМ	BC308A	КТ3129Б9	BC857A	КТ368А9	BF599	КТ6110Д	SS9013H
КТ3107ДМ	BC308B	КТ3129В9	BC858A	КТ6109А	SS9012D	КТ6111А	SS9014A
КТ3107ЖМ	BC309B	КТ3129Г9	BC858B	КТ6109Б	SS9012E	КТ6111Б	SS9014B
КТ3107ИМ	BC307B	КТ3130А9	BCW71	КТ6109В	SS9012F	КТ6111В	SS9014C

Таблица 8.6 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
KT6111Г	SS9014D	KT639Д	BD138-10	KT8107A	BU508A	KT872Б	BU508
KT6112A	SS9015A	KT639E	BD140-6	KT8109A	TIP151	KT872Г	BU508D
KT6112Б	SS9015B	KT639Ж	BD140-10	KT8110A	2SC4242	KT878A	BUX98
KT6112B	SS9015C	KT644A	PN2905A	KT8121A	MJE13005	KT878Б	2N6546
KT6113A	SS9018D	KT644Б	PN2906	KT8126A	MJE13007	KT878B	BUX98A
KT6113Б	SS9018E	KT644B	PN2907	KT8126Б	MJE13006	KT879A	2N6279
KT6113B	SS9018F	KT644Г	PN2907A	KT814Б	BD136	KT879Б	2N6278
KT6113Г	SS9018G	KT645A	2N4400	KT814B	BD138	KT892A	TIP661
KT6113Д	SS9018H	KT645Б	2N4400	KT814Г	BD140	KT892Б	BU932Z
KT6113E	SS9018I	KT646A	2SC495	KT815Б	BD135	KT892B	TIP662
KT6114A	SS8050B	KT646Б	2SC496	KT815B	BD137	KT899A	2N6388
KT6114Б	SS8050C	KT660A	BC337	KT815Г	BD139	KT9116A	TPV-394
KT6114B	SS8050D	KT660Б	BC338	KT8164A	MJE13005	KT9116Б	TPV-375
KT6115A	SS8550B	KT668A	BC556	KT8164Б	MJE13004	KT9133A	TPV-376
KT6115Б	SS8550C	KT668Б	BC557	KT8170A1	MJE13003	KT9142A	2SC3218
KT6115B	SS8550D	KT668B	BC558	KT8170Б1	MJE13002	KT9150	TPV-595
KT6116A	2N5401	KT684A	BC636	KT8176A	TIP31A	KT9151A	2SC3812
KT6116Б	2N5400	KT684Б	BC638	KT8176Б	TIP31B	KT9152A	2SC3660
KT6117A	2N5551	KT684B	BC640	KT8176B	TIP31C	KT928A	2N2218
KT6117Б	2N5550	KT685A	PN2906	KT8177A	TIP32A	KT928Б	2N2219
KT6128A	SS9016D	KT685Б	PN2906A	KT8177Б	TIP32B	KT928B	2N2219A
KT6128Б	SS9016E	KT685B	PN2907	KT8177B	TIP32C	KT940A	BF458
KT6128B	SS9016F	KT685Г	PN2907A	KT817Б	BD233	KT940Б	BF457
KT6128Г	SS9016G	KT686A	BC327-16	KT817B	BD235	KT940B	BF459
KT6128Д	SS9016H	KT686Б	BC327-25	KT817Г	BD237	KT961A	BD139
KT6128E	SS9016I	KT686B	BC327-40	KT818Б	TIP42	KT961Б	BD137
KT6136A	2N3906	KT686Г	BC328-16	KT819Б	TIP41	KT961B	BD135
KT6137A	2N3904	KT686Д	BC328-25	KT840A	BU326A	KT969A	BF469
KT635Б	2N3725	KT686E	BC328-40	KT840Б	BU126	KT972A	BD877
KT639A	BD136-6	KT728A	MJ3055	KT856A	BUX48A	KT972Б	BD875
KT639Б	BD136-10	KT729A	2N3055	KT856Б	BUX48	KT973A	BD878
KT639B	BD136-16	KT808AM	2SC1619A	KT867A	BUY21	KT973Б	BD876
KT639Г	BD138-6	KT808БM	2SC1618	KT872A	BU508A		

Полевые транзисторы

Зарубежные аналоги отечественных полевых транзисторов приведены в табл. 8.7.

Зарубежные аналоги отечественных полевых транзисторов

Таблица 8.7

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
КП150	IRF150	КП718А	BUZ45	КП739Б	IRFZ10	КП747А	IRFP150
КП240	IRF240	КП718Е1	IRF453	КП739В	IRFZ15	КП748А	IRF610
КП250	IRF250	КП720	IRF720	КП740	IRF740	КП748Б	IRF611
КП340	IRF340	КП722А	BUZ36	КП740А	IRFZ24	КП748В	IRF612
КП350	IRF350	КП723А	IRFZ44	КП740Б	IRFZ20	КП749А	IRF620
КП365А	BF410С	КП723Б	IRFZ45	КП740В	IRFZ25	КП749Б	IRF621
КП382А	BF960	КП723В	IRFZ40	КП741А	IRFZ48	КП749В	IRF622
КП440	IRF440	КП723Г	IRLZ44	КП741Б	IRFZ46	КП750А	IRF640
КП450	IRF450	КП724А	MTP6N60	КП742А	STH75N06	КП750Б	IRF641
КП501А	ZVN2120	КП724Б	IRF842	КП742Б	STH75N05	КП750В	IRF642
КП502	BSS124	КП725А	TPF450	КП743А	IRF510	КП750Г	IRL640
КП503	BSS129	КП726А	BUZ90А	КП743Б	IRF511	КП751А	IRF720
КП504	BSS88	КП727А	BUZ71	КП743В	IRF512	КП751Б	IRF721
КП505	BSS295	КП727Б	IRFZ34	КП744А	IRF520	КП751В	IRF722
КП510	IRF510	КП727В	IRLZ34	КП744Б	IRF521	КП752А	IRF730
КП520	IRF520	КП728А	BUZ80А	КП744В	IRF522	КП752Б	IRF731
КП530	IRF530	КП730	IRF730	КП744Г	IRL520	КП752В	IRF732
КП540	IRF540	КП730А	IRGPH50F	КП745А	IRF530	КП753А	IRF830
КП610	IRF610	КП731А	IRF710	КП745Б	IRF531	КП753Б	IRF831
КП620	IRF620	КП731Б	IRF711	КП745В	IRF532	КП753В	IRF832
КП630	IRF630	КП731В	IRF712	КП745Г	IRL530	КП771А	STP40N10
КП640	IRF640	КП737А	IRF630	КП746А	IRF540	КП820	IRF820
КП707Б1	BUZ90	КП737Б	IRF634	КП746Б	IRF541	КП830	IRF830
КП710	IRF710	КП737В	IRF635	КП746В	IRF542	КП840	IRF840
КП717Б	IRF350	КП739А	IRFZ14	КП746Г	IRL540		

8.7. Микросхемы

Микросхемы ТТЛ

Заводы изготовители вынуждены изготавливать ТТЛ микросхемы функционально идентичные соответствующим мировым аналогам, а поэтому все параметры микросхемы, даже не гарантируемые отечественным изготовителем, автоматически оказываются практически идентичными параметрам других изготовителей.

Исходя из этого, можно пользоваться справочниками западных изготовителей для тех отечественных микросхем, которые имеют соответствующим

ющие аналоги. Строго говоря, справочник по зарубежным микросхемам ТТЛ оказывается адаптированным под соответствующие отечественные аналоги.

Соответствие микросхем ТТЛ по принципу «Зарубежная серия ИМС — Отечественная серия ИМС» имеют такой вид:

SN54	— 133;	SN54F	— 1531;	SN74LS	— 555;
SN54H	— 130;	SN54HC	— 1564;	SN74ALS	— KP1533;
SN54S	— 530;	SN54AC	— 1554;	SN74AS	— KP1530;
SN54LS	— 533;	SN74	— 155;	SN74F	— KP1531;
SN54ALS	— 1533;	SN74H	— 131;	SN74HC	— KP1564;
SN54AS	— 1530;	SN74S	— 531;	SN74AC	— KP1554.

Так, многие отечественные ТТЛ-серии являются аналогами 74-ой серии импортных микросхем.

ПОЛНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ МИКРОСХЕМЫ состоит из первых двух букв, соответствующих производителю, например:

SN — Texas Instruments; MC — Motorola; MM — Fairchild.

Далее следуют две цифры, определяющие тип логики и область применения микросхемы:

74 — ТТЛ, ТТЛШ, коммерческое применение;

54 — ТТЛ, ТТЛШ, военное применение.



Примечание.

Отличие, в этом случае, состоит в температурном диапазоне, допустимом отклонении напряжения питания и конструктивном исполнении.

После числа 74 может следовать аббревиатура LS, ALS или просто одна буква S, что является обозначением варианта схемотехнологической реализации:

S — Schottky;

LS — Low-power Schottky;

ALS — Advanced Low-power Schottky.



Примечание.

В ИМС, которые являются аналогами серий 155, указанная буквенная позиция отсутствует.

Последний элемент — это буквенный код, определяющий тип корпуса:

N — пластмассовый DIP; J — керамический DIP и пр.

В табл. 8.8 показано соответствие по функциональному назначению отечественных микросхем микросхемам 74 серии.

Соответствие по функциональному назначению
отечественных микросхем микросхемам 74 серии

Таблица 8.8

74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ
0	ЛАЗ	65	ЛР10	148	ИБ1	216	АП2	379	ТМ10
1	ЛА8	72	ТВ1	150	КП1	221	АГ4	381	ИК2
2	ЛЕ1	74	ТМ2	151	КП7	224	РУ12	384	ИП9
3	ЛА9	75	ТМ7	152	КП5	225	РУ10	385	ИМ7
4	ЛН1	76	ТК3	153	КП2	237	ИР35	390	ИЕ20
5	ЛН2	77	ТМ5	154	ИД3	238	ИД19	393	ИЕ19
6	ЛН3	78	ТВ14	155	ИД4	240	АП3	395	ИР25
7	ЛП9	80	ИМ1	156	ИД5	241	АП4	396	ИР43
8	ЛИ1	81	РУ1	157	КП16	242	ИП6	399	КП20
9	ЛИ2	82	ИМ2	158	КП18	243	ИП7	450	ЛП7
10	ЛА4	83	ИМ3	159	ИД19	244	АП5	451	ЛИ5
11	ЛИЗ	84	РУ3	160	ИЕ9	245	АП6	452	ЛА18
12	ЛА10	85	СП1	161	ИЕ10	247	ИД18	453	ЛЛ2
13	ТЛ1	86	ЛП5	162	ИЕ11	251	КП15	465	АП14
14	ТЛ2	89	РУ2	163	ИЕ18	253	КП12	466	АП15
15	ЛИ4	90	ИЕ2	164	ИР8	257	КП11	482	ВГ1
16	ЛН5	91	ИР2	165	ИР9	258	КП14	533	ИР40
17	ЛП4	92	ИЕ4	166	ИР10	259	ИР30	534	ИР41
20	ЛА1	93	ИЕ5	168	ИЕ16	260	ЛЕ7	537	ИД22
21	ЛИ6	95	ИР1	169	ИЕ17	261	ИП8	540	АП12
22	ЛА7	97	ИЕ8	170	ИР32	280	ИП5	541	АП13
23	ЛЕ2	98	ИР5	172	РП3	281	ИК4	573	ИР33
25	ЛЕ3	100	ТК7	173	ИР15	283	ИМ6	574	ИР37
26	ЛА11	107	ТВ6	174	ТМ9	289	РУ9	593	ИЕ21
27	ЛЕ4	109	ТВ15	175	ТМ8	292	ПЦ1	620	АП25
28	ЛЕ5	112	ТВ9	180	ИП2	295	ИР16	623	АП26
30	ЛА2	113	ТВ10	181	ИП3	297	ТР2	624	ГГ6
32	ЛЛ1	114	ТВ11	182	ИП4	298	КП13	626	ГГ2
33	ЛЕ11	121	АГ1	183	ИМ5	299	ИР24	630	ВЖ1
34	ЛИ9	123	АГ3	184	ПР6	301	РУ6	640	АП9
37	ЛА12	124	ГГ1	185	ПР7	322	ИР28	641	АП7
38	ЛА13	125	ЛП8	187	РЕ2	323	ИР29	643	АП16
40	ЛА6	126	ЛП14	189	РУ8	348	ИБ2	645	АП8
42	ИД6	128	ЛЕ6	190	ИЕ12	350	ИР42	646	ВА1
45	ИД24	129	ИД14	191	ИЕ13	352	КП19	648	ВА2
49	ПП4	132	ТЛ3	192	ИЕ6	353	КП17	651	АП17
50	ЛР1	134	ЛА19	193	ИЕ7	365	ЛП10	652	АП24
51	ЛР11	136	ЛП12	194	ИР11	366	ЛН6	670	ИР26
53	ЛР3	138	ИД7	195	ИР12	367	ЛП11	804	ЛА20
54	ЛР13	140	ЛА16	196	ИЕ14	368	ЛН8	805	ЛЕ8
55	ЛР4	141	ИД1	197	ИЕ15	373	ИР22	808	ЛИ7
60	ЛД1	145	ИД10	198	ИР13	374	ИР23	832	ЛЛ3
64	ЛР9	147	ИБ3	214	-	377	ИР27	873	ИР34

Таблица 8.8 (продолжение)

74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ	74 серия	ГОСТ
874	ИР38	1003	ЛА23	1011	ЛИ10	4002	ЛЕ9	4520	ИЕ23
881	ИП14	1004	ЛН8	1020	ЛА22	4006	ИР47	-	ИР50
882	ИП16	1005	ЛН10	1032	ЛЛ4	4015	ИР46		
1000	ЛА21	1008	ЛИ8	1034	ЛП16	4035	ИР51		
1002	ЛЕ10	1010	ЛА24	1035	ЛП17	4511	ИД23		

В табл. 8.9, табл. 8.10 приведены взаимозамены микросхем КМОП.

Аналоги микросхем серий 561, 1561 и серии 40xx

Таблица 8.9

ИМС 561, 1561	Аналог 40xx	ИМС 561, 1561	Аналог 40xx	ИМС 561, 1561	Аналог 40xx	ИМС 561, 1561	Аналог 40xx	ИМС 561, 1561	Аналог 40xx
АГ1	4098	ИЕ21	40161	ИР4	4031	ЛЕ10	4025	ПУ4	4050
ГГ1	4046	ИЕ8	4017	ИР6	4034	ЛЕ5	4001	ПУ6	40109
ИД1	4028	ИЕ9	4022	ИР9	4035	ЛЕ6	4002	ПУ7	4069
ИД4	4055	ИМ1	4008	КП1	4052	ЛИ2	4081	РУ2	4061
ИД6	4056	ИП2	4585	КП2	4051	ЛН1	4502	СА1	4531
ИД6	4555	ИП3	4581	КП3	4512	ЛН2	4049	ТВ1	4027
ИД7	4556	ИП4	4582	КП4	4519	ЛП1	4007	ТЛ1	4093
ИЕ10	4520	ИП5	4554	КП5	4053	ЛП14	4070	ТЛ2	40106
ИЕ11	4516	ИП6	40101	КТ1	4016	ЛП2	4030	ТМ1	4003
ИЕ14	4029	ИР10	4006	КТ3	4066	ЛП4	4000	ТМ2	4013
ИЕ15	4059	ИР12	4580	ЛА10	40107	ЛС2	4019	ТМ3	4042
ИЕ16	4020	ИР14	4076	ЛА7	4011	ПР1	4094	ТР2	4043
ИЕ19	4018	ИР15	40194	ЛА8	4012	ПУ2	4009	УМ1	4054
ИЕ20	4040	ИР2	4015	ЛА9	4023	ПУ3	4010		

Аналоги микросхем серии 40xx и серий 561, 1561

Таблица 8.10

ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561
4000	ЛП4	4014	нет	4026	нет	4044	нет	4066	КТ3
4001	ЛЕ5	4015	ИР2	4027	ТВ1	4046	ГГ1	4069	ПУ7
4002	ЛЕ6	4016	КТ1	4028	ИД1	4049	ЛН2	4070	ЛП14
4003	ТМ1	4017	ИЕ8	4029	ИЕ14	4050	ПУ4	4071	нет
4006	ИР10	4018	ИЕ19	4030	ЛП2	4051	КП2	4072	нет
4007	ЛП1	4019	ЛС2	4031	ИР4	4052	КП1	4073	нет
4008	ИМ1	4020	ИЕ16	4034	ИР6	4053	КП5	4075	нет
4009	ПУ2	4021	нет	4035	ИР9	4054	УМ1	4076	ИР14
4010	ПУ3	4022	ИЕ9	4038	нет	4055	ИД4	4077	нет
4011	ЛА7	4023	ЛА9	4040	ИЕ20	4056	ИД6	4078	нет
4012	ЛА8	4024	нет	4042	ТМ3	4059	ИЕ15	4081	ЛИ2
4013	ТМ2	4025	ЛЕ10	4043	ТР2	4061	РУ2	4082	нет

Таблица 8.10 (продолжение)

ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561	ИМС 40xx	Аналог 561, 1561
4085	нет	4097	нет	4519	КП4	4556	ИД7	40101	ИП6
4086	нет	4098	АГ1	4520	ИЕ10	4580	ИР12	40106	ТЛ2
4089	нет	4099	нет	4531	СА1	4581	ИП3	40107	ЛА10
4093	ТЛ1	4502	ЛН1	4541	нет	4582	ИП4	40109	ПУ6
4094	ПР1	4512	КП3	4554	ИП5	4584	нет	40161	ИЕ21
4096	нет	4516	ИЕ11	4555	ИД6	4585	ИП2	40194	ИР15

Компараторы

Отечественные компараторы и их зарубежные аналоги представлены в табл. 8.11 и табл. 8.12.

Отечественные компараторы и их зарубежные аналоги

Таблица 8.11

Операционный усилитель	Аналоги микросхемы и фирма производитель			
	Failchild	Motorola	National	Texas ins.
K521CA1	mA711H	MC1711G	LM1711H	SN72711L
K521CA2	mA710H	MC1710G	LM710H	SN52710L
K521CA3	—	—	LM111H	—
K554CA1	mA709C	MC1711P	LM711	SN72711N
K554CA3Б	—	—	LM211N	—
KP597CA3	—	—	LM119	—
K1401CA1	—	—	LM139	—
K1401CA2	—	—	LM2901	—
K1401CA3	—	—	LM393	—

Отечественные компараторы и их зарубежные аналоги

Таблица 8.12

Операционный усилитель	Аналоги микросхемы	
K521CA6	MAL319	—
KP521CA4	NE527N	SE527K
K521CA401	NE527H	—
K544CA4	SE527	AM653
KM597CA1	—	AM685M
KP597CA1	—	AM685
KM597CA2	—	AM686M
KP597CA2	—	AM 686
KM597CA3	—	1CB8001C
KP597CA3	LM119	1CB8001
K597CA3	—	CA3130B

Операционные усилители

Отечественные операционные усилители и их зарубежные аналоги представлены в табл. 8.13 и 8.14.

Отечественные операционные усилители и их зарубежные аналоги

Таблица 8.13

Операционный усилитель	Аналог микросхемы и фирма изготовитель			
	Fairchild	Motorola	National	Texas ins
K1401УД2	–	–	LM324	–
K1401УД1	–	–	LM2900	–
K1407УД2	mA747C	–	LM4250	–
K1408УД1	–	–	LM343	–
K140УД10	–	–	LM118	SN52118
K140УД11	–	–	LM318	–
K140УД12	mA776C	MC1776G	–	–
K140УД14	mA108H	–	LM108H	SN52108
K140УД1408	–	–	LM308	–
K140УД16	–	–	LM741CH	–
K140УД1А,Б	mA702	–	–	–
K140УД20	mA747CN	–	–	–
K140УД6	–	MC1456C	–	SN72770
K140УД7	mA741H	MC1741G	LM741H	SN72741L
K140УД8	mA740H	MC1556G	–	–
K153УД1А,Б	mA709CH	MC1709G	LM17091-	SN72710L
K153УД2	mA101H	MLM101G	LM101H	SN52101L
K153УД4	–	–	LM735	–
K153УД501	mA725H	–	–	–
K153УД5А,Б	mA725C	–	–	–
K153УД6	–	–	LM301A	–
K153УД3	mA709H	MC1709G	–	SN72709L
K153УД601	–	–	LM201Ah	–
K157УД2	–	–	LM301	–
K170АП1	–	MC75110	–	SN75110N
K170УП1	–	MC75107	–	SN75107N
K516УП1	mA726	–	–	–
K533УД3	mA709	–	–	–
K538УН1	–	–	LM318	SN72318
K544УД1	mA740	MC1740P	LM740	SN72740N
K548УН1	–	–	LM381	–
K553УД1	mA709	MC1709P	LM709	SN72709N
K553УД1А	–	–	M101AIV	–
K553УД2	–	–	LM301AP	–
KM551УД2АЕ	mA739C	–	–	–
KP140УД1А,Б	mA702C	–	–	–
KP140УД20	mA747C	–	–	–
KP140УД608	–	MC1456G	–	–
KP140УД9	mA709	–	–	–
KP551УД1А,Б	mA725B	–	–	–

Отечественные операционные усилители и их зарубежные аналоги

Таблица 8.14

Операционный усилитель	Аналоги микросхемы и фирма производитель			
	Разных фирм	RCA	Analog Devices	Hitachi
K1409УД1	—	CA3140	—	—
K140УД17А,Б	OP07E	—	—	—
K140УД18	LF355	—	—	—
K140УД22	LF356H	—	—	—
K140УД23	LF157	—	—	—
K140УД24	ICL7650	—	—	—
K154УД1А,Б	—	—	—	HA2700
K154УД2	—	—	—	HA2530
K154УД4	—	—	—	HA2520
K154УД3А,Б	—	—	AD509	—
K544УД2А,Б	—	CA3130E	—	—
K574УД1А—В	—	—	AD513	—
K574УД2А—В	TL083	—	—	—
KP544УД2,Б	LF357	—	—	—
KP551УД2А,Б	TBA931	—	—	—
KФ140УД7	SFC2741	—	—	—

Микросхемы АЦП и ЦАП

Отечественные аналоги микросхем АЦП и ЦАП приведены в табл. 8.15.

Отечественные микросхем АЦП и ЦАП и их зарубежные аналоги

Таблица 8.15

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1100СК2	HA2420	572ПА2Б	7541	K417ПА2	DAC85C-CB1
1107ПВ1	TDC1014J	572ПВ1А	AD7570	K572ПА2А-В	7541
1107ПВ2	TDC1007J	572ПВ1Б	AD7570	K572ПВ4А, Б	AD7581
1108ПА1А	HI562-В	572ПВ2	ICL7107	K594ПА1	AD562
1108ПА1Б	нет	572ПВ6	ICL7135	KM1118ПА1	MC10318
1108ПА3	MC1506	594ПА1	AD562	KM1118ПА4	CX20051
1108ПВ1А-В	TDC1013	K1107ПВ2	TDC1007	KP1100СК2	HA2420
1108ПП1	VFC-32SM	K1107ПВ3А	SDA5010	KP1100СК3	LF-398
1108ПП2	ICL8068	K1107ПВ3Б	SDA6020	KP1107ПВ5	SDA5201
1113ПВ1	AD571	K1107ПВ3В	SDA6020	KP1108ПП1А	VFC-32KP
1132ПВ1	нет	K1107ПВ4А,Б	TDC1025J	KP1108ПП1Б	VFC-32KP
1148ПА1	нет	K1107ПВ6	TDC1019J	KP1118ПА2	TDC1016J-10
427ПА1	DAC9377-16	K1108ПА1А	HI562	KP1118ПА3	SP9768
427ПА2	DAC370-18	K1108ПА1Б	HI562	KP1118ПА301	SP9768
427ПА3	DAC370-18	K1108ПВ2	AM6112C	KP1118ПА4	CX20051
427ПА4	DAC370-18	K1113ПВ1	AD571KD	KP1118ПА5	HI5612
572ПА1А-В	AD7520	K1118ПА1	MC10318	KP1446ПВ1	нет
572ПА2А	7541	K417ПА1	DAC85C	KP572ПА1А-Г	AD7520

Таблица 8.15 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
KP572ПА6	AD7533	KC1107ПВ5А-Б	SDA5200	M1118ПА2	TDC1016J
KP572ПА7	AD7541А	KC1118ПА6	нет	M1118ПА3А,Б	SP9768
KP572ПВ1А-Б	AD7570	KФ1100СК3А.Б	LF-398	M1143ПП1	нет
KP572ПВ2А-Б	ICL7107	KФ1446ПВ1	нет	H1108ПА1А	HI562
KP572ПВ5А	ICL7106	M1107ПВ7	TDC1019J	H1108ПА2	AD558
KP572ПП2	ICL7104	M1118ПА1	MC10318	H572ПВ3А, Б	AD7574

Микросхемы перемножителей

Микросхемы перемножителей и их зарубежные аналоги показаны в табл. 8.16.

