
The 555 Project Book

Robert J. Traister

TAB BOOKS INC.
Blue Ridge Summit
PA 17214

Р. Трайстер

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ
СХЕМЫ
НА ИС ТИПА 555

Перевод с английского
В. А. ДАВЫДОВА и
А. И. ЗИЛЬБЕРМАНА
под редакцией
канд. техн. наук
Л. С. ХОДОША



Москва «Мир» 1988

ББК 32.85
Т66
УДК 621.38

От редактора перевода

Трейстер Р.

Т66 Радиодлюбительские схемы на ИС типа 555:
Пер. с англ. — М.: Мир, 1988. — 263 с., ил.

ISBN 5-03-001141-2

Как самому собрать и отладить звуковой генератор и электронный орган, метроном и электронный таймер, устройство тревожной сигнализации и схему задержки? В книге американского автора приведены 33 схемы разнообразных электронных устройств, в которых используется широко распространенная ИС 555 (отечественный аналог — КР1006ВИ1). Каждая схема снабжена подробными рекомендациями по сборке, наладке и эксплуатации. Для радиодлюбителей и лиц, увлекающихся самостоятельным техническим творчеством.

Т $\frac{2402020000-229}{041(01)-88}$ 166—88 ч. 1

ББК 32.85

Редакция литературы по электронике

ISBN 5-03-001141-2 (русск.)
ISBN 0-8306-1996-8 (англ.)

© 1985 by TAB Book Inc.
© перевод на русский язык
«Мир», 1988

В настоящее время интегральные схемы (ИС) находят все более широкое применение в радиодлюбительской практике. Они используются в радиопередатчиках, радиоприемниках, звуковой аппаратуре, радиодлюбительских измерительных приборах, бытовой электронной аппаратуре и т. д. Именно для радиодлюбителей, приступающих к использованию ИС в своей деятельности или имеющих небольшой опыт их применения, и предназначена эта книга. Основное внимание в ней уделено ИС таймера серии 555 (отечественный аналог — КР1006ВИ1) и разнообразным радиодлюбительским устройствам, выполненным на ее основе. Благодаря своей универсальности эта таймерная ИС получила широкое распространение за рубежом, уступая только операционным усилителям и стабилизаторам. О ее распространенности в радиодлюбительской практике свидетельствуют и те 33 устройства разнообразного назначения, которые описаны в данной книге. Краткие сведения об ИС 555 и основных схемах ее включения имеются в отечественной литературе, например в книге В. Л. Шило «Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре» (М.: Советское радио, 1979). Однако приведенный там материал ориентирован на специалиста по радиоэлектронике. В журнале «Радио» (1986 г., № 7, с. 57—58) опубликована небольшая заметка Е. Пецюха и А. Казарца «Интегральный таймер КР1006ВИ1», посвященная отечественному аналогу ИС 555.

Предлагаемая книга успешно восполняет существующий пробел, так как вместе с подробными сведениями о самой ИС и схемах ее включения содержит описания многочисленных радиодлюбительских устройств с детальными рекомендациями по их сборке и наладке. Но сначала автор в простой и доходчивой форме знакомит читателя с основами полупроводниковой микроэлектроники и дает ряд полезных советов

по выполнению монтажных работ при сборке радиолюбительских устройств и по оснащению рабочего места радиолюбителя. Применительно к американской элементной базе автор описывает основные виды компонентов микроэлектронных схем и простейшие методы измерения их параметров. Отдельная глава посвящена главному «действующему лицу» книги — ИС таймера серии 555, ее основным параметрам, схемам включения и режимам работы. Для начинающих радиолюбителей будут весьма полезны советы и рекомендации автора (опытного радиолюбителя с большим стажем) по организации хранения электронных компонентов и радиодеталей.

Очень полезный материал, посвященный систематическому и последовательному подходу к поиску и устранению неисправностей, завершает книгу. Эти рекомендации автора помогут радиолюбителям всех категорий, занимающимся наладкой собственных устройств и схем, а также ремонтом радиоэлектронной аппаратуры самого различного назначения.

Главный раздел книги — это описание 33 радиолюбительских электронных устройств на основе таймерной ИС 555. Все они могут принести вполне реальную пользу в радиолюбительской практике и дают богатую пищу для пытливого ума с точки зрения развития предлагаемых схемных решений и расширения сферы их применения. Большой интерес для радиолюбительской практики представляют: простейшая схема звукового генератора (схема 4), электронный метроном (схема 5), разнообразные электронные таймеры (схемы 7, 18, 24), тональный генератор для изучающих азбуку Морзе на телеграфных ключах (схема