Микросхемы перемножителей и их зарубежные аналоги

Таблица 8.16

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1141ПC2	нет	K526ПC1	MC1596	KM525ПC2Б	AD531
140МА1	нет	KM525ПC1	MC1595	KP525ПC3	AD534
525ПC3	AD534Т	KM525ПC2А	AD530	H525ПC4	MC1596S

Микросхемы коммутаторов и ключей

Микросхемы коммутаторов и ключей и их зарубежные аналоги представлены в табл. 8.17.

Микросхемы коммутаторов и ключей и их зарубежные аналоги

Таблица 8.17

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1104KH1	нет	434KP2A-Д	MDC635A	590KH4	HI5043	K1109KT10	ULN2074
1109KH5	ML491	522KH1	нет	590KH5	HI201	K1109KT1A/Б	DI210
1109KH6	MB491	522KH2	нет	590KH6	HI508A	K1109KT2	ULN2001A
1109KT5	нет	543KH1	AV6-4016	590KH7	HI5046	K1109KT21	ULN2002A
1109KT7	нет	543KH2	DG506	590KH8A	SD5000	K1109KT22	ULN2003A
1109KT8	нет	543KH3	DG201	590KH8Б	SD5200	K1109KT23	ULN2004A
1109KT9	нет	590KH10	DG308	590KH9	HI5048A	K1109KT24	ULN2005A
1127KH3	нет	590KH11	MVD807M	590KT1	AD7519	K1109KT4A,Б	UDN2841B
1127KH4	нет	590KH13	HI401	591KH4	CD22102	K1109KT61	ULN2801A
1127KH6	нет	590KH14	CD22100	K1109KH12A	DI510-80	K1109KT62-5	ULN2802A-5
149KT1A-Б	нет	590KH15	AD7591D1	KP1109KH15	нет	K190KT2П	ML160
190KT1	MEM2009	590KH17	HI1524	И590KH10	DG308	K547KP1A-Г	нет
190KT2	ML160	590KH19	нет	K1109KH1A,Б	MB491	K590KH12	AD7591D1
432KT2	нет	590KH2	HI1800	K1109KH2	D1510	K591KH1	MEM5116
434KP1	нет	590KH3	HI509A	K1109KH4A-Г	D1512	K591KH2	HI507

Таблица 8.17 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
K591KH3	HI506	KP1125KP2	нет	KP1834KH5	HI201	KP590KH7	HI5047
KA590KH1	3708	KP1125KP3	нет	KP1834KH6	HI508A	KP590KH8A	SD5000
KA590KH2	HI1800	KP1128KH1	L292	KP1834KH7	HI5048A	KP590KH8B	SD5200
KA590KH4	HI5043	KP1128KT1	L298	KP190KT1	MEM2009	KP590KH9	HI5048A
KA590KH5	HI201	KP1128KT2	L298	KP590KH1	3708	KP590KT1	AD7519
KB1077KP1-2	нет	KP1128KT3	L293B	KP590KH10	DG308	KC1010KT1	SN75494
KI590KH14	CD22100	KP1128KT4	L293D	KP590KH13	HI401	H1104KH2	нет
KM1010KT1	SN75494	KP1167KP1A-B	нет	KP590KH2	HI1800	H1150KH1	LZ1-032
KH590KH22	нет	KP1834KH1	CD22100	KP590KH3	HI509A	H149KT15-B	нет
KP1010KT1	SN75494N	KP1834KH2	HI507	KP590KH4	HI5043		
KP1014KT1A,B	VN2410M	KP1834KH3	HI509A	KP590KH5	HI201		
KP1014KT2	LS5120	KP1834KH4	CD22102	KP590KH6	HI508A		

Микросхемы фильтров и линий задержки

Микросхемы фильтров и линий задержки и их зарубежные аналоги представлены в табл. 8.18.

Микросхемы фильтров и линий задержки

Таблица 8.18

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1111ФН1	RS607	KP1016BP1	NN3011	H1111ФП1	CCDC2TIC
528BP1	нет	KP1127ФП1	MF-10	H1146ФН1	нет
528BP2	SAD1024	KP1146ФП1	MK5912	H1146ФН2	нет
528ФВ1	нет	KP1146ФП2	2912	H1146ХК1	нет
528ХК1	CR-4	KP1172ФП1A	LMF100		
593BP1	нет	H1111ФН2	нет		

Микросхемы для вторичных источников электропитания

Микросхемы для вторичных источников электропитания и их зарубежные аналоги представлены в табл. 8.19.

Микросхемы для вторичных источников электропитания и их зарубежные аналоги

Таблица 8.19

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1009EH21A	нет	1009EH23A	нет	1009EH2Г	AD584LH	1155EY1	LAS6300
1009EH21B	нет	1009EH23B	нет	1114EY3	TL494	1156EY1	mA78S40
1009EH21B	нет	1009EH23B	нет	1145EH1	нет	142EH10	нет
1009EH22A	нет	1009EH24A	нет	1145EH4	нет	142EH11	LM137K
1009EH22B	нет	1009EH24B	нет	1145EP1	нет	142EH12	LM117HVH
1009EH22B	нет	1009EH24B	нет	1145EP2	нет	142EH13	нет
1009EH22Г	нет	1009EH24Г	нет	1151EH1A-B	LM196	142EH16	нет

Таблица 8.19 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
142ЕН1А,Б	нет	K1156ЕН1	LM2925	KP1157ЕН5А-Г	LM78L05AC	KP1180ЕН5	MC7805
142ЕН2А,Б	нет	K1156ЕН5	LM2931T	KP1157ЕН9А-Г	LM78L09AC	KP1180ЕН6	MC7806
142ЕН3	нет	KP1033ЕУ10	UC3842	KP1162ЕН12	A9712	KP1180ЕН8	MC7808
142ЕН4	нет	KP1156ЕУ2	UC3825	KP1162ЕН15	A9715	KP1180ЕН9	MC7809
142ЕН5А,Б	MA7805	KP1156ЕУ3	UC3823	KP1162ЕН18	A9718	KP1182ГТ2	нет
142ЕН5В,Г	MA7805	KP1158ЕН (3-15)	LM2930	KP1162ЕН24	A9724	KP1182ГТ3	нет
142ЕН6А,Б	SG1501	K1009ЕН1А-В	TAA-550	KP1162ЕН5	A9705	KP1182ЕМ2	нет
142ЕН8А	SG7808K	K1009ЕН2А	AD584JH	KP1162ЕН6	A9706	KP1182КП1	MN611А
142ЕН8Б	SG7812K	K1009ЕН2Б	AD584KH	KP1162ЕН8	A9708	KP1182КП2	нет
142ЕН8В	SG7815K	K1009ЕН2В	AD584LH	KP1162ЕН9	A9709	KP1182ПМ1	нет
142ЕН9А	SG7818K	K1033ЕУ1	TDA4600	KP1168ЕН12	LM79L12	KP1182CA1	нет
142ЕН9Б	SG7824K	K1156ЕУ5	MC34063	KP1168ЕН15	LM79L15	KP142ЕН12А, Б	нет
142ЕН9В	LAS1528	KM1114ЕУ1А	MC1526	KP1168ЕН18	LM79L18	KP142ЕН14	MA723CN
142ЕП1	LM100	KM1114ЕУ1Б	MC3420	KP1168ЕН5	LM79L05	KP142ЕН15	SG3501
432ЕП3	нет	KP1033ЕУ2	TDA4605	KP1168ЕН9	LM79L09	KP142ЕН18А, Б	LT337А
432ЕП4	нет	KP1033ЕУ4	ML4812	KP1168ЕП1	ICL7660	KP142ЕН1А-Г	MA723
432ЕП5	нет	KP1114ЕУ4	TL494	KP1170ЕН12	LM2931Z12	KP142ЕН2А-Г	нет
542НД1	нет	KP1114ЕУ6	TDA4605	KP1170ЕН5	LM2931Z05	KP142ЕН5А, Б	MA7805KM
542НД2	нет	KP1114СП1	нет	KP1170ЕН9	LM2931Z09	KP142ЕН5В,Г	MA7805KM
542НД3	нет	KP1151ЕН1А-Б	LM196	KP1179ЕН12	MC7912	KP142ЕН8	SG7815K
542НД4	нет	KP1156ЕУ1	MA78540	KP1179ЕН5	MC7905	KP142ЕП1А, Б	LG200
542НД5	нет	KP1157ЕН12А-Г	LM78L12AC	KP1180ЕН12	MC7812	KP1158ЕН (3-15)	LM2931А
K1055ЕП2	нет	KP1157ЕН15А-Г	LM78L15AC	KP1180ЕН15	MC7815	ЭКР1087ЕУ1	TDA4605
K1055ЕП4	нет	KP1157ЕН18А-Г	LM78L15AC	KP1180ЕН18	MC7818		
K1155ЕУ2	L296	KP1157ЕН24А-Г	LM78L24AC	KP1180ЕН24	MC7824		

Микросхемы для формирователей видеосигналов

Микросхемы для формирователей видеосигналов и их зарубежные аналоги представлены в табл. 8.20.

Микросхемы для формирователей видеосигналов и их зарубежные аналоги

Таблица 8.20

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1119ПУ2А-В	нет	1138АП1А-В	нет	1200ЦМ11	нет	K1200ЦМ1	CCD211
1119ПУ3А-Б	нет	1138АП2	нет	1200ЦМ2А	SILD51232	KM1144АП1	нет
1119ПУ4А-Б	нет	1200ЦЛ1	MPD792	1200ЦМ2Б	SILD51232	KM1144АП2	нет
1123ПП1	нет	1200ЦЛ2	F1204	1200ЦМ7	SID51232	KM1144УЛ1	нет
1124АП1	нет	1200ЦЛ3	CCD131	1200ЦМ8	CCD211	KP1146ФП1	MK5912
1124АП2	нет	1200ЦЛ4А	нет	И1146ФН1	нет	KP1146ФП2	2912
1124ПУ1	нет	1200ЦЛ5	CD133	K1119ПУ1А	нет	KФ1124АП4	нет
1124ПУ2	нет	1200ЦЛ6	CD143	K1119ПУ1Б	нет	H1146ХК1	нет
1124ПУ3	нет	1200ЦЛ7	PD792	K1200ЦЛ3	CCD131	C1146ХК2	нет

Микропроцессоры

Зарубежные аналоги отечественных микросхем микропроцессоров представлены в табл. 8.21.

Отечественные микропроцессоры и их зарубежные аналоги

Таблица 8.21

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1604PY1	MWS55010	1806BP1-009	нет	1822ИМ1	1802	580ИР82	M8282
1604PY2	нет	1806BP1-010	нет	1822ИП1	1802	580ИР83	M8283
1802BB1	нет	1806BP1-035	нет	1822ИР1	1802	583BA1	нет
1802BB2	нет	1806BP1-036	нет	1822КП1	1802	583BA2	нет
1802BB3	нет	1806BP1-111	нет	1824BP21	588	583BA3	нет
1802BP1	AM25510	1806BP1-112	нет	1824BC21	588	583BA4	нет
1802BP2	SN74S508	1806BP1-113	нет	1824BY21	588	583BA5A, Г	нет
1802BP3	MPY8HJM	1806BP1-120	нет	1825BB1	1805	583BG1	нет
1802BP4	MPY12HJM	1806XM1	нет	1825BB1A	1805	583BG2	нет
1802BP5	MPY16NJ	1815BC3	нет	1825BC3	1805	583BM1A-E	нет
1802BP7	MPY008H-2	1815BC3	нет	1826BG1A	нет	583BC1A-Д	нет
1802BC1	нет	1815BФ1	нет	1826BM1A	нет	583ИК1A-Д	нет
1802ИМ1	нет	1815BФ2	нет	1827BE1	TMS9940	583КП1A-Д	нет
1802ИП1	нет	1815BФ3	нет	1832ИР1A-Б	нет	583PA1	TMS4000
1802ИР1	AM29705	1815ИА1	нет	1832ИР2	нет	583PE1	нет
1802КП1	нет	1815ИМ1	нет	1834BF88	нет	583PT1	нет
1804BA1	AM2905	1815ИР1	нет	1834ГФ84A	нет	583ХЛ1	нет
1804BA2	AM2908	1815ПР1	нет	1838PE1	AM29526	586BM1	нет
1804BA3	AM2916	1817BA41	583	1838PE2	AM29527	588BA1	нет
1804BJ1	AM2960	1817BF11	583	1838PE3	AM29528	588BA2	нет
1804BH1	AM2914	1817BF21A-Б	583	1838PE4	AM29529	588BA3	нет
1804BP1	AM2902	1817BC11A-Б	583	1842BF1	588	588BF1	нет
1804BP2	AM2904	1817BФ11	583	1842BF2	588	588BF2	нет
1804BP3	AM2913	1817ИК11A-Б	583	1867BM1	TMS320C10	588BF3	HD-15531-2
1804BC1	AM2901	1817КП11A-Б	583	1867BM2	TMS320C25	588BF4	нет
1804BC2	AM2903	1819ИК1	нет	1867BM3	нет	588BF5	нет
1804BY1	AM2909	1819ИК2	нет	580BA86	M8286	588BF6	нет
1804BY2	AM2911	1819ИК3	нет	580BA87	M8287	588BJ1	нет
1804BY3	AM29811A	1819ПР1	нет	580BB51	M8251	588BI1	нет
1804BY4	AM2910	1821BA86	82C86	580BB55	8255	588BN1	нет
1804BY5	AM2930	1821BA87	82C87	580BB79	8279	588BP2	CDP1855
1804BY6	AM2940	1821BB19	82C19	580BF18	M8218	588BC2	нет
1804ГГ1	AM2925	1821BB51A	82C51A	580BI53	M8253	588BT1	нет
1804ИР1	AM2918	1822BB1	1802	580BK28	M8228	588BT2	нет
1804ИР2	AM2920	1822BB2	1802	580BK38	M8238	588BY2	нет
1804ИР3	AM2950	1822BP1	1802	580BM80	8080	588ИР1	нет
1806BM2	ОСТ11-4A	1822BP2	1802	580BH59	M8259	588ИР2	нет
1806BP1-002	нет	1822BP3	1802	580BT57	M8257	Б1604PT1-4	нет
1806BP1-003	нет	1822BC1	1802	580ГФ24	M8224	Б1604PY1A-4	MWS55010

Таблица 8.21 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
Б1825БА1-4	1805	К1809ВВ1	нет	КА1808ВВ3	KONIKA	КА1845ВС1	нет
Б1825БА2-4	1805	К1809ВВ1	нет	КА1808ВВ4	нет	КА1847ВВ1	ST62BC004-B
Б1825БА3-4	1805	К1809ВВ2	нет	КА1808ВМ1	CANON	КА1847ВГ1	ST62BC001
Б1825ВБ1-4	1805	К1809ВВ2	нет	КА1808ВМ2	нет	КА1847ВГ2	ST62C008
Б1825ВК1-4	1805	К1809ВГ1	m173DP	КА1808ВУ1	CANON	КА1847ВТ1	ST62C005-B
Б1825ВР1-4	1805	К1809ВГ1	m173DP	КА1808ВУ2	CANON	КА1847ВТ2	ST62BC002
Б1825ВР2-4	1805	К1809ВГ2	m173DP	КА1808ВР1	CANON	КА1847ВТ3	ST62BC003-B
Б1825ВР3-4	1805	К1809ВГ2	m173DP	КА1808ХК1	OPTIMA	КБ1805БА1-4	нет
Б1825ВС1-2	1805	К1809ВГ3	TMS9918A	КА1808ХК2	OPTIMA	КБ1805БА2-4	нет
Б1825ВС2-2	1805	К1809ВГ3	TMS9918A	КА1823ПП1	нет	КБ1805ВБ1-4	нет
Б1825ВУ1-4	1805	К1809ВГ4	MPD7220	КА1829ВМ1	COP420	КБ1805ВК1-4	нет
Б1825ВР1-4	1805	К1809РЕ1	МК3600	КА1835АП1	LA5316	КБ1805ВР1-4	нет
К1800ВА4	MC10804	К1809РУ1	нет	КА1835ВВ1	нет	КБ1805ВР2-4	нет
К1800ВА7	MC10807	К1810ВМ86	8086	КА1835ВГ1	нет	КБ1805ВС1-4	нет
К1800ВБ2	MC10802	К1827ВБ1	TMS9940	КА1835ВГ10	GD51032QC	КБ1805ВУ1-4	нет
К1800ВЖ5	MC10905	К1827ВБ2	TMS32020	КА1835ВГ11	DC2052P175A	КБ1805ВР1-4	нет
К1800ВР1	MC10901	К1838ВР1	AM29516	КА1835ВГ12	T7778	КБ1808ВД1-4	CANON
К1800ВР8	MC10808	К1838ВР2	AM29517	КА1835ВГ13	T6961B	КБ1808ВД2-4	CANON
К1800ВС1	MC10800	К1838ВР3	AM29510	КА1835ВГ14	80C49A-6314	КЕ1852ВГ1	TMS9914A
К1800ВТ3	MC10803	К1838ВС1	AM29501	КА1835ВГ15	DC2053P105A	КМ1844ВГ1	нет
К1800ВУ1	MC10801	К1838ВТ1	AM29540	КА1835ВГ17	TC8565	КЛ1807ВМ2	MICRO VAX1
К1800РП16	нет	К1838ВР1	AM29520	КА1835ВГ2	нет	КЛ1807ВМ3	VAX (78032)
К1800РП6	MC10806	К1838ВР2	AM29521	КА1835ВГ3	нет	КЛ1807ВМ3	VAX (78032)
К1801ВМ1А,Б	нет	К1843ВР1	AM29C323	КА1835ВГ4	нет	КЛ1807ВМ4	78132
К1801ВР1	нет	К1843ВУ1	AM29C331	КА1835ВГ5	нет	КЛ1831ВВ1	нет
К1801ВР1-013	нет	К1850ВБ651	МAB8461	КА1835ВГ6	нет	КЛ1831ВМ1	J11
К1801ВР1-026	нет	К586ВВ1	нет	КА1835ВГ7	нет	КЛ1831ВТ1	нет
К1801ВР1-030	нет	К586ВБ2	нет	КА1835ВГ9	DC2053P105A	КЛ1831ВУ2	нет
К1801ВР1-031	нет	К586ВМ1	нет	КА1835ВБ39	80C39	КЛ1839ВВ1	нет
К1801ВР1-033	нет	К586РЕ1	нет	КА1835ВБ49	80C49	КЛ1839ВМ1	нет
К1801ВР1-034	нет	К586РУ1	нет	КА1835ИД1	нет	КЛ1839ВТ1	нет
К1801ВР1-035	нет	К589АП16	8216	КА1840ВТ1	нет	КЛ1848ВГ65	DC365
К1801ВР1-038	нет	К589АП26	8226	КА1843ВБ1	82C432	КЛ1868ВБ1	MN15500
К1801ВР1-054	нет	К589ИК01	3001	КА1843ВВ1	нет	КЛ1868ВБ3	MN15500
К1801ВР1-065	нет	К589ИК02	3002	КА1843ВГ1	нет	КЛ1868ВБ4	MN15500
К1801ВР1-095	нет	К589ИК03	3003	КА1843ВГ2	82C434	КМ1801ВМ2А, Б	нет
К1801ВР1-096	нет	К589ИК14	8214	КА1843ВГ3	82C431	КМ1801ВМ3	нет
К1801ВР1-097	нет	К589ИР12	8212	КА1843ВГ4	82C433	КМ1801ВМ5	нет
К1801РЕ1А, Б	нет	К589РА04	3104	КА1843ВМ1	AM29C325	КМ1802ВР4	MPY12HJM
К1801РР1	нет	К589РУ01	3101А	КА1843ВМ2	MC68881	КМ1802ВР5	MPY16NJ
К1806ВР1-092	нет	К589ХЛ4	нет	КА1843ВС1	AM29C332	КМ1804ВБ1	AM2905
К1806ВР1-093	нет	КА1801ВМ4А-В	нет	КА1843ВР1	AM29C334	КМ1804ВБ2	AM2908
К1806ВР1-103	нет	КА1808ВВ1	CANON	КА1844ВГ2	нет	КМ1804ВБ3	AM2916
К1806ВР1-157	нет	КА1808ВВ2	KONIKA	КА1844ВТ1	нет	КМ1804ВЖ1	AM2960

Таблица 8.21 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
KM1804BJ3	AM2962	KM1818BM01	N8X3001	KP1804BA3	AM2916	KP1818BA19	DC319AP
KM1804BM1	AM29116	KM1818BF4	WD1100-04	KP1804BH1	AM2914	KP1818BF93	FDC1793
KM1804BH1	AM2914	KM1823AG1	нет	KP1804BP2	AM2904	KP1818BJ1	F9401C
KM1804BP1	AM2902	KM1823BB1	нет	KP1804BP3	AM2915	KP1818BH19	AM9519APC
KM1804BP2	AM2904	KM1823BG1	ROMBIC	KP1804BC1	AM2901	KP1818ПЦ2	нет
KM1804BP3	AM2914	KM1823BG2	нет	KP1804BT1	AM2964B	KP1818ПЦ3	COM8116
KM1804BC1	AM2901	KM1823BY1	ROMBIC	KP1804BT2	AM2965	KP1818ПЦ4	COM8046
KM1804BC2	AM2903	KM1823IE1	нет	KP1804BT3	AM2966	KP1820BG1	COP472
KM1804BY1	AM2909	KM1823IE2	нет	KP1804BY1	AM2909	KP1820BE1	COP402
KM1804BY2	AM2911	KM1823PE1	нет	KP1804BY2	AM2911	KP1820BE2	COP420
KM1804BY3	AM29811A	KM1830BE751	87C51	KP1804BY4	нет	KP1820BE3	COP424
KM1804BY4	нет	KM1830BE753	87C53	KP1804BY4A	AM2910APC	KP1820BE4	COP404C
KM1804BY5	AM2930	KM1831BM2	DC321	KP1804BY5	AM2930	KP1820BE6	COP444
KM1804BY7	AM2942	KM1850BE35	8035	KP1804BY7	AM2942	KP1820BP1	COP498
KM1804ГГ1	AM2925	KH1811BM1	DEC302F	KP1804ГГ1	AM2925	KP1820ИД1	MCC24370
KM1804ИР1	AM2918	KH1811BY1	DEC303A	KP1804ИР1	AM2918	KP1823BF3	нет
KM1804ИР2	AM2921	KH1811BY2	DEC303D	KP1804ИР3	AM2950	KP1823ХЛ1	нет
KM1804ИР3	AM2950	KH1811BY3	DEC303D	KP1806BE1	нет	KP1823ХЛ2	нет
KM1804ИР4	IDM29705A	KH1831BY1	J11	KP1807BM1	MICRO T-11	KP1828BJ1	Am29818
KM1807BM2	MICRO VAX1	KH1832ИА1	нет	KP1809BG4	MPD7220	KP1828BJ2	нет
KM1809BB3	MC2681P	KH1832ИП1	нет	KP1810B589	8289	KP1830BE31	80C31
KM1809BG5	2652	KH585MP12	8212	KP1810BG72A	8272A	KP1830BE35	80C35
KM1809BG6	MC6845	KH588BA1	нет	KP1810BG88	8288	KP1830BE39	80C39
KM1809BG7	82062	KH588BG1	нет	KP1810BI54	8254	KP1830BE44	нет
KM1809BI1	AMD9513DC	KH588BG2	нет	KP1810BK56	8256AH	KP1830BE48	MPD80C48C
KM1810BM87	8087	KH588BC2	нет	KP1810BM865	8086-2	KP1830BE51	80C51
KM1810BM88	8088	KH588BY2	нет	KP1810BM89	8089	KP1830BE56	нет
KM1810BM89	8089	KH588ИР1	нет	KP1810BH59A	M8259A	KP1833BE1	SAA6000
KM1810BT3	8203	KP1800B52	MC10802	KP1810BT3	8203	KP1834BA86A	MPD71086
KM1811BT1	DEC304E	KP1800BJ5	MC10905	KP1810BT37A	8237A	KP1834BA87A	MPD71087
KM1813BE1A, Б	2920-16	KP1801BM2A,Б	нет	KP1810BT37Б	8237A-4	KP1834B589	82C89
KM1814BE1	TMS1000	KP1801BP1-037	нет	KP1810BT37B	8237A-5	KP1834BB51	82C51
KM1816BE31	8031AH	KP1802BB1	N825112	KP1810BT57A	8257	KP1834BB55A	82C55A
KM1816BE35	8035	KP1802BB2	нет	KP1810ГФ84	8284	KP1834BG72	нет
KM1816BE39	P8039H	KP1802BP1	AM25510	KP1814BE2	TMS1000NLL	KP1834BG88	82C88
KM1816BE48	8748	KP1802BP2	SN745508	KP1814BE3	TMS1099	KP1834BI54	82C54
KM1816BE49	8049	KP1802BP3	MPY8HJM	KP1814BE4	TMS1200NLL	KP1834BM86	80C86
KM1816BE51	8051AH	KP1802BP6	MPY008H-1	KP1814BE5	TMS1200NLL	KP1834ГФ84A	82C84
KM1818BB1	WD1100-01	KP1802BP7	MPY008H-1	KP1814BE7	TMS1200	KP1834ИР82	MPD71082
KM1818BB5	WD1100-05	KP1802BC1	нет	KP1816BE31	8031AH	KP1834ИР83	MPD71083
KM1818BB61	MC2661PC	KP1802ИМ1	нет	KP1816BE35	8036	KP1835BE31	80C31
KM1818BG01	MPD7201	KP1802ИР1	AM29705	KP1816BE39	M8039	KP1835BE39	80C39
KM1818BI3	WD1100-03	KP1804BA1	AM2905	KP1816BE49	8049	KP1835BE49	80C49
KM1818BK12	WD1100-12	KP1804BA2	AM2908	KP1816BE51	8051AH	KP1835BE51	80C51

Таблица 8.21 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
KP1835BM86	80C86	KP580BK28	8228	KC1804BJ3	AM2962	H1802BJ1	нет
KP1840BJ1	нет	KP580BK38	8238	KC1804BP1	AM2902	H1802BP1	AM25510
KP1840BY1	нет	KP580BK91A	8291A	KC1804BY1	AM2909	H1802BP2	SN745508
KP1847BB2	82C50A	KP580BM1	нет	KC1804BY3	AM29811A	H1802BC1	нет
KP1847BF4	IMS6176	KP580BM80A	8080A	KC1804Г1	AM2925	H1802IP1	AM29705
KP1847BF6	80C42	KP580BH59	8259	KC1804IP1	AM2918	H1806BM2	ОСТ11-4A
KP1847BI54	80C54A	KP580BP43	8243	KC1816BE751A,B	8751H	H1806BM4	нет
KP1847BM286	80C286	KP580BP43	8243	KC1818BT1	нет	H1806XM1	нет
KP1847BH59A	80C59A	KP580BT42	3242	KC1818ПЦ1	DC301	H1806XM1-005	нет
KP1847BT37A	80C37A	KP580BT57	8257	KC1850BE35	8035	H1806XM1-006	нет
KP1850BE35	8035	KP580ГФ1	нет	KФ1847BF3	GL-GDS20A	H1806XM1-007	нет
KP1850BE39	8039	KP580ГФ24	8224	KФ1847BF5	GL-GDS10A	H1806XM1-016	нет
KP1850BE40	8040	KP580IK51	8251	KФ1868BE1	Matsushita	H1806XM1-017	нет
KP1850BE48	8048	KP580IP82	8282	KФ1868BE2	Matsushita	H1806XM1-018	нет
KP1850BE50	8050	KP580IP83	8283	KФ1868BE3	Matsushita	H1806XM1-019	нет
KP1853BF1	SAA1293	KP581BA1A,B	TR1602A	KФ1868BE4	Matsushita	H1806XM1-020	нет
KP1857BF3	WD2010	KP581BE1	нет	KФ1869BE2	mPD1723	H1806XM1-021	нет
KP1858BM1	Z80	KP581IK1 (A)	CP1611	M1809BB1	нет	H1806XM1-022	нет
KP1858BM3	Z80	KP581IK2 (A)	CP1621	M1809PE1	MK3600	H1806XM1-023	нет
KP1863BF3	SAA1293A3	KP581PY1 (A)	CP1631-07	M1809PY1	нет	H1806XM1-024	нет
KP1863BF93	SAA1293A10E	KP581PY2 (A)	CP1631-10	M1810BF88	M8288	H1806XM1-025	нет
KP1863BE66	TVPO2066A23	KP581PY3 (A)	CP1631-15	M1810BM86	M8086	H1806XM1-026	нет
KP1868BE2	MN15500	KP588BA1	нет	M1810BH59A	M8259A	H1806XM1-028	нет
KP580BA86	8286	KP588BA4	нет	M1810ГФ84	M8284	H1806XM1-061	нет
KP580BA87	8287	KP588BГ1	нет	M1816BE39	M8039	H1806XM1-090	нет
KP580BA93	8293	KP588BГ2	нет	M1821BB19	82C19	H1806XM1-096	нет
KP580BБ89	8289	KP588BP1A	нет	M1821BB51A	82C51A	H1806XM1-097	нет
KP580BB51A	8251A	KP588BP2	CDP1855	M1821BI54	M82C54-2	H1806XM1-118	нет
KP580BB55A	8255A	KP588BC2	нет	M1821BM85	MSM80C85A	H1806XM1-141	нет
KP580BB79	8279	KP588BT1	нет	M1821BH59A	M82C59-2	H1806XM1-191	нет
KP580BB79-Д	8279-5	KP588BY2	нет	M1821PE55	83C55	H1806XM1-192	нет
KP580BF18	8218	KP588IP1	нет	M1821PY55	81C55	H1806XM1-291	нет
KP580BF75	8275	KP588PE1	нет	M1821PФ55	8755	H1806XM1-292	нет
KP580BF76	8276	KC1804BA1	AM2905	M1827BE3	MPD7720	H1806XM1-293	нет
KP580BF88	8288	KC1804BA3	AM2916	M580BF88	M8288	H1837BФ1	нет
KP580BF92	8292	KC1804BA4	AM29853	H1802BA1	нет	H1802ИП1	нет
KP580BИ53	8253	KC1804BA4	AM29853	H1802BB1	N825112	ЭКР1835BB79	нет
KP580BИ53Д	8253-5	KC1804BJ2	AM2961	H1802BB2	нет		

Отечественные аналоги зарубежных микропроцессоров представлены в табл. 8.22.

Отечественные аналоги зарубежных микропроцессоров

Таблица 8.22

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
1802	1822BB1	588	1824BP21	80C51	KP1830BE51	8279	KP580BB79
1802	1822BB2	588	1824BC21	80C51	KP1835BE51	8279-5	KP580BB79-Д
1802	1822BP1	588	1824BY21	80C54A	KP1847BI54	8282	KP580IP82
1802	1822BP2	588	1842BG1	80C59A	KP1847BH59A	8283	KP580IP83
1802	1822BP3	588	1842BG2	80C86	KP1834BM86	8284	KP1810GF84
1802	1822BC1	78132	KЛ1807BM4	80C86	KP1835BM86	8286	KP580BA86
1802	1822ИМ1	8031AH	KM1816BE31	80C42	KP1847BF6	8287	KP580BA87
1802	1822ИП1	8031AH	KP1816BE31	81C55	M1821PY55	8288	KP1810BF88
1802	1822ИР1	8035	KM1816BE35	8203	KM1810BT3	8288	KP580BF88
1802	1822КП1	8035	KM1850BE35	8203	KP1810BT3	8289	KP1810BF89
1805	1825BB1	8035	KP1850BE35	82062	KM1809BF7	8289	KP580BF89
1805	1825BB1A	8035	KC1850BE35	8212	K589IP12	8291A	KP580BK91A
1805	1825BC3	8036	KP1816BE35	8212	KH585IP12	8292	KP580BF92
1805	Б1825BA1-4	8039	KP1850BE39	8214	K589IK14	8293	KP580BA93
1805	Б1825BA2-4	8040	KP1850BE40	8216	K589AP16	82C19	1821BB19
1805	Б1825BA3-4	8048	KP1850BE48	8218	KP580BF18	82C19	M1821BB19
1805	Б1825BB1-4	8049	KM1816BE49	8224	KP580GF24	82C431	KA1843BF3
1805	Б1825BK1-4	8049	KP1816BE49	8226	K589AP26	82C432	KA1843BF1
1805	Б1825BP1-4	8050	KP1850BE50	8228	KP580BK28	82C433	KA1843BF4
1805	Б1825BP2-4	8051AH	KM1816BE51	8237A	KP1810BT37A	82C434	KA1843BF2
1805	Б1825BP3-4	8051AH	KP1816BE51	8237A-4	KP1810BT37Б	82C50A	KP1847BB2
1805	Б1825BC1-2	8080	580BM80	8237A-5	KP1810BT37B	82C51	KP1834BB51
1805	Б1825BC2-2	8080A	KP580BM80A	8238	KP580BK38	82C51A	1821BB51A
1805	Б1825BY1-4	8086	K1810BM86	8243	KP580BP43	82C51A	M1821BB51A
1805	Б1825ИР1-4	8086-2	KP1810BM86Б	8243	KP580BP43	82C55A	KP1834BB55A
2652	KM1809BF5	8087	KM1810BM87	8251	KP580IK51	82C84	KP1834GF84A
2920-16	KM1813BE1A, Б	8088	KM1810BM88	8251A	KP580BB51A	82C86	1821BA86
3001	K589IK01	8089	KM1810BM89	8253	KP580BI53	82C87	1821BA87
3002	K589IK02	8089	KP1810BM89	8253-5	KP580BI53Д	82C54	KP1834BI54
3003	K589IK03	80C286	KP1847BM286	8254	KP1810BI54	82C88	KP1834BF88
3101A	K589PY01	80C31	KP1830BE31	8255	580BB55	82C89	KP1834BF89
3104	K589PA04	80C31	KP1835BE31	8255A	KP580BB55A	83C55	M1821PE55
3242	KP580BT42	80C35	KP1830BE35	8256AH	KP1810BK56	8748	KM1816BE48
583	1817BA41	80C37A	KP1847BT37A	8257	KP1810BT57A	8751H	KC1816BE751A,Б
583	1817BF11	80C39	KA1835BE39	8257	KP580BT57	8755	M1821PF55
583	1817BF21A-Б	80C39	KP1830BE39	8259	KP580BH59	87C51	KM1830BE751
583	1817BC11A-Б	80C39	KP1835BE39	8272A	KP1810BF72A	87C53	KM1830BE753
583	1817BF11	80C49	KA1835BE49	8275	KP580BF75	AM25510	1802BP1
583	1817ИК11A-Б	80C49	KP1835BE49	8276	KP580BF76	AM25510	KP1802BP1
583	1817КП11A-Б	80C49A-6314	KA1835BF14	8279	580BB79	AM25510	H1802BP1

Таблица 8.22 (продолжение)

Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог	Тип	Аналог
AM2901	1804BC1	AM2925	1804ГГ1	AM29C332	KA1843BC1	KONIKA	KA1808BB3
AM2901	KM1804BC1	AM2925	KM1804ГГ1	AM29C334	KA1843ИР1	LA5316	KA1835АП1
AM2901	KP1804BC1	AM2925	KP1804ГГ1	AM9519APC	KP1818BH19	M8039	KP1816BE39
AM2902	1804BP1	AM2925	KC1804ГГ1	AMD9513DC	KM1809BI1	M8039	M1816BE39
AM2902	KM1804BP1	AM2930	1804BY5	CDP1855	588BP2	M8086	M1810BM86
AM2902	KC1804BP1	AM2930	KM1804BY5	CDP1855	KP588BP2	M8218	580BF18
AM2903	1804BC2	AM2930	KP1804BY5	COM8046	KP1818ПЦ4	M8224	580ГФ24
AM2903	KM1804BC2	AM2940	1804BY6	COM8116	KP1818ПЦ3	M8228	580BK28
AM2904	1804BP2	AM2942	KM1804BY7	COP402	KP1820BE1	M8238	580BK38
AM2904	KM1804BP2	AM2942	KP1804BY7	COP404C	KP1820BE4	M8251	580BB51
AM2904	KP1804BP2	AM2950	1804ИР3	COP420	KA1829BM1	M8253	580BI53
AM2905	1804BA1	AM2950	KM1804ИР3	COP420	KP1820BE2	M8257	580BT57
AM2905	KM1804BA1	AM2950	KP1804ИР3	COP424	KP1820BE3	M8259	580BH59
AM2905	KP1804BA1	AM29501	K1838BC1	COP444	KP1820BE6	M8259A	KP1810BH59A
AM2905	KC1804BA1	AM29510	K1838BP3	COP472	KP1820BF1	M8259A	M1810BH59A
AM2908	1804BA2	AM29516	K1838BP1	COP498	KP1820BF11	M8282	580ИР82
AM2908	KM1804BA2	AM29517	K1838BP2	CP1611	KP581ИК1 (A)	M8283	580ИР83
AM2908	KP1804BA2	AM29520	K1838ИР1	CP1621	KP581ИК2 (A)	M8284	M1810ГФ84
AM2909	1804BY1	AM29521	K1838ИР2	CP1631-07	KP581PY1 (A)	M8286	580BA86
AM2909	KM1804BY1	AM29526	1838PE1	CP1631-10	KP581PY2 (A)	M8287	580BA87
AM2909	KP1804BY1	AM29527	1838PE2	CP1631-15	KP581PY3 (A)	M8288	M1810BF88
AM2909	KC1804BY1	AM29528	1838PE3	DC2052P175A	KA1835BF11	M8288	M580BF88
AM2910	1804BY4	AM29529	1838PE4	DC2053P105A	KA1835BF15	M82C54-2	M1821BI54
AM2910APC	KP1804BY4A	AM29540	K1838BT1	DC2053P105A	KA1835BF9	M82C59-2	M1821BH59A
AM2911	1804BY2	AM2960	1804BJ1	DC301	KC1818ПЦ1	MC10800	K1800BC1
AM2911	KM1804BY2	AM2960	KM1804BJ1	DC319AP	KP1818BA19	MC10801	K1800BY1
AM2911	KP1804BY2	AM2961	KC1804BJ2	DC321	KM1831BM2	MC10802	K1800BE2
AM29116	KM1804BM1	AM2962	KM1804BJ3	DC365	КЛ1848BF65	MC10802	KP1800BE2
AM2913	1804BP3	AM2962	KC1804BJ3	DEC302F	КН1811BM1	MC10803	K1800BT3
AM2914	1804BH1	AM2964B	KP1804BT1	DEC303A	КН1811BY1	MC10804	K1800BA4
AM2914	KM1804BH1	AM2965	KP1804BT2	DEC303D	КН1811BY2	MC10806	K1800П6
AM2914	KM1804BP3	AM2966	KP1804BT3	DEC303D	КН1811BY3	MC10807	K1800BA7
AM2914	KP1804BH1	AM29705	1802ИР1	DEC304E	КМ1811BT1	MC10808	K1800BP8
AM2915	KP1804BP3	AM29705	KP1802ИР1	F9401C	KP1818BJ1	MC10901	K1800BP1
AM2916	1804BA3	AM29705	Н1802ИР1	FDC1793	KP1818BF93	MC10905	K1800BJ5
AM2916	KM1804BA3	AM29811A	1804BY3	GD51032QC	KA1835BF10	MC10905	KP1800BJ5
AM2916	KP1804BA3	AM29811A	KM1804BY3	GL-GD510A	КФ1847BF5	MC2661PC	KM1818BB61
AM2916	KC1804BA3	AM29811A	KM1804BY3	GL-GD520A	КФ1847BF3	MC2681P	KM1809BB3
AM2918	1804ИР1	AM29818	KP1828BJ1	HD-15531-2	588BF3	MC6845	KM1809BF6
AM2918	KM1804ИР1	AM29853	KC1804BA4	IDM29705A	KM1804ИР4	MC68881	KA1843BM2
AM2918	KP1804ИР1	AM29853	KC1804BA4	IMS6176	KP1847BF4	MCC24370	KP1820ИД1
AM2918	KC1804ИР1	AM29C323	K1843BP1	J11	КЛ1831BM1	MICRO T-11	KP1807BM1
AM2920	1804ИР2	AM29C325	KA1843BM1	J11	КН1831BY1	MICRO VAX1	КЛ1807BM2
AM2921	KM1804ИР2	AM29C331	K1843BY1	KONIKA	KA1808BB2	MICRO VAX1	KM1807BM2

8.8. РАДИОЛАМПЫ

В табл. 8.23 приводятся зарубежные аналоги отечественных радиоламп. В эту таблицу авторы включили только прямые аналоги. Но рекомендуется, в любом случае, после подбора аналога открыть его Datasheet, сверить параметры. Не доверяйте полностью ни книгам, ни данным сайтов. Смотрите первоисточник. В противном случае, при ошибочной замене, лампа или вся схема может быть выведена из строя.

Зарубежные аналоги отечественных радиоламп

Таблица 8.23

Наименование радиолампы	Полные зарубежные аналоги	Наименование радиолампы	Полные зарубежные аналоги
15Ф4П	PCL84, 15DX8	6Е1П	6BR5, EM80
16Ф3П	PCL82, 16A8, 30PL12	6Е2П	EM83
18Ф5П	PCL85, 18GV8	6Е3П	EM84
1А1П	1Н34	6Е5С	6Е5G, 6G5G
1А2П	1Н34	6Ж11П	E280F
1Б1П	1АF34	6Ж1Б	5702
1Б2П	1АF34	6Ж1П	EF95, 6F32, 6AK5
1Б2П	1АF34	6Ж1П-Е	5654
1Е4А	DM70	6Ж1П-ЕВ	6AKW, 5654
1К1П	DF961	6Ж1П-ЕР	6AKW, 5654
1К2П	1F34	6Ж2П	6AS6, 5725
1С12П	DC96	6Ж2П-ЕВ	6AS6, 5725
1Ц1С	1Z1	6Ж32П	EF86, 6267
1Ц21П	DY86, DY87, 1S2	6Ж3П	EF96, 6AG5
1Ц21С	1S2, DY86, DY87	6Ж4	6F10, 6AC7
1Ц7С	DY30, 1B3GT, 1B3	6Ж40П	6ET6, EF98
2П1П	2L32	6Ж4П	6AU6A, EF94, 7543
2П2П	2L34	6Ж51П	6EJ7, EF184
2П2С	2X2A	6Ж5П	6AH6, 6F36
2Ц2С	2X2(A)	6Ж9П	E180F, 6688, 6688A
3Ц16С	3A3, 3B2, 3A3A	6И1П	ECH81, 6AJ8, 6C12
3Ц22С	GY501	6И3П	ECH84
3Ц22С	GY501	6К13П	6EH7, EF183
5Ц3С	5U4G, 5U4GB, 5AS4A	6К1П	9003
5Ц4С	5Z4G, 5Z4	6К4П	6BA6, 6F31, EF93, 5376
6А10С	6SA7GT	6К4П-ЕВ	6BA6W, 5376
6А2П	6H31, 6BE6, 6K90, 6Y31	6К4П-ЕР	6BA6W, 5376
6А3П	6BN6	6К8П	6E56, EF97
6Б8	6B8	6Н13С	6AS7G, ECC230, 60870, 7802
6Г3П	EABC80	6Н14П	6L16, 6SW7, ECC84
6Д14П	6B3, EY81, 6AF3	6Н15П	6J6A, 6CC31, E90CC, ECC91, ECC82, ECC802, ECC960
6Д20П	6AL3, 6V3A, EY88	6Н1П	E80CC, ECC85
6Д22С	EY500		

Таблица 8.23 (продолжение)

Наименование радиолампы	Полные зарубежные аналоги	Наименование радиолампы	Полные зарубежные аналоги
6Н23П	6DJ8, ECC88, ECC189	6C2П	6J4, EC98
6Н24П	6FC7, ECC84	6C2C	6J5GT
6Н27П	6GM8, ECC86	6C3П	6CM4, EC86
6Н2П	6CC41, 12AX7, EECC42, ECC83, ECC803	6C4П	EC88
6Н3П	6AQ8, 6JX8, 396A, 6C51, ECC42, 6385	6C4C	6B4G
6Н3П-Е	5670	6C51H	7586
6Н4П	12AV7	6C52H	7895
6Н5П	6AU7, 12AU7, 12BH7	6C53H	EC1010
6Н5С	6A57G, ECC230, 60870, 7802	6C5C	6C5GT
6Н6П	E182CC	6Ф1П	6BL8, ECF80
6Н7С	6N7GT, 6N7G	6Ф3П	6BM8, ECL82
6Н8С	6SN7, 6SN7GT	6Ф4П	6DQ8, 6DX8, ECL84
6Н9С	6SL7, 6SL7GT	6Ф5	6F5
6П14П	6BQ5, EL84, N709	6Ф5П	6GV8, ECL85
6П18П	6DY5, EL82, N329	6Ф6С	6F6GT
6П1П	6AQ5, EL90	6Х2П	6AL5, 6B32, 6D2, D77, EAA91, EB91
6П20С	6CB5	6Х2П-ЕВ	EAA91, 6B32, EB91, 6D2, 6AL5
6П27С	6CA7, EL34	6Х6С	6H6GT, D63
6П31С	6CM5, EL36	6Ц10П	EY83
6П33П	6CW5, EL86	6Ц17С	6AU4GT
6П36С	6GB5, EL500	6Ц19П	6AF3, EY83
6П3С	6L6GT	6Ц4П	6Z31, 6X4W, EZ90
6П6С	6V6GT	6Ц4П-ЕВ	EZ90
6П9	6L10, 6AG7	6Ц5С	6X5GT, EZ35
6С1П	9002	6Э12Н	7587
6С20С	6BK4	9Ф8П	PCF80, 9A8
		K2П	1F34

ЧИТАЕМ И РИСУЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

9.1. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

Зная основные принципы построения схем, электрические процессы, которые в них протекают, и условные графические обозначения, применяемые в них, можно читать схемы, не прибегая к специальному описанию.

Условные графические обозначения имеют простую форму по начертанию. В них, по возможности, включены наиболее характерные особенности каждого элемента, что облегчает запоминание этих элементов. Они не отображают величину обозначаемых элементов, а только определяют их тип. Один и тот же знак обозначает и маленький по величине и параметрам элемент, и большой. Поэтому схемы не могут определять размеры изделия.

Каждый элемент, входящий в схему, должен иметь **буквенно-цифровое обозначение**, которое необходимо для указания в сокращенном виде сведений о нем.

При выполнении электрических схем применяют следующие линии:

- ♦ **сплошную основную линию** толщиной 0,2—0,6 мм в зависимости от форматов схемы и размеров графических обозначений для изображения линий электрической связи (провод, кабель, шина), всех видов обмоток, резисторов, конденсаторов и др.;
- ♦ **сплошную утолщенную линию** двойной толщины (практически равную 0,6—0,8 мм) для обозначения сердечников и соединений с корпусом;
- ♦ **штриховую линию** толщиной 0,2—0,6 мм для изображения сеток электронных приборов;
- ♦ **штриховую линию** половинной толщины, но не менее 0,2 мм, для изображения линий механической связи в электрических схемах, линий экранировки.

9.2. СТРУКТУРА ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СХЕМАХ

Условное буквенно-цифровое обозначение записывают в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строку без пробелов. Количество элементов в обозначении руководящими документами не устанавливается. Обозначение элемента (позиционное обозначение) в общем случае состоит из трех частей: вид элемента; номер элемента; выполняемую функцию.

В **первой части** записывают одну или несколько букв (буквенный код) для указания вида элемента. Во **второй части** записывают одну или несколько цифр для указания номера элемента данного вида. В **третьей части** записывают (в ряде случаев) буквенный код функции элемента.

9.3. ОДНОБУКВЕННЫЕ КОДЫ ВИДОВ ЭЛЕМЕНТОВ

Буквенные коды **видов элементов** представляют собой группы, которым присвоены обозначения одной буквой. Рассмотрим эти группы.

Однобуквенные коды наиболее распространенных видов элементов:

- А** — устройства, например, усилители, приборы телеуправления;
- В** — преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот;
- С** — конденсаторы;
- Д** — схемы интегральные, микросборки;
- Е** — элементы разные;
- Ф** — разрядники, предохранители, устройства защитные;
- Г** — генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы, ;
- Н** — устройства индикационные и сигнальные, например, приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы;
- К** — реле, контакторы, пускатели;
- Л** — катушки индуктивности, дроссели;
- М** — двигатели;
- Р** — приборы, измерительное оборудование;
- Q** — выключатели и разъединители в силовых цепях;
- Р** — резисторы;
- С** — устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных;
- Т** — трансформаторы, автотрансформаторы;

- U** — преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи;
V — приборы электровакуумные, полупроводниковые;
W — линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны;
X — соединения контактные;
Y — устройства механические с электромагнитным приводом;
Z — устройства оконечные, фильтры, ограничители.

9.4. ДВУХБУКВЕННЫЕ КОДЫ

Для уточнения вида элементов допускается применять двухбуквенные или даже многобуквенные коды. Элемент может быть обозначен не только одной буквой (общим кодом вида элемента), но и двумя буквами (кодом данного элемента).

При применении двухбуквенных кодов первая буква должна соответствовать группе видов, к которой принадлежит элемент:

- | | |
|---|--|
| BD — детектор ионизирующих излучений; | DT — устройство задержки; |
| BE — сельсин-приемник; | EL — лампа осветительная; |
| BF — телефон (капсюль); | EK — нагревательный элемент; |
| BL — фотоэлемент; | ET — пиропатрон; |
| BQ — пьезоэлемент; | FA — дискретный элемент защиты по току мгновенного действия; |
| BR — датчик частоты вращения; | FP — дискретный элемент защиты по току инерционного действия; |
| BS — звукоусилитель; | FU — предохранитель плавкий; |
| BV — датчик скорости; | FV — дискретный элемент защиты по напряжению; |
| BA — громкоговоритель; | GB — батарея; |
| BB — магнитострикционный элемент; | HG — индикатор символьный; |
| BK — тепловой датчик; | HL — прибор световой сигнализации; |
| BM — микрофон; | HA — прибор звуковой сигнализации; |
| BP — датчик давления; | KV — реле напряжения; |
| BC — сельсин-датчик; | KA — реле токовое; |
| DA — схема интегральная аналоговая; | |
| DD — схема интегральная, цифровая, логический элемент; | |
| DS — устройства хранения информации; | |

KK — реле электротепловое;	SR — выключатели, срабатывающие от частоты вращения;
KM — магнитный пускатель;	TS — электромагнитный стабилизатор;
KN — реле указательное;	TV — трансформатор напряжения;
KT — реле времени;	TA — трансформатор тока;
LL — дроссель люминесцентного освещения;	UB — модулятор;
PC — счетчик импульсов;	UI — дискриминатор;
PF — частотомер;	UR — демодулятор;
PI — счетчик активной энергии;	UZ — преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель;
PR — омметр;	VD — диод, стабилитрон;
PS — регистрирующий прибор;	VL — прибор электровакуумный;
PV — вольтметр;	VS — тиристор;
PW — ваттметр;	VT — транзистор;
PA — амперметр;	WA — антенна;
PK — счетчик реактивной энергии;	WE — ответвитель;
PT — часы;	WK — короткозамыкатель;
QF — выключатель автоматический;	WS — вентиль;
QK — короткозамыкатель;	WT — трансформатор, неоднородность, фазовращатель;
QS — разъединитель;	WU — аттенуатор;
RK — терморезистор;	XA — токосъемник, контакт скользящий;
RP — потенциометр;	XP — штырь;
RS — шунт измерительный;	XS — гнездо;
RU — варистор;	XT — соединение разборное;
SA — выключатель или переключатель;	XW — соединитель высокочастотный;
SB — выключатель кнопочный;	YA — электромагнит;
SF — выключатель автоматический;	YB — тормоз с электромагнитным приводом;
SK — выключатели, срабатывающие от температуры;	YC — муфта с электромагнитным приводом;
SL — выключатели, срабатывающие от уровня;	YN — электромагнитный патрон или плита;
SP — выключатели, срабатывающие от давления;	ZL — ограничитель;
SQ — выключатели, срабатывающие от положения;	ZQ — фильтр кварцевый.

9.5. БУКВЕННЫЕ КОДЫ ФУНКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ

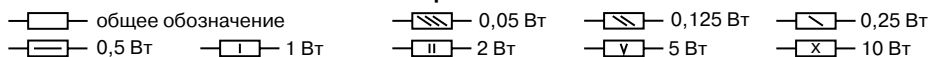
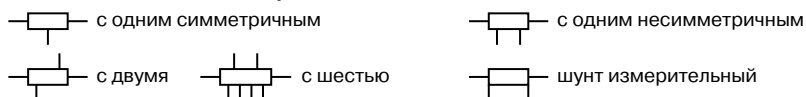
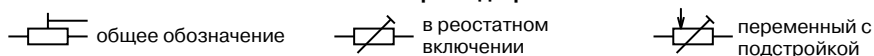
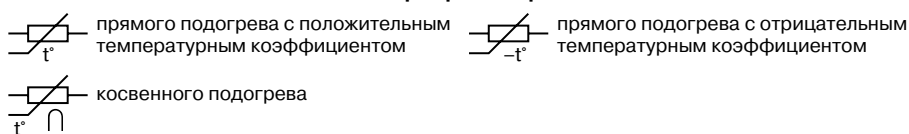
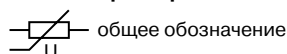
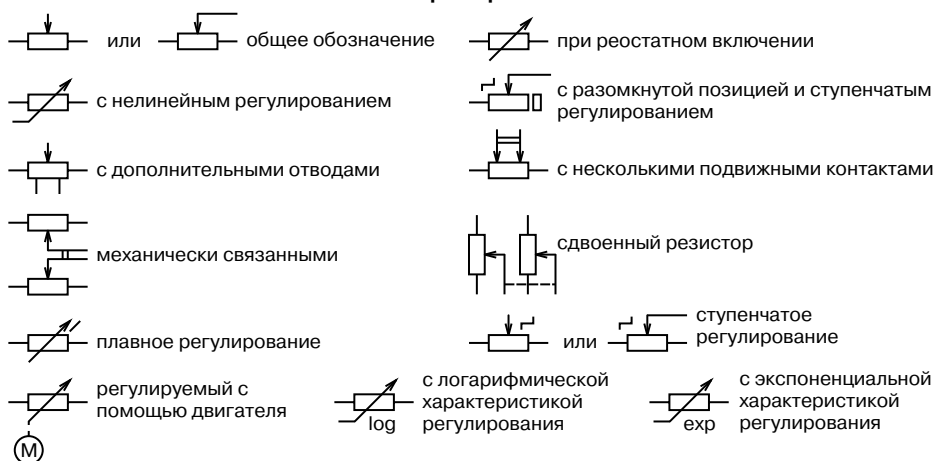
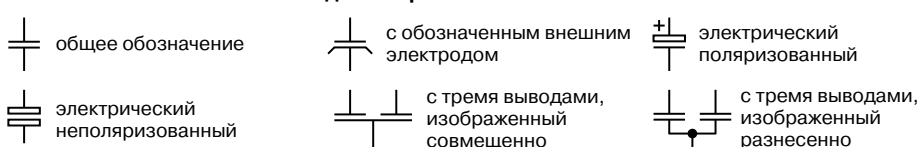
Буквенные коды функций коды используют только для общей характеристики функционального назначения элемента, например, «вспомогательный», «защитный», «цифровой» и т. д.

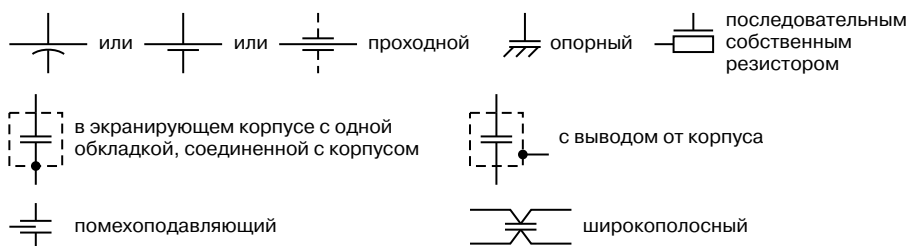
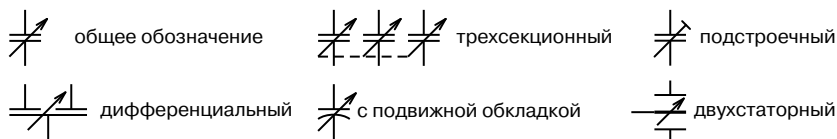
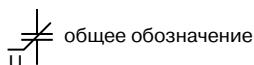
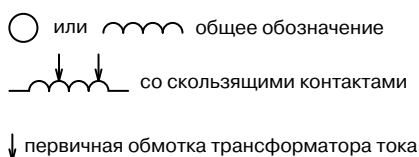
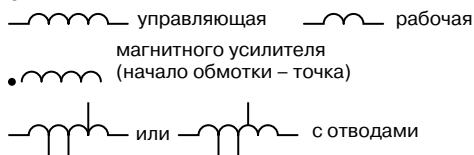
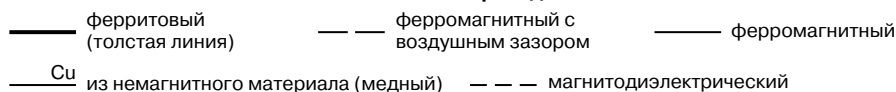
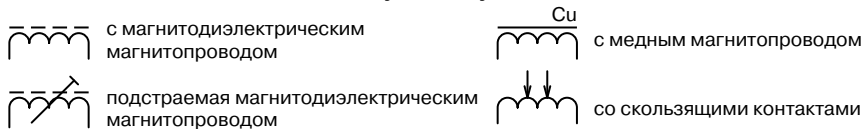
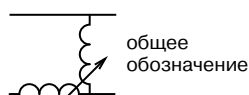
Для уточнения функционального назначения однобуквенный код иногда дополняют последующими буквами и (или) цифрами. В этом случае должны быть приведены соответствующие пояснения, например, на поле схемы. Буквенные коды для указания функционального назначения элементов таковы:

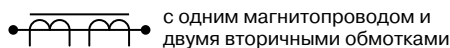
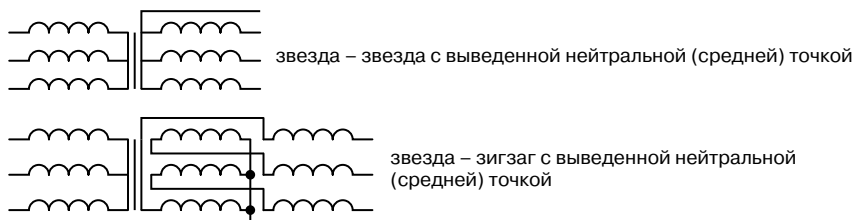
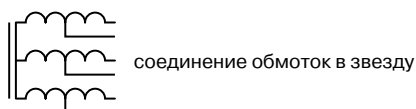
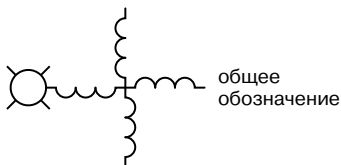
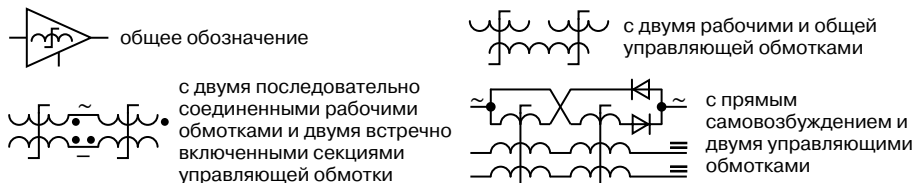
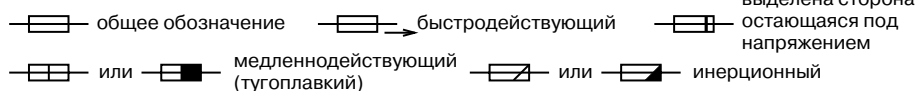
А — вспомогательный;	N — измерительный;
В — направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки);	P — пропорциональный;
С — считающий;	Q — состояние (старт, стоп, ограничение);
D — дифференцирующий;	R — возврат, сброс;
F — защитный;	S — запоминание, запись;
G — испытательный;	T — синхронизация, задержка;
H — сигнальный;	V — скорость (ускорение, торможение);
I — интегрирующий;	W — сложение;
K — толкающий;	X — умножение;
M — главный;	Y — аналоговый;
	Z — цифровой.

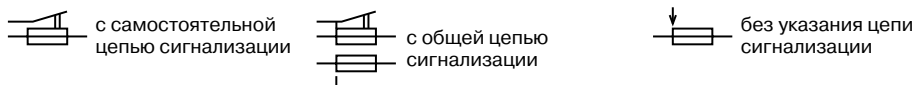
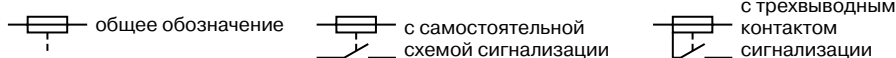
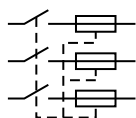
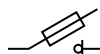
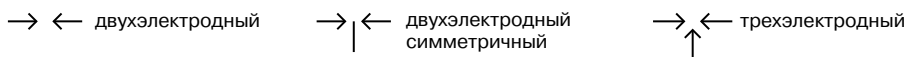
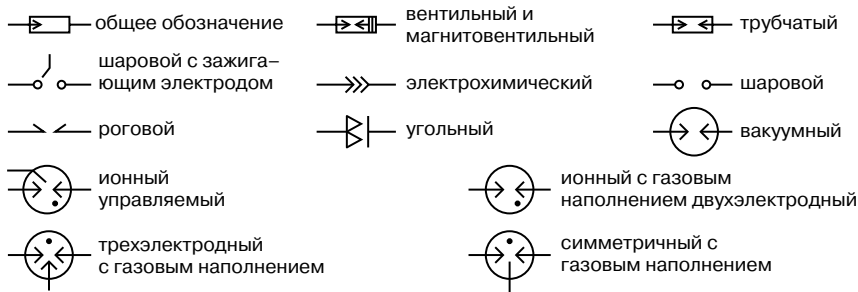
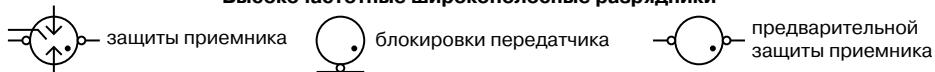
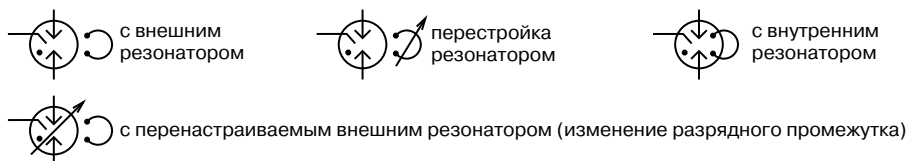
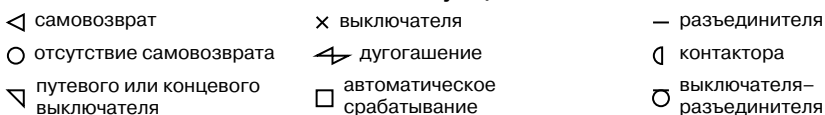
9.6. ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ В СХЕМАХ

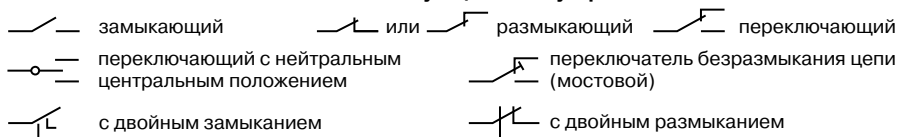
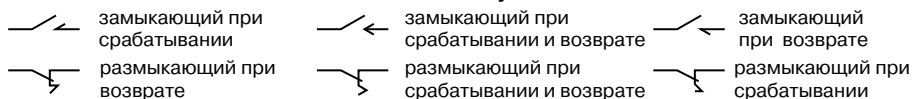
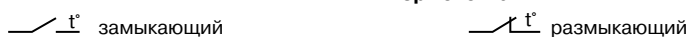
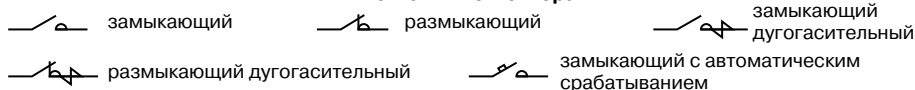
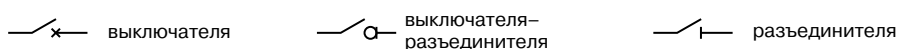
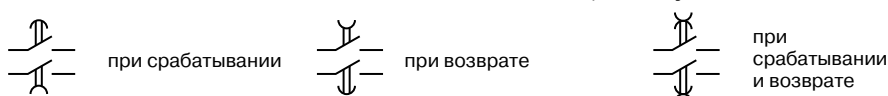
На последующих страницах приводится перечень условных обозначений элементов в схемах, как электронных компонентов, так и линий, вспомогательной информации и пр.

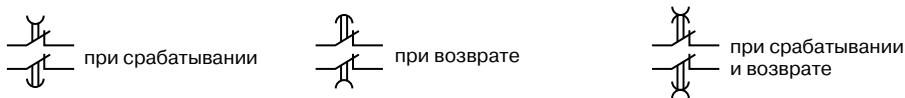
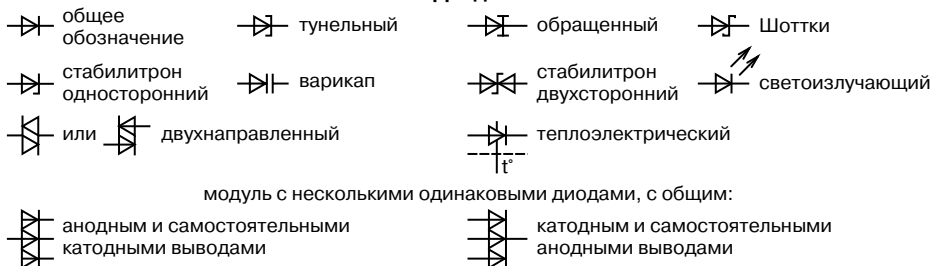
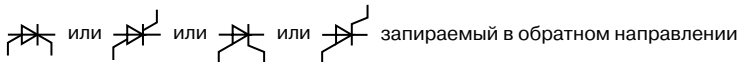
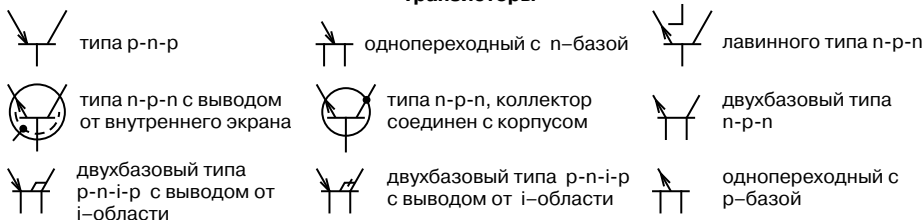
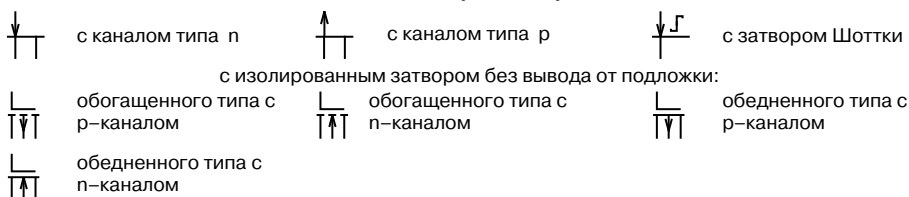
Резисторы постоянные**Резисторы постоянные с дополнительными отводами****Резисторы переменные с замыкающим контактом****Резисторы подстроечные****Терморезисторы****Тензорезисторы****Варисторы****Резисторы переменные****Конденсаторы постоянной емкости**

Конденсаторы постоянной емкости**Конденсаторы переменной емкости****Вариконды****Вариометры****Гониометры****Обмотки****Магнитопроводы****Катушки индуктивности****Однофазные автотрансформаторы с ферромагнитным магнитопроводом****Регуляторы**

Трансформаторы однофазные двухобмоточные**Трансформаторные группы****Измерительные трансформаторы тока****Трансформаторы трехфазные с ферромагнитным магнитопроводом двухобмоточные****Трехфазные автотрансформаторы с ферромагнитным магнитопроводом****Трансформаторы вращающиеся, фазовращатели****Магнитные усилители****Плавкие предохранители****Пробивные предохранители****Выключатели-предохранители****Разъединители-предохранители**

Предохранители с сигнализирующим устройством**Предохранители плавкие ударного действия****Термические катушки (предохранители)****Выключатели-разъединители (с плавким предохранителем)****Выключатели трехфазные с автоматическим отключением любых из плавких предохранителей ударного действия****Искровые промежутки****Разрядники****Высокочастотные широкополосные разрядники****Высокочастотные узкополосные разрядники****Функции**

Контакты коммутационного устройства**Контакты импульсные****Контакты в контактной группе, срабатывающий раньше по отношению к другим контактам группы****Контакты в контактной группе, срабатывающий позже по отношению к другим контактам группы****Термоконтакты****Контакты без самовозврата****Контакты с самовозвратом****Контакты контактора****Контакты****Контакты концевого выключателя****Контакты замыкающие с замедлением, действующим**

Контакты размыкающие с замедлением, действующим**Диоды****Тиристоры****Тиристоры тетродные****Транзисторы****Полевые транзисторы**

Полевые транзисторы

с изолированным затвором обогащенного типа с p-каналом, внутренним соединением истока и подложки



с изолированным затвором с выводом от подложки обогащенного типа с p-каналом



с двумя изолированными затворами обедненного типа с p-каналом, с выводом от подложки

Фоточувствительные приборы

фоторезистор, общее обозначение



фоторезистор дифференциальный



фотобатарея



фотодиод



фототермистор



фотоэлемент



фототранзистор типа p-n-p



фототранзистор типа n-p-n

Оптоэлектронные приборы

или оптрон диодный



или оптрон тиристорный



или с фотодиодом и усилителем, изображение совмещено



оптрон резисторный



с фототранзистором и с выводом от базы



с фототранзистором и без вывода от базы



с фотодиодом и усилителем, изображение разнесено



или Датчики Холла

Электронные лампы**Диоды**

прямого накала



косвенного накала



двойной с общим катодом



двойной с раздельным катодом косвенного накала

Триоды

с катодом прямого накала



с катодом косвенного накала



двойной с катодом косвенного накала и со средним выводом от секционированного подогревателя



двойной с раздельными катодами с внутренним разделительным экраном и отводом от него

Многосеточные лампы

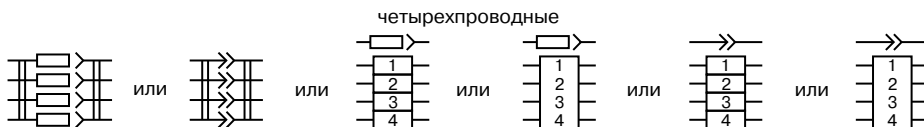
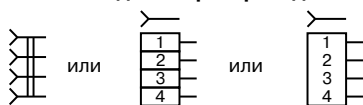
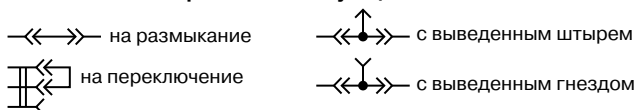
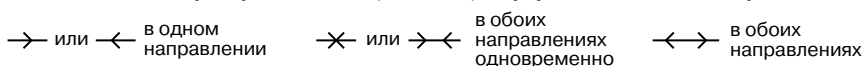
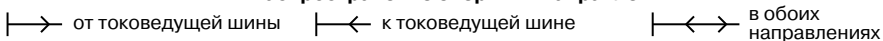
пентод с катодом косвенного накала с внутренним соединением между катодом и антидинаatronной сеткой



пентод с катодом косвенного накала с выводом от каждой сетки

Соединения контактные разъемные

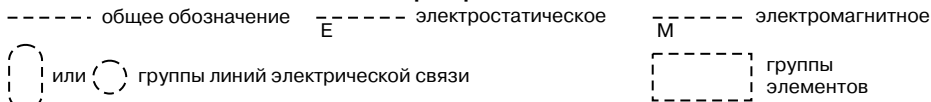
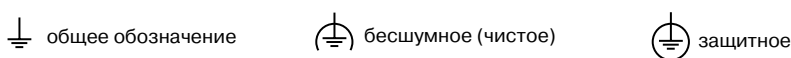
—>> или —□— общее обозначение

**Штыри четырехпроводного контактного разъемного соединения****Гнезда четырехпроводного контактного разъемного соединения****Перемычки коммутационные****Перемычки контактные****Распространение тока, сигнала, информации и потока энергии****Направление тока, сигнала, информации и потока энергии****Распространение энергии в направлениях****Автоматическое регулирование****Подстроечное регулирование****Саморегулирование, вызванное физическими процессами или величинами**

линейное



нелинейное

Линия для выделения устройств, функциональных групп, частей схемы**Экранирование****Заземления****Электрические соединения с корпусом (массой)**

Линии связи

	электрической, провода, кабеля, шины		защитный проводник (РЕ)
	или групповая		наличие текста над линией
	наличие текста в разрыве линии		наличие текста в начале или
			конце линии

или **Разветвления (слияния) линий электрической связи в линию групповой связи, разводка жил кабеля или проводов жгута**

или **Разветвления (слияния) линий групповой связи**

Излом линий электрической связи, линий групповой связи, провода, кабеля, шины

под углом 90 градусов

под углом 135 градусов

Пересечение линий электрической связи, линий групповой связи, электрически не соединенных проводов, кабелей, шин электрически не соединенных

или пересечение под углом 90 градусов

или излом под углом 135 градусов

Электрические связи с ответвлениями

или с одним

или или под углами, кратными 45 градусам

или с двумя

или не допускается в качестве точек ответвления использовать элементы условных графических обозначений, имеющие вид точек, изломов, пересечений и т.д.

Схемы выполненные автоматизированным способом

линии групповой связи неутолщенные, для отделения этих линий от пересекающихся с ними или параллельных им линий электрической связи на линию групповой связи наносят наклонные штрихи

Линии электрической связи, графически сливаемые

или вертикально

или горизонтально

или **Обрыв линии электрической связи**

Шины

или общее обозначение

ответвление

пересекающиеся и электрически несоединенные

отводы (отпайки)

Группы проводов, подключенных к одной точке электрического соединения

или 2 провода

4 провода

более четырех проводов

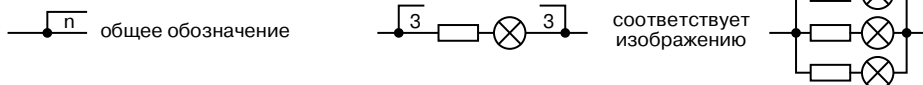
Группа линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение

n однолинейная

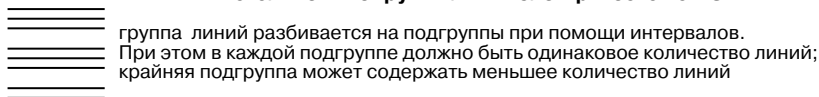
n многолинейная

буква "n" заменяется числом, указывающим количество линий в группе

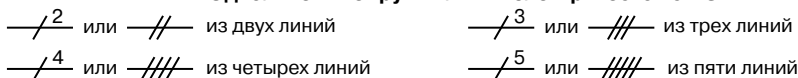
Линии электрической связи с ответвлением в несколько параллельных идентичных цепей



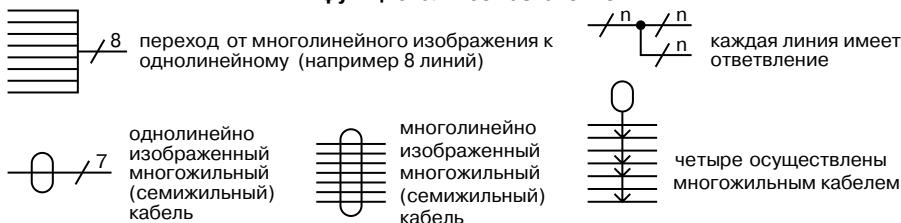
Многолинейные группы линий электрической связи



Однолинейные группы линий электрической связи



Группа линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение



Группа линий электрической связи, осуществленная "n" (шестью) скрученными проводами, изображенная



Группа линий электрической связи, четыре из которых осуществлены скрученными проводами



Линии электрической связи

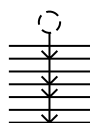


Группа индивидуально экранированных линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение



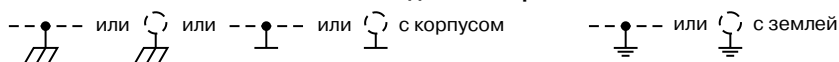
Группа линий электрической связи (шесть) в общем экране, изображенные





Группа линий электрической связи, четыре из которых находятся в общем экране

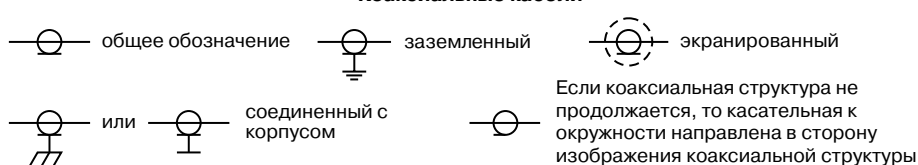
Соединения экрана



Экранированные провода или кабели с отводом на землю



Коаксиальные кабели



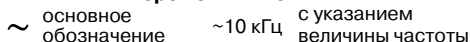
Постоянный ток



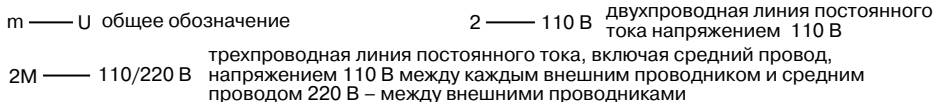
Полярность постоянного тока



Переменный ток

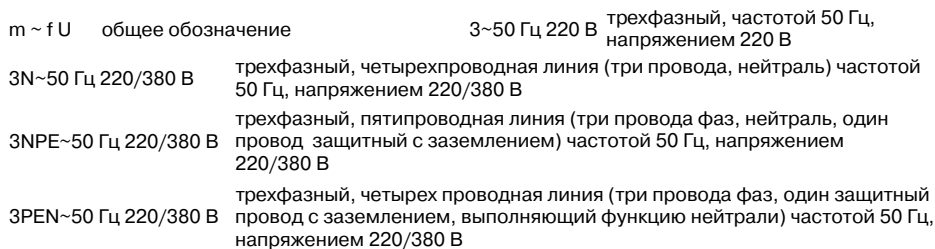


"m" проводная линия постоянного тока напряжением "U"



$m \sim f$ Переменный ток с числом фаз "m", частотой "f", например переменный
 $3 \sim 50 \text{ Гц}$ трехфазный ток частотой 50 Гц

Переменный ток числом фаз "m", частотой "f", напряжением "U"



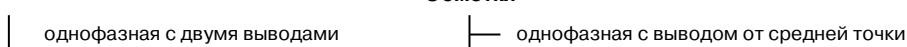
Частоты переменного тока (основные обозначения)













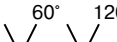
Токи










Обмотки



Обмотки

	две однофазные, каждая из которых с двумя выводами		три однофазные, каждая из которых с двумя выводами		"m" однофазных, каждая из которых с двумя выводами
	2~ двухфазная с раздельными фазами		3~ трехфазная с раздельными фазами		m~ многофазная "n" с числом раздельных фаз "m"
	двухфазная трехпроводная		двухфазная четырехпроводная		
	двух-трехфазная Т-образного соединения (обмотка Скотта)				
	трехфазная V-образного соединения двух фаз в открытый треугольник		60° 120° угол, под которым включены обмотки, например под углами 60 и 120 градусов		






Обмотки трехфазные

	соединенная в звезду		соединенная в звезду, с выведенной нейтралью		соединенная в звезду, с выведенной заземленной нейтралью
	соединенная в треугольник		соединенная в разомкнутый треугольник		соединенная в зигзаг
	соединенная в зигзаг, с выведенной нейтралью				

Обмотки четырехфазные

	общее обозначение		с выводом от средней точки
---	-------------------	---	----------------------------












Обмотки шестифазные

	соединенная в две обратные звезды		соединенная в двойную звезду
	соединенная в две обратные звезды, с раздельными выводами от средних точек		
	соединенная в звезду		соединенная в звезду, с выводом от средней точки
	соединенная в два треугольника		соединенная в шестиугольник

Обмотки шестифазные

	соединенная в двойной зигзаг		соединенная в двойной зигзаг, с выводом от средней точки
---	------------------------------	---	--

Импульсы

	прямоугольный положительный		прямоугольный отрицательный		трапецеидальный
	с крутым спадом		двуполярный		ступенчатый
	остроугольный положительный		остроугольный отрицательный		с крутым фронтом
	остроугольный с экспоненциальным спадом				гармонический

Пилообразные импульсы

	с линейным нарастанием		с линейным спадом
---	------------------------	---	-------------------

Искаженные импульсы

Примечание: Квалифицирующие символы являются упрощенным воспроизведением форм осциллограмм соответствующих импульсов



**Импульсы высокой частоты
(радиоимпульсы)**



Импульсы переменного тока

Сигналы

\sqcap или Λ или A аналоговый

$\#$ или D цифровой

H высокий уровень

положительный
перепад уровня

отрицательный
перепад уровня
сигнала

L низкий уровень

Модуляции

A амплитудная

f или F частотная

j фазовая

или P импульсная

фазово-импульсная

частотно-импульсная

амплитудно-
импульсная

широтно-импульсная

время-импульсная

$\#$ кодово-импульсная

2^5 двоично
пятиразрядный код

$\left(\frac{7}{3}\right)$ код три из семи

Воздействия

термическое

электромагнитное

пьезоэлектрическое

магнитоупругое

электродинамическое

от индуктивности

от сопротивления

гальваномагнитный
эффект (Холла)

электростатическое,
емкостной эффект

магнитное

ультразвук

замедления

Излучение

неионизирующее электромагнитное,
фотоэлектрический эффект

световое, фотоэлектрический эффект

неионизирующее
(когерентный свет)

ионизирующее

\times ламп накаливания

Для указания вида излучения допускается применять буквы

IR инфракрасное

UV ультрафиолетовое

\Rightarrow Связь оптическая

\triangleright Усиление

Σ Суммирование

t° Температурная зависимость

\cap Подогреватель

Сопротивления

R активное

X реактивное

Z полное

X_L индуктивно реактивное

X_C емкостное реактивное

Магниты постоянные

общее обозначение

N указание полярности магнита
(северный полюс "N")

Идеальные источники



тока



напряжения

Идеальные гираторы



ОСНОВЫ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКИ

10.1. Рабочее место радиолюбителя

Инструмент для радиолюбителя

Радиолюбителю понадобятся такие **инструменты**:

- ♦ маленькие кусачки — для проводов, выводов деталей и снятия изоляции;
- ♦ напильник — для зачистки жала паяльника;
- ♦ пинцет — чтобы пальцы не обжигать;
- ♦ медицинский скальпель или канцелярский нож;
- ♦ игла от шприца с затупленным кончиком;
- ♦ тонкое шило.



Совет.

Не пользуйтесь маникюрными кусачками, они предназначены для резки мягких ногтей. Поэтому перекусывание проводов и выводов радиоэлементов быстро выведет их из строя, и вызовет справедливый гнев вашей мамы, подруги или жены.

По мере приобретения опыта в ремонте и изготовлении электронных схем этот ваш арсенал будет постепенно расширяться и модифицироваться.



Совет.

Режущие части в сомкнутом состоянии у хороших бокорезов должны соприкасаться только на концах. Не покупайте бокорезы, у которых или кромки неровные, или не сходятся концы, или кромки соприкасаются не на концах, а в каком-либо другом месте.

Настоятельно рекомендую купить цифровой тестер. Всегда полезная вещь в хозяйстве. И напряжение померить, и сопротивление..., да и стоит копейки.

Хорошая мастерская, а особенно набор инструментов создаются годами. Тем более, когда приходит мастерство, то покупные инструменты

уже не удовлетворяют нашим требованиям, приходится изготавливать инструменты своими руками. Но для этого нужно иметь не только рабочее место, но и соответствующее оборудование.

Рабочий стол — своими руками

Мастерская радиолюбителю нужна не только для работ с радиоэлектронными приборами и конструкциями, но и для общих домашних работ. Современные квартиры, как правило, не оставляют нам возможности оборудовать свое рабочее место в отдельной комнате, поэтому можно использовать любой свободный угол.

Крепление полок к стене, планировка уголка и нижнего шкафа — дело вашей фантазии и умения. От верхнего шкафчика (дверцы которого можно оклеить обоями комнаты) можно и отказаться.

Для размещения инструмента можно использовать планки с постоянными магнитами или самодельный набор из магнитных дверных защелок.

На поверхности стола оборудуйте специальное поле, покрытое асбестом — для работы с паяльником, кислотами и растворителями.

Для **особо мелких деталей** одного назначения приспособьте пластмассовые коробочки для кактусов, склеенные (скрепленные) в наборную кассу. Или купите специальные емкости в специализированном магазине.

Для **деталей средней величины** хорошо подходят прямоугольные коробочки из-под сметаны, которые имеют очень удобные бортики, хорошо входящие в специально прорезанные пазы.

Микросхемы, кроме стандартных пластмассовых коробок, удобно хранить в листах пенопласта, вложенных в коробку из-под обуви.

Шкафчики вверху и внизу могут вмещать в себя ЗИП, электродрель (малый сверлильный станок), ЛАТР, различные напильники, лобзик, малую ручную дрель, различные емкости с лаками, клеями, растворителями и хлорным железом.

Особое место выделите для **измерительных приборов**, отдельно разместите малые тиски с наковальней, большие тиски и т. д.

Позаботьтесь о **емкости с низкими бортами** и достаточно большой площадью для **мусора** — откусанных выводов и снятой оплетке.



Совет.

Очень хорошо для такого мусора подходит пластиковая одноразовая тарелка (не стоит касаться ее жалом разогретого паяльника!).

Электропитание и освещение рабочего места

Обязательно предусмотреть **местное освещение** рабочего места, желательно с лампой дневного света на кронштейне. Для людей с ослабленным зрением или с недостатками зрения этот кронштейн можно снабдить большой лупой, закрепленной на нем.



Совет.

Свет должен падать на плату так, чтобы рука с паяльником не закрывала его.

Пульт электропитания в лаборатории радиолюбителя должен обеспечивать:

- ♦ регулируемое напряжение постоянное (выпрямленное) и переменное 0—250 В (ЛАТР);
- ♦ питание для паяльника;
- ♦ любое нужное напряжение постоянного тока для питания любых конструкций.

10.2. Что такое пайка?

Первое знакомство

Пайка является основой радиолюбительского творчества. Она представляет собой способ соединения металлов с помощью другого, более легкоплавкого металла. **Процесс пайки** представляет собой проникновение одного вещества (металла) в другой при высокой температуре, что обеспечивает после затвердения припоя механическую прочность и высокую электропроводность соединения. Радиолюбительская пайка обычно происходит при высоких температурах спаиваемых поверхностей и расплавленного олова (от 180 до 250 °С). В этом процессе одним из металлов являются свариваемые проводники, вторым — припой. Дадим теперь развернутое определение этому важнейшему для радиолюбителя понятию.



Определение.

Пайка — процесс, применяемый для получения неразъемного соединения металлических деталей из различных материалов путем введения между этими деталями расплавленного материала (припоя), имеющего более низкую температуру плавления.

А вот что про сварку сказано в **энциклопедическом словаре**: «Это технологическая операция, применяемая для получения неразъемного меха-

нического и электрического соединения деталей из различных материалов. Спаиваемые элементы деталей, а также припой и флюс вводятся в соприкосновение и подвергаются нагреву с температурой выше температуры плавления припоя, но ниже температуры плавления соединяемых деталей. В результате, припой переходит в жидкое состояние и смачивает поверхности деталей. После этого нагрев прекращается, и припой переходит в твердую фазу, образуя соединение. Нагрев деталей и припоя производится специальным инструментом, который называется паяльником.

В зависимости от типа деталей, которые подвергаются соединению, требуемой прочности соединения, применяют различные типы паяльников и различные типы припоев и флюса».

Т. о. пайка основана на явлении **диффузии**, т. е. на взаимном проникновении частиц расплавленного **припоя** и основного металла друг в друга. Это проникновение и обеспечивает после затвердения припоя механическую прочность и высокую электропроводность соединения.

Следует отметить, что поверхность металла на воздухе обычно покрывается **слоем оксида**, поэтому ее перед пайкой требуется **зачистить**. Но зачищенная поверхность вновь может быстро окислиться. Во избежание этого на обработанные места наносят химические вещества — **флюсы**. Подробно мы их рассмотрим далее.

Флюсы повышают текучесть расплавленного припоя. Благодаря этому пайка получается прочнее. При радиотехнических монтажных работах применяются обычно бескислотные флюсы, например, **канифоль**.

В результате пайки образуется механический и электрический контакт между металлическими поверхностями, способный выдерживать значительные механические нагрузки.



Примечание.

Для качественной пайки недостаточно нагреть одну поверхность с оловом и прислонить к ней другую: обязательное условие образования надежного контакта — равные температуры спаиваемых поверхностей. Естественно, что добиться этого можно только при помощи верно подобранного инструмента.

Для качества пайки очень большое значение имеет соотношение температуры жала паяльника и температуры плавления припоя:

- ♦ низкая температура жала паяльника приведет к размягчению припоя, но не к его расплавлению. Результат — холодная пайка (узнать можно по зернистой структуре контакта).

- ♦ высокая температура жала паяльника — чрезмерное выпаривание припоя. И тот, и другой дефект приводит к рассыпанию/расслоению контакта через некоторое время эксплуатации.

**Внимание.**

Не нужно забывать и о предельных температурах электронных компонентов: пайка при температуре более 250 °С должна проходить за несколько секунд. В противном случае интегральные компоненты можно запросто пережечь.

10.3. Паяльник или паяльная станция?

Сколько паяльников должен иметь радиолюбитель

Паяльник — один из основных инструментов радиолюбителя. По своей конструкции и мощности паяльники могут быть различными. Всем понятно, что для пайки радиатора водяного охлаждения автомобиля и для ремонта сотового телефона потребуются различные типы паяльников.

Традиционные паяльники имеют такие **мощности**:

- ♦ паяльники 3—10 Вт предназначены для распайки супер мелких микросхем;
- ♦ паяльники 20—40 Вт считаются бытовыми и радиолюбительскими;
- ♦ паяльники 60—100 Вт применяют, например, сотрудники автосервиса для распайки толстых проводов;
- ♦ паяльники 100—250 Вт используют для запайки кастрюль, радиаторов и прочего крупногабаритного металла.

**Совет.**

Т. к. радиолюбителю чаще всего приходится паять тонкие проводки, резисторы, светодиоды и прочую мелочь, поэтому приобретайте 20—25 ваттный паяльник. Ведь радиодетали не любят перегрева, и выходят от него из строя. Вот так, не переусердствуйте.

Опыт многих практиков говорит, что даже для легких сборочных работ радиолюбителю желательно иметь два паяльника различного типа. Большинство печатных плат и простых радиолюбительских самоделок можно паять с помощью паяльника 25—40 Вт с прямым или изогнутым жалом. Для более крупных работ следует использовать паяльники на 100 и более ватт.

**Примечание.**

Следует запомнить: правильно выбранное жало облегчает работу, поэтому следует иметь несколько тонких конических и плоских жал и одно плоское широкое для распайки микросхем. С точки зрения техники безопасности рекомендуется иметь паяльники на напряжение не выше 36 В.

Требования для паяльного оборудования радиолюбителя**Внимание.**

Работа с электрическим паяльником не безопасна — можно обжечься, так как медный стержень и кожух паяльника нагреваются до высокой температуры. Поэтому необходимо держать нагретый паяльник только за ручку и не касаться его нагретых частей. Кроме того, надо следить, чтобы нагретые части паяльника не касались изоляции питающего провода или шнура, так как горячий кожух или стержень могут вызвать разрушение изоляции, короткое замыкание и пожар.

Теперь определим требования для паяльного оборудования радиолюбителя.

Вид паяльного оборудования: паяльник/станция. Желательно приобретать не просто паяльник, а паяльную станцию, которая имеет такие преимущества:

- ♦ регулируемый диапазон нагрева (вероятность пережечь компоненты сводится к нулю);
- ♦ поддержание постоянной температуры жала (жало не перегорает, значит, снижаются затраты на расходные материалы);
- ♦ важная особенность всех паяльных станций — наличие подставки под паяльник (вещь необходимая) и ванны для очистной губки — не захотите покупать станцию, будете искать эти вещи отдельно.

Мощность паяльника — вещь во многом определяющая качество пайки. При пайке печатных плат вполне достаточно паяльника с мощностью 25—40 Вт. Конечно, при пайке проводов сечением в 10 мм вам и 100 Вт будет мало. Но здесь речь идет о пайке плат.

Напряжение питания. На территории России стандартом является напряжение 220 В $\pm 10\%$, 50 Гц. Хотите паять, подключаясь к сети электропитания — покупайте паяльник/станцию с таким питанием. Для пайки в автомобиле или в местах, где сложно найти розетку, можно найти паяльник с питанием 12/18/24 В или газовые паяльники.

Форма жала. Это важный параметр при пайке плат. Сейчас для паяльников/станций предлагается широкий ассортимент жал — лопатка, конус, игла и т. д. Какое выбирать дело ваше: каждому удобно паять тем, чем он привык. Удобен, например, набор лопаток разных размеров.

Стойкость жала. Это немаловажный параметр. Вы можете найти термостойкие жала, которым не страшен длительный перегрев. Удобно, но дорого.

Антистатические паяльные станции. Если вы готовы выложить более 100\$ за паяльную станцию — вы получите антистатическую защиту (полезно при пайке полевых элементов и других капризных элементов). Но можно самостоятельно доработать обычную станцию/паяльник: заземление жала в большинстве случаев помогает. Это конечно не та антистатика, которая есть в навороченных станциях, но помогает не хуже.

Подставка для паяльника

Включенный паяльник нагревается до 300 °С, поэтому его кладем на подставку (или вставляем в подставку, в зависимости от ее конструкции), справа от себя, на краю стола. Соблюдаем правила безопасности, контролируем его сетевые провода и предупреждаем окружающих. Пример подставки для паяльника приведен на рис. 10.1.



Рис. 10.1. Внешний вид пружинной подставки для паяльника

Устройство стержневого паяльника

Устройство стержневого паяльника показано на рис. 10.2, а. Нагревающаяся часть паяльника — медный стержень с заостренным под углом 30—45° концом — жалом. Стержень вставлен в металлическую трубку, вокруг которой располагается нагревательный элемент в оболочке из теплостойкой изоляции — керамики или слюды. Концы спирали присоединены к проводам питающего шнура (провода) с вилкой. Нагревательный элемент закрыт снаружи кожухом. Шнур паяльника пропущен через его ручку (пластмассовую или деревянную). При включении в электрическую сеть нагревательный элемент паяльника нагревается до температуры 300—350 °С и его тепло передается медному стержню, которым плавят припой и нагревают соединяемые детали. Электрическая схема паяльника приведена на рис. 10.2, б.

Промышленностью выпускаются электрические паяльники, рассчитанные на напряжение городской осветительной сети 220 В, а для школ — паяльники, рассчитанные на напряжение 42 В. Это связано с обеспечением безопасности учащихся. При случайном прикосновении к токоведущим частям паяльника или при его электрическом пробое через

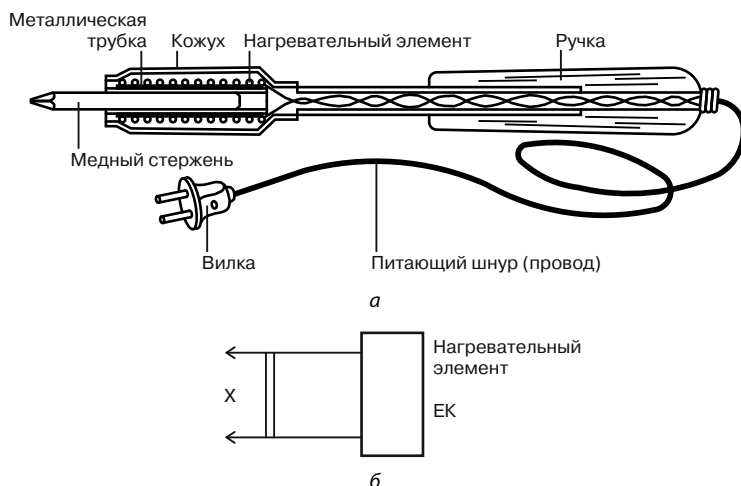


Рис. 10.2. Электрический стержневой паяльник:
а — устройство; б — принципиальная схема

тело человека пойдет электрический ток. Этот ток будет тем больше, чем больше электрическое напряжение. Поэтому электропаяльник под напряжением 42 В безопаснее паяльника под напряжением 220 В.

Стержневые паяльники

Наибольшее распространение у радиолюбителей получили **паяльники с медным жалом на 25—40 Вт 220 В** — прямым или изогнутым. Нагревательным элементом в них обычно служит проволока из специального сплава, например, нихрома, намотанная на медный стержень (жало). Для изоляции намотки от стержня между ними прокладывается слой слюды.

Чаще всего в быту встают такие задачи:

- ♦ удлинить провода;
- ♦ припаять разъемы к антенному кабелю или к сетевому разъему;
- ♦ спаять несложную схему из обычных деталей.

Т. е. выбор паяльника должен зависеть от того, какие детали будут подвергаться пайке. Для всех этих работ вполне будет достаточно обычного паяльника на напряжение 220 В и мощностью от 25 до 40 В.

Достоинства такого паяльника — доступная цена. Купить его можно за 100—200 рублей практически в любом хозяйственном магазине.

Первый недостаток такого паяльника — **нет возможности регулировки температуры**, жало перегревается, окисляется и обгорает, поэтому его постоянно приходится чистить и периодически затачивать. Вследствие этого, срок службы такого паяльника (особенно при

интенсивном ежедневном использовании) невелик. К перегретому жалу плохо прилипает припой, есть возможность повредить чувствительные к нагреву детали во время пайки. Особенно это касается светодиодов, транзисторов в пластмассовых корпусах и т. п.

Второй недостаток паяльника, подключаемого непосредственно к сети 220 В, — это **плохая изоляция между жалом паяльника и питающей сетью**. Таким паяльником легко повредить чувствительные к статическому электричеству элементы. Но как я уже говорил, для простейших работ для начинающих он вполне подходит.

Если же встает задача пайки массивных деталей, например, соединения медных трубок в системе водяного охлаждения, пайки радиаторов, корпусов или проводов сечением с буксировочный трос — то тогда потребуется более **мощный паяльник на 100—200 Вт мощности**. Тут потребовался «топорик» мощностью 200 Вт.

Импульсные паяльники «пистолетного» типа

Все большее распространение получают **импульсные паяльники «пистолетного» типа** (рис. 10.3) с внешним съемным нагревательным элементом. Съемный нагревательный элемент обычно изготавливают из неизолированного медного провода диаметром около 1 мм. Такой элемент выдерживает 30—40 паяк, после чего его приходится заменять новым.

Если же для этой цели использовать посеребренный медный провод (серебро должно быть нанесено гальваническим способом), то нагревательный элемент будет служить дольше.

Это паяльник с открытым нагревателем — одна из разновидностей бытового паяльника. Он появился в СССР еще в 70-е годы прошлого века.

Паяльник представляют собой прибор в форме пистолета, на конце которого находятся два электрических контакта и подсветка (рис. 10.4).



Рис. 10.3. Внешний вид импульсного паяльника

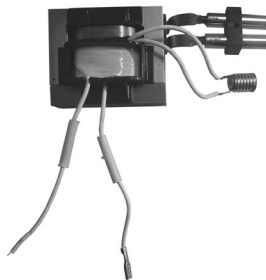


Рис. 10.4. Внутреннее устройство импульсного паяльника

На контакты закрепляется нагревательный элемент. Внутри находился трансформатор, понижавший сетевое напряжение до нескольких вольт, которые и подводились к контактам.

Нагревается такой паяльник за 10 с. Современные паяльники вместо лампочки накаливания имеют LED-подсветку.

**Совет.**

Такие паяльники очень удобны для разогрева шурупов, если они не выкручиваются.

Паяльные станции

Если вы решили, что пайкой будете заниматься регулярно, тогда имеет смысл задуматься о приобретении **паяльной станции** (рис. 10.5). Преимущества перед простейшим паяльником очевидны.



Рис. 10.5. Внешний вид цифровой паяльной станции WDD81V (95 Вт, 230 В)

Во-первых, в паяльных станциях используются низковольтные паяльники, которые подключены к сети через понижающий трансформатор. Это резко уменьшает наводки, возникающие на жале паяльника, и практически сводит на нет риск повреждения статическим электричеством чувствительных деталей.

Во-вторых, паяльные станции имеют систему регулировки и поддержания температуры жала на определенном уровне. Такой паяльник не перегреет детали или плату. Паяльники, которыми комплектуются паяльные станции, обычно имеют возможность смены жала. Поэтому с разными насадками такой паяльник можно использовать как для пайки толстых проводов, так и для миниатюрных деталей.

В-третьих, жало таких паяльников, как правило, покрыто специальным защитным слоем, предотвращающим его окисление и существенно продлевающим срок службы паяльника.

В-четвертых, в комплекте с паяльной станцией всегда идет удобная подставка под паяльник — вещь весьма необходимая особенно при частом использовании.

В-пятых, немаловажное преимущество паяльной станции — это малое время разогрева до рабочей температуры. В большинстве случаев пайку можно начинать меньше чем через минуту после включения.

За такой набор удобств, однако, приходится платить. Самые простые и дешевые модели можно приобрести по цене до 1000 руб. Но есть и очень «навороченные» паяльные станции оснащенные целым арсеналом всевозможного инструмента, который может пригодиться для создания и ремонта электронной аппаратуры. Цена такого комплекта от известного производителя, типа американской фирмы Раса, может достигать не одной тысячи долларов.

Термовоздушные паяльные станции

Сейчас повсеместно используется так называемый **поверхностный монтаж элементов**. Другие названия поверхностного монтажа: наплатный, планарный, SMD-монтаж (Surface-Mount Device — элемент для поверхностного монтажа). Компоненты, которые используются для поверхностного монтажа, называют SMD-компонентами. Взгляните на современную плату (например, на материнскую плату компьютера). Первое, что бросится в глаза — огромное количество мелких деталей, припаянных непосредственно на поверхность платы.

Возникает резонный вопрос, каким образом паять такие элементы? В заводских условиях все эти элементы припаиваются групповым методом — плату с установленными на ней деталями помещают в специальную печь и нагревают до температуры плавления припоя. Для ремонта таких плат или изготовления своих схем по такой технологии применяют так называемые **термовоздушные паяльные станции** (рис. 10.6). Принцип работы такого паяльника абсолютно аналогичен работе обычного фена для сушки волос. Разница только в температуре воздуха, который выходит из наконечника фена.

Такие паяльные станции позволяют регулировать температуру воздуха на выходе от 100 до 450—500 °С, также есть возможность регулировки воздушного потока. Сейчас получили распространение **комбинированные паяльные станции**, где в одном корпусе помещается как термовоздушный паяльник, так и обычный.

Такой паяльный агрегат позволяет провести ремонт практически любой электронной схемы с любым типом



Рис. 10.6. Внешний вид термовоздушной паяльной станции 997 ESD

применяемых деталей. Цены тоже вполне доступны. Такую паяльную станцию начального уровня можно приобрести 2500—3000 рублей.

Людам, всерьез решившим заняться ремонтом и изготовлением электронных схем, я бы порекомендовал именно такой вариант паяльника.

Кроме пайки электронных компонентов феном паяльной станции очень удобно обсаживать термоусадочную трубку. Можно сгибать или сваривать пластмассу. С его помощью можно удалять старую краску с небольших металлических деталей. Так что спектр применения такого оборудования далеко не ограничен задачами пайки проводов и радиодеталей.

10.4. Подготовка нового паяльника к работе

Первые шаги

Новый паяльник должен быть соответствующим образом подготовлен к работе. **Во-первых**, рабочей части жала паяльника должна быть **придана заостренная форма (30°)**, что часто делают с помощью напильника.



Совет.

Обработку жала лучше делать ковкой, так как наклеп уменьшает интенсивность растворения меди и затрудняет образование раковин, сокращающих срок службы паяльника.

Во-вторых, производят залуживание. Для этого, слегка нагрев паяльник, покрывают слоем канифоли рабочую часть жала для предохранения медной поверхности от окисления.



Внимание.

Перегрев паяльника перед покрытием его канифолью недопустим.

Если же паяльник по какой-нибудь причине все же оказался перегретым, и зачищенная часть жала покрылась темно-синим налетом окиси меди, то его следует остудить и **вновь зачистить**. Как только жало нагреется до температуры плавления припоя, рабочая поверхность его должна быть целиком покрыта припоем.



Совет.

Чтобы защитить стержень от обгорания, его нужно обмазать тонким слоем смеси силикатного клея и сухой минеральной краски (окись железа, цинка и магния). Перед включением паяльника покрытие нужно хорошо просушить, иначе клей вспенится, и покрытие будет осыпаться.

**Примечание.**

Есть паяльники с жалом из металлокерамики, их не зачищают напильником, их протирают специальной мокрой губкой.

По мере выгорания медного стержня такую процедуру придется выполнять регулярно.

Описанную выше процедуру с новым паяльником (зачистить и залудить его кончик, чтобы блестел), если он уже не залужен на заводе.

Зачищать нужно слегка, потыкать в поочередно в канифоль и припой, затем поводить по старой плате по блестящим местам, где много припоя, чтоб кончик равномерно блестел.

**Примечание.**

Все жало никогда не зачищают, иначе оно быстро кончится. Только кончик зачищают.

Чем его зачищать? Кончик зачищают напильником или шкуркой, чтоб блестела красная медь и сразу же суют в канифоль, чтобы она не окислилась. Это про медные жала. Есть специальные жала из керамики — с ними нужно обращаться осторожно и такими способами зачищать нельзя, читайте инструкцию.

**Совет.**

Также нужно выяснить, перегревается у тебя новый паяльник или нет. При нормальной температуре кончика канифоль не должна бурно кипеть, и капля припоя не должна легко слетать сама, а только при постукивании жалом об подставку.

Чистота жала паяльника и степень ее нагрева

Требования чистоты актуальны и для старых паяльников. Если жало грязное, им тяжело работать, — припой будет плавиться, но к поверхности жала не пристанет. Жало, как и у нового паяльника, обязательно надо зачистить и залудить — покрыть тонким пластом припоя.

Делается это аналогично методике, описанной выше: разогрейте паяльник и зачистите его жало напильником или наждачной бумагой, погрузите жало в канифоль, а потом троньте им кусочек припоя. Затем в пласте расплавленного припоя поведите жало по деревянной палочке (или по подставке) так, чтобы вся его поверхность покрылась пластом припоя.

С течением времени жало будет покрываться окислительным налетом темного цвета, который может помешать пайке. Тогда его нужно снова залудить.

Для чего нужен активатор жала

Активатор жала или TipCleaner продается в очень маленьких баночках. Он необходим для увеличения срока службы жала паяльника. Перед каждой пайкой и после нее (имеется в виду в начале и в конце работы) опустите жало в эту баночку. На нем образуется защитное покрытие, препятствующее образованию нагара.

Как избежать запаха гари от нового паяльника

После первого включения, нередко, бывает выгорание смазки, небольшое выделение гари, не бойтесь, это не страшно. Если же в новом паяльнике оказалось много смазки, то он начинает жутко вонять.



Совет.

Чтобы избежать жуткого запаха дома, можно повесить за форточку включенный паяльник на часик, пока масло не выгорит. Но он не должен касаться стекла. Погода должна быть сухой.

10.5. Выбираем и правильно используем припой

Что такое припой



Определение.

Припой — это легкоплавкий сплав металлов, предназначенный для соединения проводов, выводов, деталей и узлов пайкой.

Ранее припои обозначали тремя буквами — ПОС (припой оловянно-свинцовый), за которыми идет двузначное число, показывающее содержание олова в процентах, например ПОС-40, ПОС-60. Для радиолюбительских целей рекомендовался припой ПОС-60.



Примечание.

Лучший припой — чистое олово. Однако оно дорогое и используется в исключительных случаях. Во время радиомонтажа чаще применяют оловянно-свинцовые припои. По прочности спаивания они не уступают чистому олову. Плавятся такие припои при температуре 180—200 °С.

Выбор припоя

Выбор припоя производят в зависимости от таких факторов:

- ♦ от соединяемых металлов или сплавов;
- ♦ от способа пайки;

- ♦ от температурных ограничений;
- ♦ от размера деталей;
- ♦ от требуемой механической прочности;
- ♦ от коррозионной стойкости и др.

**Правило.**

Для пайки толстых проводов используют припой с температурой плавления более высокой, чем для пайки тонких проводов.

**Примечание.**

В некоторых случаях необходимо учитывать и электропроводность припоя (напоминание: удельное сопротивление олова равно $0,115 \text{ Ом} \times \text{мм}/\text{м}$, а свинца — $0,21 \text{ Ом} \times \text{мм}/\text{м}$).

Разновидности припоев

Припои разделяются на три группы: тугоплавкие, легкоплавкие и сверхлегкоплавкие.

Тугоплавкие припои (радиолюбители их практически не используют). К тугоплавким относятся припои с температурой плавления свыше 500°C , создающие очень высокую механическую прочность соединения (сопротивление разрыву до $50 \text{ кг}/\text{мм}$). Недостатком их является именно то, что они требуют высокой температуры нагрева и, хотя прочность такой пайки получается весьма высокой, интенсивный нагрев может привести к нежелательным последствиям: можно, например, «отпустить» стальную деталь.

Недостатком твердых припоев является то, что они требуют высокой температуры нагрева, и хотя прочность такой пайки весьма высока, интенсивный нагрев может привести к весьма нежелательным последствиям:

- ♦ можно перегреть дорогостоящую деталь и вывести ее из строя (например, транзистор или микросхему);
- ♦ можно «отпустить», например, стальную деталь (пружину).

Легкоплавкие (радиолюбительские) припои. К этой категории относятся припои с температурой плавления до 400°C , имеющие сравнительно невысокую механическую прочность (сопротивление разрыву до $7 \text{ кг}/\text{мм}$). При радиотехнических монтажных работах применяются главным образом легкоплавкие припои. В их состав входят олово и свинец в различных пропорциях, например, припой **ПОС-61**, который содержит 61% свинца, 38 % олова и 1% различных присадок.

Сверхлегкоплавкие (радиолюбительские) припои. Существуют также сплавы, в состав которых, кроме олова и свинца, входят висмут и кадмий. Эти сплавы наиболее легкоплавкие: у некоторых из них температура плавления менее 100 °С. Механическая прочность соединения у таких сплавов весьма невелика. Раньше их применяли для пайки кристаллов в кристаллических детекторах. В настоящее время легкоплавкие кадмий-висмутовые сплавы находят применение при ремонте печатного монтажа. Используются они также для пайки транзисторов, так как по техническим условиям их рекомендуется паять припоем с температурой плавления, не превышающей 150 °С.

Для пайки транзисторов можно применять так называемый сплав Вуда с температурой плавления 75 °С, в состав которого входят: олово — 13%, свинец — 27%, висмут — 50%, кадмий — 10%. Сплав Вуда можно приготовить по указанному рецепту самому или купить в аптеке. Пайка ведется слабо нагретым паяльником. В качестве флюса используется канифоль.

Свойства некоторых свинцово-оловянистых (мягких) припоев

Основные данные наиболее распространенных припоев приведены в табл. 10.1.

Основные данные наиболее распространенных припоев

Таблица 10.1

Марка	Примерный состав, %	$T_{\text{плавл}},$ °С	Прочн., кг/мм	Применение
ПОС-18	Олово (18%), сурьма (2,5%), свинец (79,5%)	277	2,8	Для пайки при пониженных требованиях к прочности шва, а также для лужения перед пайкой
ПОС-30	Олово (30%), свинец (60%)	256	3,3	Для лужения и пайки деталей из меди и ее сплавов и стали
ПОС-40	Олово (40%), сурьма (2%), свинец (58%)	235	3,2	Для пайки в электроаппаратуре и деталей из оцинкованной стали
ПОС-4-6	Олово — 4%, сурьма — 6%, свинец — остальное	265	5,8	Для пайки с погружением в ванну с расплавленным припоем
ПОС-50	Олово (50%), сурьма (0,8%), свинец (49,2%)	222	3,6	Для пайки ответственных деталей, когда допустим более высокий нагрев
ПОС-60	Олово (60%), сурьма (0,8%), свинец (39,2%)	190	4,1	Для пайки высоко ответственных соединений, в том числе и в радиотехнике
ПОС-61	Олово (40%), свинец (60%)	190	4,3	Для лужения и пайки в аппаратуре, где недопустим перегрев
ПОС-61М	Олово (60%), медь (1—2%), свинец (38—39%)	192	4,5	Для лужения и пайки электропаяльником тонких медных проводов, печатных проводников и фольги
ПОС-90	Олово (90%), свинец (10%)	222	4,9	Для пайки пищевой посуды и медицинских инструментов, деталей или узлов с последующим серебрением или золочением

Таблица 10.1 (продолжение)

Марка	Примерный состав, %	$T_{\text{плавл}},$ °C	Прочн., кг/мм	Применение
ПОСК50-18	Олово (50%), кадмий (18%), свинец (31%)	145	6,7	Для пайки чувствительных к перегреву деталей
ПОССр-15	Олово (15%), цинк (0,6%), свинец (83%), серебро (1,25%)	276	8,1	Для пайки деталей из цинка и оцинкованной стали

Форма радиолюбительских припоев

В прошлом веке порекомендовали оловянный прут сечением 10 мм. Сейчас для пайки пользуются припойной проволокой сечением от 1 до 5 мм. Наиболее распространены 1,5—2 мм **многоканальные припои**.

Многоканальность означает, что внутри оловянной проволоки расположены несколько каналов флюса, который обеспечивает образование ровной блестящей и надежной пайки. Продается такой припой в мотках — на радиорынках, в колбах — в которых он находится свернутым в спираль, и в бобинах (в них количество припоя такое, что его хватит не на один год).



Совет.

Рекомендуется приобретать в виде проволоочки, толщиной со спичку — удобнее паять.

При пайке монтажных проводов радиоаппаратуры удобно пользоваться оловянно-свинцовыми припоями, отлитыми в виде тонких прутков диаметром 2—2,5 мм.

Такие прутки можно изготовить самому, выливая расплавленный припой в сосуд, в дне которого заранее проделано отверстие. Сосуд при этом следует держать над листом жести или металлической плитой. После остывания прутки следует разрезать на куски необходимой длины.

Современные припои, используемые при пайке электронных схем, выпускаются в виде тонких трубочек, заполненных специальной смолой (колофонием), выполняющей функции флюса.

Нагретый припой создает внутреннее соединение с такими металлами, как медь, латунь, серебро и т. д., если выполнены следующие условия:

- ♦ поверхности подлежащих пайке деталей должны быть зачищены, то есть с них необходимо удалить образовавшиеся с течением времени пленки окислов;
- ♦ деталь в месте пайки необходимо нагреть до температуры, превышающей температуру плавления припоя.

Определенные трудности при этом возникают в случае больших поверхностей с хорошей теплопроводностью, поскольку мощности паяльника может не хватить для ее нагрева.

Самостоятельное приготовление припоя

Для самостоятельного приготовления припоя компоненты состава (олово и свинец) отвешивают на весах, расплавляют смесь в металлическом тигле над газовой горелкой и, перемешав расплав стержнем из стали, стальной пластинкой снимают пленку шлака с поверхности расплава. Затем осторожно разливают расплав в формы — желоба из жести, дюралюминия или гипса.



Внимание.

Плавку необходимо выполнять в хорошо проветриваемом помещении, надев защитные очки, перчатки и фартук из грубой ткани.

10.6. Выбираем и правильно используем флюс

Для чего нужен флюс

Во время пайки температура соединяемых деталей значительно повышается. При этом скорость окисления металлических поверхностей возрастает. В итоге припой хуже смачивает соединяемые детали. Поэтому необходимо использовать вспомогательные вещества, флюсы.



Определение.

Флюс — это вспомогательный материал, который призван во время пайки удалять оксидную пленку с деталей, подвергаемых пайке, и обеспечивать хорошее смачивание поверхности детали жидким припоем. Без флюса припой может не прикрепиться к поверхности металла.

Назначение флюсов:

- ♦ надежно защищают поверхность металла и припоя от окисления;
- ♦ улучшают условия смачивания металлической поверхности расплавленным припоем.

Действие флюса зависит от его состава, имеемые флюсы:

- ♦ или растворяют окисные пленки на поверхности металла (а иногда и сам металл);
- ♦ или предохраняют металл от окисления при нагреве.

Таким образом, флюс (колофоний) образует защитную пленку над местом пайки. Флюс содержится в современном припое в виде тонкого сердечника. При расплавлении припоя он распределяется по поверхности жидкого металла.

Флюсом покрывают поверхности уже залуженных металлов также и перед их соединением (собственно пайкой). При этом флюс является ПАВ, то есть **Поверхностно Активным Веществом**. Флюс защищает поверхность нагретых предметов от окисления или помогает разрушить окисную пленку, тем самым помогая им соединиться припоем.

**Примечание.**

После соприкосновения деталей избыток флюса между ними вылезает наружу и все время испаряется потому, что температура его испарения ниже, чем у припоя.

Флюсы бывают разные. Например, для ремонта металлической посуды пользуются «паяльной кислотой» — раствором цинка в соляной кислоте.

**Примечание.**

Паять радиоконструкции с таким флюсом нельзя — со временем он разрушает пайку. Для радиомонтажа надо применять флюсы, в которых нет кислоты, например, канифоль.

Требования к радиолюбительским флюсам

Выбор флюса — важный вопрос. Раньше использовалась только канифоль, другого флюса не было. Чем плоха канифоль? Тем, что канифоль — это спиртовой канифольный флюс, который относится к категории активных флюсов.

Первый недостаток — при высоких температурах удаляется не только оксид металла, но и сам металл.

Второй недостаток — очистка платы после пайки с канифолью является большой проблемой. Смыть остатки можно только спиртом или растворителями (да и то, порой проще отковырять чем-то острым).

**Внимание.**

Остатки флюса на плате не только некрасиво с эстетической точки зрения, но и вредно. На платах с малыми зазорами между проводников возможен рост дендритов (проще говоря, замыканий) вызванных гальваническими процессами на загрязненной поверхности.

Каков же **выход** — на современном рынке материалов можно найти широкую гамму флюсов, которые смываются обычной водой, не разрушают жало паяльника и обеспечивают высокое качество пайки. Продаются такие флюсы, как правило, в шприцах, что очень удобно для использования.

Разновидности флюсов

Радиолюбители, как правило, применяют флюсы, предохраняющие металл от окисления (образования окисной пленки). К ним относится, в частности, канифоль, получившая преимущественное распространение при монтажных работах.



Совет.

Независимо от того, какой флюс используется, готовую пайку нужно обязательно протирать тряпочкой, смоченной в спирте-ректификате или ацетоне, а также прочищать жесткой щеточкой или кисточкой, смоченной растворителем, для удаления остатков флюса и грязи.

В некоторых исключительных случаях вместо канифоли можно пользоваться ее заменителями:

- ♦ канифольным лаком, имеющимся в продаже в хозяйственных магазинах. Его можно применять как жидкий флюс взамен раствора канифоли в спирте. Этот же лак можно использовать и для антикоррозийного покрытия металлов;
- ♦ живицей — смолой сосны или ели — доступным материалом, особенно любителям, живущим в сельской местности. Такой флюс можно приготовить самому. Набранную в лесу с деревьев смолу нужно растопить в жестяной банке на слабом огне (на сильном огне смола может воспламениться). Расплавленную массу разлить в спичечные коробки;
- ♦ таблеткой аспирина, имеющейся в любой домашней аптечке. Недостаток этого флюса — неприятный запах дыма, выделяющийся при плавлении аспирина.

Применение флюсов

Нагретые металлы активно вступают в реакцию окисления с кислородом воздуха, поэтому нагретый металл надо чем-то защитить. Кроме того, существуют флюсы, которые не требуют предварительного облуживания деталей, но в электронике их применяют редко:

- ♦ в случаях, когда не требуется электрического контакта после пайки;
- ♦ в случаях, когда даже мельчайшие остатки такого флюса способны вызвать окисление деталей и нарушение электрического контакта (разрыв электрической цепи).

Для разных металлов, разных припоев и разных технологий. Радиолюбители пользуются маркой ЛТИ-120 или спиртовым раство-

ром канифоли или, на худой конец, обычной канифолью. Сделать флюс самому очень просто. Заполняем пузырек наполовину спиртом, насыпаем толченой канифоли, взбалтываем до полного растворения.

Также, рекомендую купить какой-либо **активный флюс**, который нужен, например, для пайки хромированных выводов некоторых выключателей и разъемов. На крайний случай, упрямый контакт можно припаять при помощи **таблетки обычного аспирина**. Воняет противно, — но паяет надежно.

Естественно флюс и канифоль не будет оставаться в промежутке между проводом и платой, а вылезет по краям и ее можно будет легко удалить иглой. Даже если вы используете жидкий флюс (например, раствор канифоли в спирте), то после остывания пайки вокруг нее остается пятно твердых остатков флюса, которое нужно удалить растворителем или если плата очень нежная, то только механически, иглой.



Совет.

Положите на стол небольшой кусок тонкой фанеры, оргалита или плекс, чтобы его не испортить.

Иногда пользуются **паяльной кислотой**. Ее применение целесообразно только тогда, когда надо паять детали из железа.



Совет.

После пайки с кислотой детали обязательно надо промывать большим количеством воды и тщательно сушить. Иначе остатки этой кислоты могут вызвать коррозию и разрушение паяных деталей и нарушение электрического контакта.

Если под руками нет паяльной кислоты, а надо срочно облудить и припаять железную или сильно окислившуюся медную, или латунную деталь, то вас спасет **таблетка аспирина** — это ацетилсалициловая кислота, которая во многих случаях с успехом может заменить хлористый цинк.

Сейчас выпускается большое количество разнообразных, так называемых «**безотмывочных**», флюсов, как жидких, так и в виде полужидкого геля. Особенность их такова, что они не содержат компонентов, вызывающих окисление и коррозию соединяемых деталей, не проводят электрический ток и не требуют промывки платы после пайки.

Хотя все равно лучше после завершения пайки удалять с припаянных деталей все остатки флюса. Для нанесения жидкого флюса можно воспользоваться кисточкой, ватной палочкой или просто спичкой, но удобнее пользоваться так называемым «**флюсапликатором**».

Можно попробовать купить фирменный **флюсапликатор** стоимостью примерно 20—30\$, но куда проще и дешевле сделать его самому. Для этого потребуется кусочек силиконового или резинового шланга с внутренним диаметром 5—6 мм и одноразовый медицинский шприц.

Шприц разрезается на 2 части. Обе части вставляются в резиновую трубку. Иголка слегка укорачивается, ее можно для удобства пользования слегка изогнуть. Слегка нажимая на шланг, выдавливаем из кончика капельку флюса на припаиваемые детали и производим пайку. При хранении, чтобы не засыхала иглолка внутрь нее можно вставлять тонкую проволоку.

Так же удобно пользоваться флюсом в виде **геля** или **пасты**. Для его нанесения тоже можно воспользоваться одноразовым шприцем, только из-за его густоты иглолку шприцевую придется взять потолще.

10.8. Научимся правильно паять

Начинаем учиться паять

Первое, что необходимо сделать, — подготовить все необходимое для пайки радиодеталей: паяльник; небольшую губку; припой; плоскогубцы или пинцет; бокорезы.

Включите паяльник в розетку и смочите губку водой. Когда паяльник нагреется и начнет плавить припой, постройте жало паяльника припоем, а затем протрите его о влажную губку. При этом не держите жало слишком долго в контакте с губкой, чтобы не переохладить его. Протирая жало о губку, вы удаляете с него остатки старого припоя. И в процессе работы для поддержания жала паяльника в чистоте время от времени протирайте его о губку.

Методика обучения пайке

Если вы никогда не паяли, предлагаем воспользоваться одной из двух методик, в основе которых, как в и любой другой методике, лежит практика.

Методика 1. Возьмите 300 мм голого провода диаметром 23 мм (или изолированного, с которого надо снять изоляцию) и разрежьте его на 12 одинаковых кусков длиной 25 мм, чтобы из них сделать куб, закрепив точки соединения посредством пайки. Допускается использовать только плоскогубцы с длинными губками, паяльник, припой, флюс. И никакого другого инструмента и приспособлений.

Это должно научить вас держать конструкцию неподвижной во время ее охлаждения. После того как куб будет готов, дать ему остыть, а затем положить его на ладонь и сжать руку в кулак. Если хотя бы одно из соединений нарушится, надо проделать все еще раз, взяв новые куски проводов.

Методика 2. Нарезать куски медной проволоки длиной 30—50 мм и толщиной 2—3 мм. Обмотать освобожденный от изоляции монтажный провод вокруг этой проволоки (2—3 витка) и соединить его путем пайки. Инструмент тот же, что и выше. Это упражнение надо повторять до тех пор, пока не будут получаться аккуратные, блестящие, прочные соединения.

Основные правила пайки

При пайке надо соблюдать несколько правил, тогда и пайка будет получаться надежной и аккуратной:

- ♦ лучше всего пользоваться припоями ПОС-61, ПОС-50, ПОС-40 и спирто-канифольными флюсами;
- ♦ необходимо прогреть место соединения до такой температуры, чтобы приложенный к нему припой мог расплавиться. Припой должен расплавиться благодаря теплу, отдаваемому местом соединения;
- ♦ место соединения следует тщательно зачистить;
- ♦ место соединения должно быть неподвижным до тех пор, пока расплавленный припой не затвердеет;
- ♦ не перегревать места соединения;
- ♦ припой не должен быть слишком мало;
- ♦ припой не должен быть слишком много.



Примечание.

Частая ошибка заключается в том, что припой расплавляют паяльником в надежде на то, что он стечет с паяльника и прилипнет к месту соединения. Это грубая ошибка!

Опыт многих практиков показывает, что качество пайки во многом определяется мастерством монтажника. У опытного монтажника:

- ♦ ниже давление паяльника на печатную плату при пайке;
- ♦ меньше перепаек элементов;
- ♦ меньше время пайки при заданной температуре паяльного накопника (внутренние дефекты на печатных платах практически не появляются, если время пайки меньше 3 с).

К паяемым деталям прикладываем жало паяльника всей лопаточкой, для эффективной теплопередачи. Пайка должна быть быстрой и качественной.

**Внимание.**

Не забываем про перегрев деталей. Не получилось с первого раза, даем радиодеталям остыть.

Время прогрева подбираем экспериментальным путем — если слишком быстро, то деталь не прогреется и пайка получится плохая.

Флюс наносим непосредственно перед пайкой, когда все приготовления деталей закончены, чтобы он не испарялся.

Хорошую пайку видно сразу, припой ложится тонким и ровным слоем, блестит. Нет наплывов, трещин и серых мест. Дополнительную крепость соединения придает предварительная скрутка проводов.

**Совет.**

Для получения хороших результатов рекомендую потренироваться, например, на отслужившем магнитофоне или приемнике.

Чтобы пропаянные детали не замкнулись между собой, или еще куда-либо, надеваем кусочек изолирующей трубочки подходящего размера. Или обматываем изолентой.

Обеспечение чистоты поверхностей, которые спаиваются

Места проводников и деталей, предназначенных для пайки, должны быть зачищены до блеска. Хорошо зачищенный проводник кладут на кусок канифоли и хорошо прогревают паяльником. Канифоль быстро расплавится, а припой, который есть на паяльнике, растечется по проводнику.

Вращая проводник, и медленно двигая по нему жало паяльника, добиваются равномерного распределения припоя по поверхности проводника. Только не переусердствуйте, многие детали нельзя сильно нагревать.

Как зачистить проводники печатной платы.

На ватный тампон наносят несколько капель технической соляной кислоты и протирают им поверхность фольги. Кислота хорошо удаляет слой окиси меди, практически не затрагивая металл. После этого плату надо промыть под проточной водой:

- ♦ сначала — в горячей;
- ♦ потом в холодной.

Пайка радиодеталей на плату

Перед пайкой радиодетали, ее следует подготовить. С помощью узких плоскогубцев согните выводы детали таким образом, чтобы они входили в отверстия платы.



Совет.

Полезно иметь специальное приспособление для гибки выводов деталей под определенные расстояния между монтажными отверстиями.

Вставьте деталь в отверстия на плате. При этом следите за правильным размещением (полярностью) детали, например, диодов или электролитических конденсаторов. После этого слегка разведите выводы с противоположной стороны платы, чтобы деталь не выпадала из своего места. Не следует разводить выводы слишком сильно. Перед пайкой еще раз протрите жало паяльника о влажную губку!

Расположив жало паяльника между выводом и платой, как изображено на рис. 10.7, а, разогрейте место пайки. Время разогрева должно составлять не более 1-2 с, чтобы не вывести из строя деталь или плату.

Через 1-2 с поднесите припой к месту пайки (рис. 10.7, б). При касании припоем жала паяльника может брызнуть флюс. После того, как необходимое количество припоя расплавится, отведите проволоку от места пайки. Подержите жало паяльника в течение секунды у места пайки, чтобы припой равномерно распределился по месту пайки. После этого, не сдвигая деталь, уберите паяльник и подождите несколько мгновений, пока место пайки не остынет окончательно.

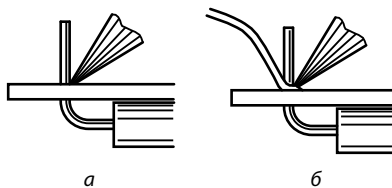


Рис. 10.7. Этапы пайки

Теперь можно отрезать излишки выводов с помощью бокорезов. При этом следите за тем, чтобы не повредить место пайки.

Проверьте место пайки! **Качественное место пайки** соединяет контактную площадку и вывод детали, имеет гладкую и блестящую поверхность.

Если место пайки имеет сферическую форму или имеет связь с соседними контактными площадками, разогрейте место пайки до расплавления припоя и удалите излишки припоя. На жале паяльника всегда остается небольшое количество припоя.

Если место пайки имеет матовую поверхность и выглядит исцарапанным, то говорят о «холодной пайке». Разогрейте место пайки до расплавления припоя и дайте ему остыть, не сдвигая детали. При необходимости добавьте немного припоя.

После этого можно удалить остатки флюса с платы с помощью подходящего растворителя. Эта операция не является обязательной, ведь флюс может оставаться на плате. Он не мешает и ни в коем случае не влияет на функционирование схемы.

Оптимальное прогревание места спаивания деталей

Если вы паяете транзистор, придерживайте пинцетом его выводы во избежание их перегрева. Если нужно спаять концы двух залуженных проводников, плотно сдавите их друг с другом и до места их соприкосновения дотроньтесь паяльником с каплей припоя на конце жала.

Как только поверхность прогреется, припой растечется и заполнит промежутки между проводниками. Плавным движением паяльника распределите припой равномерно по всему месту спаивания.



Примечание.

Продолжительность пайки не должна превышать 5 с. Припой быстро твердеет и крепко соединяет детали. Однако не стоит сдвигать с места спаянные проводники еще в течение 10 с.

Во время монтажа нужно учитывать, что, налаживая конструкции, приходится перепаявать проводники или заменять детали. Например, концы деталей, которые соединяются с общим проводником в соответствии со схемой, следует припаивать не в одной точке, а на некотором расстоянии один от другого.



Совет.

Не рекомендуется закручивать концы деталей вокруг проводника.

Использование паяльной пасты

При пайке в домашних условиях припой обычно наносят с помощью горячего паяльника. Контролировать количество расплавленного припоя, переносимого паяльником, крайне затруднительно: оно зависит от температуры плавления припоя, температуры и чистоты жала и от других факторов.

Не исключено при этом попадание капель расплавленного припоя на проводники, корпуса элементов, изоляцию. Это заставляет вести работу крайне осторожно и аккуратно, и все же бывает трудно добиться хорошего качества пайки.

Облегчить пайку и улучшить ее можно с помощью **паяльной пасты**. Для приготовления пасты напильником измельчают припой и смешивают его опилки со спирто-канифольным флюсом. Количество припоя в пасте подбирается опытным путем. Если паста получилась слишком густой, в нее добавляют спирт. Хранить пасту нужно в плотно закрывающейся посуде. На место пайки пасту наносят небольшими дозами металлической лопаточкой.

**Примечание.**

Применение паяльной пасты позволяет избежать перегрева малогабаритных деталей и полупроводниковых приборов.

При сращивании проводов, трубок, стержней, когда нет возможности воспользоваться электрическим паяльником, применяют «**паяльную ленту**». Чтобы изготовить паяльную ленту, необходимо сначала составить пасту из порошка припоя, канифоли и вазелина. Порошок получают путем опилования прутка припоя напильником с крупной насечкой (мелкая насечка забивается припоем). Приготовленную пасту наносят тонким слоем на миткалевую ленту. Место пайки обматывают в один слой «паяльной лентой», смачивают бензином или керосином и поджигают. Соединяемые поверхности желательно предварительно залудить.

Как паять мелкие детали

Если нужно паять мелкие детали или детали, боящиеся перегрева, а нет паяльника малой мощности, то пайку можно осуществлять более мощным паяльником. Нужно надеть на его жало свернутую в спираль медную проволоку так, как показано на **рис. 10.8**. Конец этой проволоки должен быть заточен по такой же форме, как и жало обычного паяльника, советует сайт <http://transistor.3dn.ru>.



Рис. 10.8. Приспособление к паяльнику для пайки мелких деталей

Распайка

Распайка, хотя в это и трудно поверить, может быть немного проще пайки. Распаять контакт может почти каждый, но не повредить компоненты и проводники печатной платы очень нелегко. Для распайки надо иметь приспособления для отсасывания расплавленного припоя.

Это может быть резиновый сжимающийся шар («груша»), снабженный соответствующим наконечником. После расплавления припоя отпускают до этого сжатую «грушу», происходит всасывание припоя внутрь ее. Для этих же целей можно использовать медную оплетку, заполненную флюсом. Ее подносят к расплавленной точке, нагревают паяльником, и расплавленный, припой проникает внутрь оплетки благодаря капиллярному эффекту.

Типичные ошибки начинающих радиолюбителей

Начинающие радиолюбители касаются места пайки только кончиком жала паяльника. При этом к месту пайки подводится недостаточно тепла. Опытный радиолюбитель обладает чувством оптимальной теплопередачи. Он прикладывает жало паяльника таким образом, чтобы между ним и местом пайки образовалась как можно большая площадь контакта. Кроме того, он очень быстро вводит между жалом и деталью немного припоя в качестве теплопроводника.

Начинающие радиолюбители расплавляют немного припоя и с некоторой задержкой подводят его к месту пайки. При этом часть флюса испаряется, припой не имеет защитного слоя, поэтому на нем образуется оксидная пленка.

Профессионал, напротив, всегда касается места пайки одновременно паяльником и припоем. При этом место пайки обволакивается каплей чистого расплава еще до того, как флюс успеет испариться.

Начинающие радиолюбители часто не уверены, не перегрето ли место припоя. Они слишком рано отводят жало паяльника от места пайки, затем вынуждены опять подводить его для подогрева, вновь отводят.

Результатом является серое место пайки с неровными границами, так как соединяемые детали были нагреты недостаточно сильно, а сам процесс длился слишком долго, и колофоний успел испариться.



Примечание.

Мастер, напротив, нагревает место пайки быстро и интенсивно и завершает процесс резко и окончательно.

Еще ошибка начинающих радиолюбителей — компоненты паяют, а потом откусывают лишнюю длину ножек (<http://interlavka.narod.ru/novenkim/nov06.htm>). При этом качественного контакта добиться сложно. Повышенный теплоотвод и усложненный доступ жала к месту пайки только ухудшают образование надежного соединения.

**Совет.**

Формуйте выводы компонентов и обрезайте их перед пайкой.

При правильной технологии олово будет «обтекать» контакт самостоятельно. Обращайте внимание на состояние выводов компонентов: серые матовые выводы — окисленные. Придется лудить с флюсом. Будьте осторожны, ведь можно пережечь компонент.

10.9. Соединение пайкой различных элементов и металлов

Пайка двух проводов

Например, возникла необходимость соединения двух проводов. Для начала надо зачистить кончики, распушить медные жилки, переплести их и произвести плотную скрутку и нанести на спаиваемый участок несколько капель флюса или выдавить немного флюс-геля.

Затем взять на жало паяльника каплю припоя, разогреть место пайки так, чтобы припой пропитал скрученные проводники.

Для изоляции места пайки можно применить **изоленту**, но лучше воспользоваться **термоусадочной трубкой**, которую надевают поверх соединения и слегка подогревают, чтобы она сжалась и надежно зафиксировалась на месте пайки.

**Совет.**

Обсаживать трубку удобнее всего горячим воздухом из паяльного или строительного фена.

Если такой возможности нет, то трубку можно нагревать над пламенем газовой горелки, спиртовки или зажигалки. Но тут надо быть действовать осторожно и не перегреть. Не подносите термоусадочную трубку близко к пламени. Она может закоптиться. Кроме того что это портит внешний вид, осажденная сажа снижает электрическую прочность изоляции.

Пайка сетевого разъема

Перед пайкой делаем надежную скрутку проводов на контактных лепестках разъема. Далее пропаиваются все соединения.

**Совет.**

Припоя не жалеть, он должен равномерно пропитать скрученные проводники и залить отверстия в контактных лепестках.

Потом надежно изолируем места пайки термоусадочной трубкой. Надеюсь, не надо объяснять, сколько бед может наделать отвалившийся от разъема плохо изолированный провод под напряжением 220 В внутри вашего усилителя или, например, компьютера.

**Внимание.**

При распайке сетевых разъемов и проводов качеству пайки и изоляции надо уделять особое внимание.

Пайка мелких деталей, имеющих пластмассовый корпус

Пайку таких деталей надо производить с особой аккуратностью. Возьмем, к примеру, **светодиод**. Они сейчас применяются повсеместно в качестве индикаторных элементов или как элементы подсветки. Корпус светодиода сделан из прозрачной пластмассы. При сильном нагреве выводы светодиода могут просто отвалиться или произойдет помутнение прозрачного пластика, из которого выполнен светодиод.

**Внимание.**

Паять светодиоды надо на расстоянии не менее 5 мм от корпуса. Время пайки не должно превышать 3—5 с.

Вывод между местом пайки и корпусом светодиода надо зажать пинцетом. Пинцет будет отбирать от вывода лишнее тепло, предотвращая перегрев.

После пайки выводы светодиода надо надежно изолировать. В таком виде светодиод не страшно размещать в любом месте системного блока не боясь замыкания.

Все эти рекомендации в равной степени относятся и к другим электронным компонентам, имеющим пластмассовый корпус, начиная с конденсаторов, кончая транзисторами.

Пайка свободных проводов и электронных компонентов

Пусть необходимо соединить светодиод с ограничивающим резистором и припаять к ним питающий кабель. Здесь не используются монтажные штифты, платы или другие вспомогательные элементы. Необходимо выполнить следующие операции.

Шаг 1. Снять изоляцию с концов провода. Тонкие медные проводники абсолютно чисты, так как они были защищены изоляцией от кислорода и влажности.

Шаг 2. Скрутить отдельные проводки жилы. Таким образом, можно предотвратить их последующее «разлохмачивание».

Шаг 3. Залудить концы проводов. Во время лужения разогретое жало паяльника необходимо подвести к проводу одновременно с припоем. Провод необходимо хорошо разогреть, чтобы припой равномерно распространился по поверхности жгута. Легкое потирание жалом помогает распределению припоя по всей длине лужения.

Шаг 4. Укоротить выводы светодиода и резистора и также залудить их. Хотя выводы и лудились при изготовлении радиоэлементов, но в процессе хранения на них мог образоваться тонкий слой окислов. После лужения поверхность вновь будет чистой. Если используются очень старые радиодетали, выпаянные из каких-либо плат, на них, как правило, сильно окислены. Выводы таких деталей перед лужением необходимо очистить от окислов, например, поскрести их ножом.

Шаг 5. Удерживая соединяемые выводы параллельно друг другу, нанесите на них небольшое количество расплавленного припоя. Место пайки должно прогреваться быстро, расход припоя при этом — 2—3 мм (при диаметре 1,5 мм). Как только припой равномерно заполнит промежутки между соединяемыми выводами, необходимо быстро отвести паяльник. Место пайки должно оставаться в покое, пока припой не затвердеет полностью. Если детали сдвинутся раньше, то в пайке образуются микротрещины, снижающие механические и электрические свойства соединения.

Пайка микросхемы на печатную плату

Пайка радиодеталей в плату требует меньших усилий, чем соединение свободных проводов, так как отверстия в плате служат хорошим фиксатором припаиваемой детали. Однако и здесь результат зависит от опыта и удачи. Первая схема или первый проект, собираемый на макетной плате, скорее всего, завершится крахом еще на первых пропаивных точках, которые будут выглядеть так, как будто это сплошной проводник... Но после нескольких упражнений каждое соединение будет выглядеть все лучше и лучше.

Как добиться равномерно хороших соединений. Итак, перейдем к описанию отдельных шагов.

Шаг 1. Припой и жало паяльника подводятся к монтажной точке одновременно. Жало паяльника должно касаться как обрабатываемого вывода, так и платы.

Шаг 2. Положение жала паяльника не изменяется, пока припой не покроет равномерным слоем все место контакта. В зависимости от температуры паяльника это продолжается от полусекунды до секунды. За это время происходит достаточный нагрев места пайки.

Шаг 3. Теперь жало паяльника следует обвести по полукругу вокруг обрабатываемого контакта, одновременно перемещая припой во встречном направлении. Таким образом, на место пайки наносится еще около 1 мм припоя. Место пайки нагрето настолько, что расплавившийся припой под действием сил поверхностного натяжения равномерно распределяется по всей контактной площадке.

Шаг 4. После того, как необходимое количество припоя нанесено на место пайки, можно отвести проволоку припоя от места пайки.

Шаг 5. Быстрый отвод жала паяльника от места пайки. Пока еще жидкий и покрытый тонким слоем флюса припой обретает свою окончательную форму и застывает.

Если жало паяльника имеет оптимальную температуру, весь процесс продолжается не более одной секунды. И после небольшой практики все точки пайки начнут походить друг на друга как две капли воды.

Техника соединения лакированным проводом

Существует два основных варианта сборки (экспериментальных) радиоэлектронных схем в домашних условиях:

- ♦ полосковые платы;
- ♦ растровые платы с выполнением соединений лакированным проводом.

Техника соединений лакированным проводом годится также и для более крупных проектов. При этой технике тонкие лакированные проводники прокладываются между точками пайки.

Лаковое покрытие отжигается в тех местах провода, где должна производиться пайка. Итак, лакированный провод должен быть проложен между двумя имеющимися точками пайки.

Шаг 1. Первый конец провода припаивается в необходимое место. В зависимости от температуры паяльника требуется от одной до трех секунд, пока лак не расплавится. Остатки оплавленного и выгоревшего лака налипают на жало паяльника, которое необходимо регулярно очищать и залуживать свежим припоем.

Шаг 2. Провод протягивается ко второму месту пайки и огибается вокруг него таким образом, чтобы образовался острый угол, указывающий на место на проводе, которое будет припаиваться.

Шаг 3. Припаивается место отгиба. Эта операция длится дольше вышеописанной, так как теперь приходится обрабатывать покрытый лаком участок, имеющий худшую теплопроводность по сравнению с чистым концом провода. Однако и здесь с некоторой долей терпения и припоя можно расплавить лак и залудить провод на участке в несколько миллиметров.

Шаг 4. Производим пайку второго конца провода.

Шаг 5. В заключение натяните свободный конец провода и отогните его несколько раз в разные стороны, пока он не обломится в точности по месту пайки. На этом выполнение соединения завершено, — можно переходить к следующему.

Пайка печатных плат

Прежде чем приступить к пайке, разберитесь с платой. Если вы делали ее самостоятельно, то, скорее всего, она без паяльных покрытий: голая медь. Перед пайкой все контактные площадки придется залудить: покройте их флюсом и нанесите олово паяльником так, чтобы не закрыть отверстия в плате.

При правильно подобранной температуре и хорошем флюсе, олово с жала паяльника само «обтечет» всю контактную площадку, как только вы ее коснетесь.



Совет.

Не стоит брать на жало паяльника огромные капли олова: касается жалом прутка, и через секунду на жале будет необходимое количество.

Плата, покрытая оловом (промышленного изготовления), избавляет от этой работы, но и стоит соответственно. Плата готова? При необходимости удалите остатки флюса, и можете приступать к пайке.

Печатная плата сильно облегчает процесс изготовления радиосхемы. Все электрические соединения выполнены дорожками из медной фольги. Детали надежно закреплены и не боятся вибраций.

Вставляем деталь в нужное место платы и подбираем нужную глубину посадки. Наносим флюс маленькой кисточкой.

Берем паяльником немного припоя и подносим к месту пайки таким образом, чтобы плоскость жала была обращена к детали, а сам паяльник находился под углом 45 градусов.

**Примечание.**

При хорошем флюсе, нормальном припое и нормально нагретом паяльнике пайка одной контактной площадки занимает около секунды.

Правильно выполненная пайка не должна иметь каких-либо наплывов, трещин и должна блестеть.

Торчащие ножки ликвидируем кусачками. После окончания монтажа и выполнения пуско-наладочных работ, протираем плату спиртом. Применение ацетона не рекомендую, некоторые детали и провода могут пострадать. Ну а элементы, содержащие механику, такие как реле, тумблеры и подстроечные резисторы, вообще нельзя мыть ничем, их впаивают после промывки.

**Совет.**

Для начинающих рекомендую начать с опытов на макетной плате.

Подбираем оптимальное расположение деталей. Отпиливаем кусочек платы нужного размера, впаиваем компоненты. Соединения делаем тонким проводом. Не забываем про перегрев. Работаем аккуратно и внимательно, чтобы случайно не замкнуть соседние контакты. Иногда полезно проверить замыкание дорожек тестером, иногда на свет видно. Учимся и тренируемся.

А сколько приятных минут (часов, дней) вы проведете в поисках неправильного соединения!

Еще одна хитрость напоследок. Сейчас расскажу, как выпаять радиодеталь из платы, или устранить досадное замыкание контактных площадок микросхемы.

Для этого понадобится кусочек медной оплетки от экранированного провода. Прикладываем оплетку в нужное место, капаем флюса, прижимаем паяльник. Припой впитался в нее.

Остается покачать все ножки пинцетом и извлечь деталь. Для этой цели есть и специальные **оловоотсосы**, отмечается на <http://datagor.ru/>.

Замена резисторов, транзисторов в обычных платах

Рассмотрим такие транзисторы, которые имеют проволочные ножки и впаиваются в отверстия на плате. Отпаять такой компонент (особенно если это конденсатор, резистор или транзистор — детали, имеющие 2-3 вывода) проблем не составляет. Достаточно прогреть с обратной стороны платы контактные площадки и при помощи пинцета выдернуть элемент из платы.

Перед пайкой нового элемента необходимо прочистить от припоя отверстия. Вот тут то и приходит на помощь иглолка от шприца. Игла сделана из нержавеющей стали, к которой припой не прилипает. Ею очень удобно прочищать отверстия в печатных платах.

**Совет.**

Чтобы случайно не повредить металлизацию отверстий в многослойных платах, кончик иглолки лучше затупить при помощи надфиля или точильного круга.

Замена микросхем в обычных платах

Что делать, если требуется выпаять микросхему, имеющую много выводов. Например, микросхему с 16 ножками. Вариантов тут несколько.

Вариант 1. При использовании термовоздушной паяльной станции достаточно просто прогреть до температуры плавления припоя весь участок, на котором запаяна микросхема, и пинцетом вытащить ее из платы.

Вариант 2. Можно воспользоваться специальной широкой насадкой на жало паяльника, которая прогревает одновременно сразу все выводы микросхемы.

Вариант 3. Если же пользоваться обычным паяльником, то тут снова на помощь придет игла. Иголку надевают на торчащий кончик вывода, нагревают паяльником контактную площадку и, слегка вращая иглу, надевают ее на вывод. Потом дают остыть припою и убирают иглу. Вывод оказывается освобожденным от припоя. Повторив такую операцию несколько раз (по количеству выводов микросхемы) ее можно будет легко снять с платы.

Замена SMD компонентов на платах

SMD — Surface Mounted Devices — компоненты для поверхностного монтажа — так расшифровывается эта английская аббревиатура. Они обеспечивают более высокую, по сравнению с традиционными деталями, плотность монтажа. К тому же монтаж этих элементов, изготовление печатной платы оказываются более технологичными и дешевыми при массовом производстве. Поэтому эти элементы получают все большее распространение и постепенно вытесняют классические детали с проволочными выводами.

Очень часто встает задача пайки этих SMD компонентов. Если раньше они встречались в основном на компьютерных платах, то сейчас поверхностный монтаж можно встретить и в усилителях и в малогабаритных приемниках и другой бытовой технике.

Для работы с такими деталями удобнее всего, конечно, воспользоваться горячим воздухом. **Термовоздушные паяльные станции** как раз и предназначены для такого вида работ. Направляем струю нагретого воздуха на подлежащий замене элемент и после разогрева припоя просто снимаем пинцетом деталь с платы. Температура плавления припоя, используемого для поверхностного монтажа, как правило, лежит в пределах 180—200 °С.

**Внимание.**

Во избежание повреждения элементов температуру воздуха на выходе из паяльного фена не рекомендуется делать выше 250—300 °С.

Пайка таких мелких деталей требует аккуратности. Прежде чем браться за перепайку рабочей платы, желательно потренироваться на неисправной, подобрав температурный режим фена и напор воздуха.

**Внимание.**

Сильный напор может сдуть соседние элементы с платы.

Припаивать детали горячим воздухом тоже очень просто. Необходимо положить на предварительно смоченные флюсом контактные площадки припаиваемый элемент и, придерживая его иглой или пинцетом, нагреть до расплавления припоя, который надежно зафиксирует деталь.

Что делать, если необходимо произвести пайку SMD компонентов, а под руками нет паяльного фена. Мелкие детали можно паять и обычным паяльником. На подлежащую замене деталь капаем капельку флюса, рядом с ней ложиться кусочек припоя.

Затем паяльником расплавляется припой таким образом, чтобы капелька припоя охватывала оба конца детали. Деталь снимается пинцетом.

**Совет.**

Контактные площадки надо очистить от лишнего припоя. В этом нам поможет специальная оплетка для удаления припоя. Она представляет собой сплетенный из тонких медных проводов жгутик.

На проводки наносится флюс и прижимается паяльником к месту пайки. Оплетка, как губка, впитывает расплавленный припой, оставляя на контактных площадках только тончайший слой.

Припаять новый элемент большого труда не составит. Его надо положить на контактные площадки и, набрав на паяльник небольшое количество припоя, прикоснуться к выводам элемента.

**Внимание.**

Не забудьте перед установкой детали нанести на контактные площадки немного флюса.

Гораздо больше проблем возникает, когда надо припаять микросхему, имеющую большое количество близкорасположенных выводов. При помощи паяльной станции операция по пайке занимает несколько минут. Микросхема устанавливается на плату. Выводы тщательно позиционируются на контактных площадках, предварительно покрытых тонким слоем флюса, и сверху горячим воздухом производится нагрев до плавления припоя. Это быстрый и удобный способ пайки.

Но и здесь можно обойтись обычным паяльником. Микросхема устанавливается на предварительно зачищенные контактные площадки и тщательно позиционируется.

**Совет.**

Чтобы во время пайки микросхема не сдвинулась, можно прихватить припоем крайние ножки. Потом пропаиваются все выводы.

Теперь требуется удалить излишки припоя и устранить перемычки между выводами. Для этой цели опять можно воспользоваться оплеткой для удаления припоя. Оплетка прижимается горячим паяльником к выводам микросхемы. Излишки припоя впитываются в оплетку. Остается только минимальное количество припоя, необходимое для надежного крепления микросхемы к контактным площадкам.

После удаления излишков припоя необходимо внимательно **осмотреть выводы микросхемы** на предмет отсутствия замыканий (лучше воспользоваться для этого увеличительным стеклом). Пайка выглядит почти как заводская.

Со временем, если не забросите это увлекательное и интересное занятие вы приобретете еще и столь необходимый в любом деле опыт. Сможете самостоятельно решить какой еще дополнительный инструмент вам понадобится, какие расходные материалы лучше использовать.

**Совет.**

Зайдите на сайт одного из ведущих производителей паяльного оборудования немецкой фирмы Ersa <http://www.ersa.com/> или его российскую версию <http://www.ersa.ru/>. Там можно найти много интересной информации о новейших технологиях в области пайки, о применяемом оборудовании и о приемах работы с различными видами паяльников.

SMD-адаптер

При разработке прототипов все чаще возникают проблемы, связанные с тем, что необходимая микросхема доступна только в корпусе для поверхностного монтажа. Начиная с расстояния между выводами 0,65 мм, выполнение соединений с помощью лакированного провода требует много сил и времени. Однако все необходимые соединения удается выполнить в домашних условиях, используя адаптерные платы TSSOP. На интересном сайте <http://fi-com.ru/> с иллюстрациями показано, как используется этот SMD-адаптер (рис. 10.9). Там рассматривается ЦАП DAC6573 в 16-выводном корпусе TSSOP.

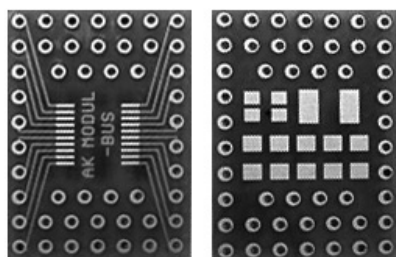


Рис. 10.9. Внешний вид платы SMD-адаптера

Шаг 1. Сначала необходимо осторожно припаять микросхему к адаптеру за два вывода по диагонали. На этом шаге необходимо обеспечить, чтобы выводы микросхемы располагались в точности над дорожками адаптера. Добившись этого, покройте все выводы большим количеством припоя.

Шаг 2. Затем излишки припоя удаляются с места пайки с помощью литцы. Большая часть припоя впиталась в литцу. На плате осталось ровно столько припоя, сколько необходимо для обеспечения надежного электрического и механического соединения.

Имеются различные возможности перехода на главную плату или экспериментальную плату. Растровые отверстия имеют диаметр 0,8 мм. Стандартные монтажные штекеры не входят в них, однако прецизионные штекеры с цилиндрическими ножками — которые могут вставляться и в панельки микросхем — имеют необходимый диаметр. Впрочем, часто можно обойтись и простыми отрезками проводов.

Здесь необходимые соединения выполнены с помощью отрезков серебряного провода диаметром 0,6 мм.

Микросхема имеет и другие выводы, однако некоторые из них соединены с массой, другие — с линией питания и разводятся на самом адаптере. Кроме того, на плате адаптера был смонтирован блокирующий конденсатор. Готово!

Получившаяся «большая» микросхема теперь может быть вставлена в лабораторную монтажную плату или впаяна в большую плату. SMD-адаптеры и лабораторные монтажные платы можно приобрести, например, в интернет-магазинах.

Соединение проводов из сплавов высокого сопротивления

Проволока из сплавов, обладающих большим удельным сопротивлением, очень трудно поддается пайке. Кроме того, проволочные резисторы во время работы в большинстве случаев сильно нагреваются, что не позволяет применять обычную пайку. Значительно лучшие результаты дает **сварка**, в особенности, если приходится соединять между собой концы тонкой проволоки.

Преимущество сварки состоит в том, что для ее выполнения никаких припоев не требуется. Контакт при этом получается очень надежный, так как температура нагрева свариваемых металлов значительно выше, чем, например, у оловянно-свинцовых припоев. Поэтому в эксплуатации даже при сильном нагреве сваренного контакта соединение проводов не нарушается.

Рассмотрим **простой способ сварки проводов высокого сопротивления**. Для соединения проводов из сплавов высокого сопротивления (нихром, константан, манганин и т. п.) можно использовать упрощенный способ сварки без применения какого-либо специального инструмента.

Провода в месте их соединения следует зачистить, скрутить и пропустить через них ток такой силы, чтобы место сварки накалилось докрасна. На это место пинцетом кладется кусочек **ляписа**, который при нагревании расплавляется, в результате чего в месте соединения возникает прочный контакт.

Соединение без паяльника тонких медных проводов

Чтобы сварить две тонкие медные проволочки, концы их зачищают на 20 мм, складывают вместе и аккуратно скручивают. Затем место соединения проводов нагревают спичкой до тех пор, пока не появится шарик расплавленного металла, дающий надежный контакт.

Заметим попутно, что в пламени спички можно соединять тонкие медные провода и способом пайки, но без использования паяльника. Для этого зачищенные до блеска и скрученные между собой два провода следует смазать составом: порошок канифоли (25%) и оловянная пыль (50%), смешанные с эфиром (25%). Эфир в случае необходимости можно заменить спиртом.

Смесь следует хранить в сосуде с притертой пробкой. Место соединения проводов, подготовленное этим способом, нагревается в пламени спички, в результате чего происходит их прочная пайка.

Пайка нихрома

Считается, что нихром не поддается пайке. Но соединение нихрома с нихромом, медью и ее сплавами, а также изделиями из стали можно в отдельных случаях производить пайкой, используя флюс следующего состава: вазелина — 100 г, хлористого цинка в порошке — 7 г, глицерина — 5 г. Для обезжиривания места соединения используется 10%-ный спиртовой раствор двуххлористой меди — 100 мл.

Флюс готовят в фарфоровой ступке, в которую сначала помещают вазелин, а затем добавляют в последовательности, указанной в рецепте, остальные компоненты, хорошо перемешивая их до получения однородной массы. Поверхности спаиваемых деталей перед пайкой тщательно зачищают шлифовальной шкуркой, а затем протирают ваткой, смоченной 10%-ным спиртовым раствором двуххлористой меди. После этого поверхности смазывают флюсом, облуживают и только тогда спаивают вместе. Для пайки желательно применять припой ПОС-40 или ПОС-60.

Простейший способ соединения нагревательной обмотки

Перегоревший провод обмотки реостата или нагревательного прибора (нихром, никелин, константан) можно соединить следующим способом: концы провода (в месте обрыва) вытянуть на длину 1,5—2 см и зачистить до блеска шкуркой. Затем из листовой стали или алюминия вырезать небольшую пластинку, из которой сделать муфту, надеваемую на провода в месте их соединения. Провода должны быть скреплены предварительно обычной скруткой. В заключение муфту плотно сжимают плоскогубцами.

Пайка алюминия

Пайку деталей из алюминиевых сплавов (дюралюминия) можно принимать лишь в тех случаях, когда эти детали не испытывают больших механических нагрузок, так как место пайки имеет невысокую прочность.

Как известно, трудность пайки алюминия заключается в том, что на поверхности его очень быстро образуется прочная пленка окисла. В различных известных способах пайки эта пленка удаляется по-разному химическим или механическим путем.

Химическое удаление пленки производится так: место на панели, к которому предполагается подпаять провод, зачищают. На него аккуратно наносят две-три капли насыщенного раствора медного купороса. Далее к панели подключают отрицательный полюс источника постоянного тока,

а к положительному полюсу подсоединяют кусок медной проволоки. Конец этой проволоки опускают в каплю так, чтобы проволока не касалась панели. На панели через некоторое время осядет слой красной меди, к которому (после сушки) припаивают обычным способом нужный провод.

В качестве источника тока может быть применена батарейка от карманного фонаря или аккумулятор.

Кратко рассмотрим алгоритм пайки. Покрываете место пайки тонким слоем канифоли и сразу же натираете таблеткой анальгина. Далее облуживаете поверхность припоем ПОС-50, прижимая к ней с небольшим усилием жало сильно нагретого паяльника. Ацетоном смываете остатки флюса. Снова осторожно прогреваете поверхность и смываете флюс. Теперь можете начать пайку обычным образом.

Пайка дюралюминия

Паять дюралюминий можно также паяльником со стальным жалом, нанося припой на дюралюминий. Спаиваемые поверхности следует предварительно зачистить и покрыть флюсом, предохраняющим металл от окисления. При этом в качестве флюса нужно использовать стеарин (<http://cxem.net/beginner/beginner22.php>).

Очень удобны в последнем случае паяльники со съёмными жалами. К комплекту съёмных медных жал разной формы следует добавить и стальное — специально для пайки дюралюминия.

Лужение провода в эмалевой изоляции

Для зачистки эмалированных проводов малого сечения можно использовать полихлорвиниловую трубку. Отрезок трубки кладут на дощечку и, прижимая провод к трубке плоскостью жала хорошо разогретого паяльника, легким усилием 2—3 раза протягивают провод. При этом одновременно происходит разрушение эмалевого покрытия и лужение провода. Применение канифоли при этом не обязательно. Вместо полихлорвиниловой трубки можно воспользоваться обрезками монтажного провода или кабеля в полихлорвиниловой изоляции.

Вместо припоя — клей

Часто бывает необходимо припаять провод к детали, изготовленной из металла, трудно поддающегося пайке, например, нержавеющей стали,

хрома, никеля, сплавов алюминия и др. В таких случаях для обеспечения надежного электрического и механического контакта можно использовать следующий способ.

Деталь в месте присоединения провода тщательно зачищается от грязи и оксидов и обезжиривается. Луженый конец провода обмакивают в клей БФ-2 и жалом нагретого паяльника прижимают к месту соединения в течение 5—6 с. После остывания на место контакта наносят 1—2 капли эпоксидного клея и сушат до полного затвердения.

Провод типа «литцендрат»

Снимая изоляцию с проводов типа «литцендрат», необходимо быть очень осторожным. Если хотя бы одна из жил литцендрата окажется не зачищенной или даже не пропаанной, то добротность колебательного контура снизится во много раз (такие провода используются в основном для изготовления катушек индуктивности). Для зачистки литцендрата лучше всего предварительно обжечь изоляцию в пламени спиртовки или спички, не допуская при этом оплавления проволоочек, а затем мягкой фланелевой тряпочкой, смоченной в спирте, или опустив конец провода в спирт, аккуратно снять обгоревшую изоляцию.

Лак для закраски паек

После того как монтаж полностью завершен, места пайки для придания монтажу законченного красивого вида можно закрасить лаком. Подходит для этих целей лак для ногтей. Но можно приготовить и специальный лак: в ацетоне или жидкости для снятия лака с ногтей растворяют очищенную от эмульсии фотопленку и добавляют в раствор несколько капель чернил для авторучек. Цвет изготовленного этим способом лака зависит от цвета и количества влитых в него чернил.

Защита переводных надписей

При окончательной отделке своих конструкций многие радиолюбители пользуются переводным шрифтом. Однако надписи, выполненные таким шрифтом, недостаточно стойки, и их необходимо каким-то образом защитить.

Надежные результаты можно получить, если надпись сначала покрыть тонким слоем яичного белка, а через несколько часов сушки — уже бесцветным нитролаком. Покрытие можно выполнять мягкой кистью.

ОБЗОР РЕСУРСОВ СЕТИ ИНТЕРНЕТ ПО ЭЛЕКТРОННЫМ КОМПОНЕНТАМ

О чем сайт	Адрес в сети Интернет
Аналоги зарубежных динисторов и тиристоров	http://www.shematic.net/page-110.html
Аналоги отечественных диодов	http://www.radiosvit.com/publ/9-1-0-182
Аналоги отечественных микросхем	http://www.rlocman.ru/comp/koz/adv/
Зарубежные системы маркировки полупроводниковых приборов	http://dims.karelia.ru/rel/mark.shtml
Каталог аналогов отечественных диодов и стабилитронов	http://ntpo.com/electronics/analog/analog_ot_diod/1.shtml
Каталог импортных компонентов	http://www.necspb.com/impcomp/
Каталог радиокомпонентов	http://e-comp.kiev.ua/
Кварцевые резонаторы	http://www.quartz1.ru/Si/lighters.htm
Кварцевые резонаторы	http://quartzsens.ru/
Кодовая книга SMD элементов	http://www.marsport.org.uk/smd/mainframe.htm
Логотипы иностранных производителей	http://www.advanced-tech.com/ic_logos/ic_logos.htm
Маркировка компонентов	http://www.kruso.su/markirovka/36-koyefficient.html
Микросхемы компараторов и их отечественные аналоги	http://xradio.net.ru/content/docs/2007.html
Микросхемы различных серий и их отечественные аналоги	http://ledlabs.narod.ru/data_40.html
Оптические датчики фирмы Vishay	http://www.vishay.com/optical-sensors/
Отечественные светодиоды	http://pvpgn.nov.ru/products/leds_other/
Отечественные твердотельные опто-электронные реле	http://lib.chipdip.ru/
Радиоэлементы фирмы Omron	http://www.omron.co.ua/index.php
Светодиодные лампы	http://www.volgaelectro.ru/index.php/
Система обозначений пьезоэлектрических резонаторов	http://www.re-n.ru/spravka/qwartz.php
Справочник по отечественным и зарубежным интегральным микросхемам	http://rephone.ru/arhiv-sprav.html
Справочник по радиокомпонентам	http://ra4a.narod.ru/portal/LIGHT.htm
Справочник по радиокомпонентам	http://www.dialelectrolux.ru/catalog/
Справочник по радиокомпонентам	http://www.realchip.ru/
Справочник по разъемам	http://www.symmetron.ru/suppliers/connect/sockets.pdf
Справочник по разъемам	http://www.premier-electric.com/files/connectors/pan_2.htm
Справочник по светодиодам Paralight	http://www.micronica.ru/docs/paralight/paralight.shtml

О чем сайт	Адрес в сети Интернет
Справочник по электронным компонентам	http://www.imek.su/catalog350_1.html
Справочник по электронным компонентам	http://www.term.ru/price0.htm
Справочники по радиокомпонентам	http://cityradio.narod.ru/spr/
Справочники по радиокомпонентам	http://vicgain.sdot.ru/kondenr/kondr.02.htm
Справочники по радиокомпонентам	http://www.tdk.com
Справочные данные по аналогам транзисторов и микросхем	http://gete.ru/page_152.html
Справочные данные по пассивным и активным компонентам	http://www.rell.com/Pages/
Справочные данные по светодиодам фирмы «Протон»	http://www.proton-orel.ru/
Справочные данные по светодиодам фирмы Kingbright	http://www.kingbright.com/
Справочные данные по светодиодам фирмы ParaLight	http://www.para.com.tw/products/
Справочные данные по электронным компонентам	http://www.diagram.com.ua/info
Справочные материалы по микросхемам	http://tolik888.h1.ru/sprav/sprav25.htm
Твердотельные реле фирмы Teledyne	http://www.teledynereleys.com/industrialcommercial.asp
Твердотельные реле фирмы Tyco Electronics	http://www.tycoelectronic.com/
Типы реле	http://www.radiorele.ru/
Фоточувствительные элементы	http://www.chipdip.ru/catalog/1556.aspx
Цветовая маркировка диодов	http://www.rlocman.ru/comp/koz/diodes/dih12.htm
Цветовая маркировка диодов по системе JEDEC	http://ra4a.narod.ru/portal/d2.jpg
Цветовая маркировка кабелей	http://nemesi5.lonestar.org/reference/telecom/cables/25pair.html
Цветовая маркировка кабелей	http://www.ruscable.ru/info/lan/teldor/comment2.htm
Цветовая маркировка конденсаторов	http://www.asc-development.ru/markirovka-19.html
Цветовая маркировка конденсаторов	http://www.terraelectronica.ru/files/notes/s60420.pdf
Цветовая маркировка конденсаторов	http://www.asc-development.ru/markirovka-13.html
Цветовая маркировка резисторов	http://ws.belti.ru/~electron/sprav.htm
Цветовая маркировка резисторов и конденсаторов	http://pcmod.h16.ru/art/rd.html
Цветовая маркировка трехфазных цепей	http://en.wikipedia.org/wiki/Three-phase_electric_power#Color_codes
Цветовая маркировка элементов	http://www.pryriz.org.ua/Markirovka/drosseli.htm
Цветовая маркировка отечественных и импортных радиодеталей	http://www.radiodetali.in.ua/p11.htm
Элементная база оптоэлектронных приборов и устройств	http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook138/01/index.html?part-003.htm

Список литературы

- Белов А. В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR: шагаем от «чайника» до профи. Книга + видеокурс. — СПб.: Наука и Техника, 2013.
- Белов А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств. Книга + CD с видеокурсами, листингами, программами, драйверами, справочниками. — СПб.: Наука и Техника, 2016.
- Ванюшин М. Занимательная электроника и электротехника для начинающих и не только... — СПб.: Наука и Техника, 2016.
- Вербицкий Л. И., Вербицкий М. Л. Настольная книга радиолюбителя-коротковолновика. — СПб.: Наука и Техника, 2012.
- Гаврилов С. А. Искусство схемотехники. Просто о сложном. — СПб.: Наука и Техника, 2011.
- Гапоненко С. В. Акустические системы своими руками. — СПб.: Наука и Техника, 2013. — 240 с.
- Дьяконов В.П., Максимчук А.А., Ремнев А.М., Смердов В.Ю. Энциклопедия устройств на полевых транзисторах. — М.: Солон-Р — 1999.
- Кашиarov А.П. Справочник радиолюбителя. — СПб: Наука и Техника — 2008.
- Корякин-Черняк С.Л. Маркировка, обозначения, аналоги электронных компонентов. Карманный справочник. — СПб.: Наука и Техника. — 2010.
- Корякин-Черняк С.Л., Мукомол Е.А., Партала О.Н. Справочник по цветовой, кодовой маркировке и взаимозаменяемости компонентов + цветные наклейки. — СПб.: Наука и Техника. — 2010.
- Корякин-Черняк С.Л., Партала О.Н. Справочник электрика для профи и не только. — СПб.: Наука и Техника. — 2008.
- Корякин-Черняк С.Л., Шустов М. А., Партала О.Н., Повный А.В., Шмаков С.Б., Володин В. Я., Мукомол Е.А. Справочник электрика для профи и не только... Современные технологии XXI века. — СПб.: Наука и Техника, 2013.
- Мукосеев В.В., Сидоров И.Н. Маркировка и обозначение радиоэлементов. — М.: Радио и связь, Массовая радиобиблиотека, вып. 1240. — 2001.
- Нестеренко И.И. Цвет, код, символика электронных компонентов. — М.: Солон, Розбудова. — 2004.
- Никулин С. А., Повный А. В. Энциклопедия начинающего радиолюбителя. — СПб.: Наука и Техника, 2011.
- Перебаскин А.В., Бахметьев А.А. Маркировка электронных компонентов. — М.: «Додека-XXI» — 2004.
- Петухов В.М. Взаимозаменяемые транзисторы. — М.: Радиософт — 2003.
- Резисторы. Справочник, под ред. И.И. Четверткова и В.М. Терехова. — М.: Радио и связь. — 1991.
- Садченков Д.А. Маркировка радиодеталей. В двух томах. — М.: Солон-Р — 2001, 2002.
- Торопкин М.В., Андреев Д.А. Ламповый усилитель своими руками. Элементная база XXI века. — СПб.: Наука и Техника, 2016.
- Хрулев А.К., Черепанов В.П. Диоды и их зарубежные аналоги. В трех томах. М.: Радиософт. — 1999.
- Чебовский О.Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы, М.: Энергоатомиздат. — 1985.
- Черномырдин А. В. Videokurs: семь шагов в электронику. Книга + CD. — СПб.: Наука и Техника, 2013.
- Шевелев В. И., Перельман Б. Л. Отечественные микросхемы и зарубежные аналоги. Справочник. — М.: НТЦ Микротех. — 2001.
- Шмаков С. Б. Краткий справочник домашнего электрика. — СПб.: Наука и техника, 2015.
- Шмаков С. Б. Энциклопедия радиолюбителя. Современная элементная база. — Изд. 2. — СПб.: Наука и Техника, 2012.
- Шмаков С.Б. Профессиональные советы домашнему электрику. — СПб.: Наука и Техника, 2014.



Книжный магазин

издательства «Наука и Техника»
приглашает за покупками

**Предлагаем широкий ассортимент
технической литературы ведущих
издательств (более 2000 наименований):**

- Компьютерная литература
- Радиоэлектроника
- Телекоммуникации и связь
- Транспорт, строительство
- Научно-популярная медицина,
педагогика, психология

Чем привлекателен наш магазин:

- низкие цены;
- ежедневное пополнение ассортимента;
- поиск книг под заказ;
- обслуживание за наличный
и безналичный расчет;
- гибкая система скидок;
- комплектование библиотек;
- обеспечение школ учебниками
по информатике;
- возможна доставка.

Наш адрес: г. Санкт-Петербург
пр. Обуховской Обороны д. 107
ст. метро Елизаровская

Справки о наличии книг по тел. 412-70-25

E-mail: admin@nit.com.ru
(рассылка ассортиментного прайс-листа по запросу)

Мы работаем с 10 до 19 часов без обеда и выходных
(в субботу и воскресенье до 18 час)

Уважаемые господа!
Книги издательства «Наука и Техника»

Вы можете заказать наложенным платежом
в наших интернет-магазинах

www.nit.com.ru, www.nit-kiev.com

а также приобрести

➤ **в крупнейших магазинах г. Москвы:**

ТД «БИБЛИО-ГЛОБУС»	ул. Мясницкая, д. 6/3, стр. 1, ст. М «Лубянка»	тел. (495) 781-19-00,
Московский Дом Книги,	ул.Новый Арбат, 8, ст. М «Арбатская», «ДК на Новом Арбате»	тел. (495) 789-35-91
Московский Дом Книги,	Ленинский пр., д. 40, ст. М «Ленинский пр.», «Дом технической книги»	тел. (499) 137-60-19
Московский Дом Книги,	Комсомольский пр., д. 25, ст. М «Фрунзенская», «Дом медицинской книги»	тел. (499) 245-39-27
Дом книги «Молодая гвардия»	ул. Б. Полянка, д. 28, стр. 1, ст. М «Полянка»	тел. (499) 238-50-01
Сеть магазинов «Новый книжный»	тел. (495) 937-85-81, (499) 177-22-11	

➤ **в крупнейших магазинах г. Санкт-Петербурга:**

Санкт-Петербургский Дом Книги	Невский пр. 28 тел. (812) 448-23-57
«Энергия»	Московский пр. 57 тел. (812) 373-01-47
«Аристотель»	ул. А. Дундича 36, корп. 1 тел. (812) 778-00-95
Сеть магазинов «Книжный Дом»	тел. (812) 559-98-28

➤ **в регионах России:**

г. Воронеж, пл. Ленина д. 4	«Амитель»	(4732) 24-24-90
г. Екатеринбург, ул. Антона Валека д. 12	«Дом книги»	(343) 253-50-10
г. Екатеринбург	Сеть магазинов «100 000 книг на Декабристов»	(343) 353-09-40
г. Нижний Новгород, ул. Советская д. 14	«Дом книги»	(831) 277-52-07
г. Смоленск, ул. Октябрьской революции д. 13	«Кругозор»	(4812) 65-86-65
г. Челябинск, ул. Монакова, д. 31	«Техническая книга»	(904) 972 50 04
г. Хабаровск	Сеть книжно-канцелярских магазинов фирмы «Мирс»	(4212) 26-87-30

➤ **и на Украине (оптом и в розницу) через представительство издательства**

www.nit-kiev.com

e-mail: nitkiev@gmail.com

Мы рады сотрудничеству с Вами!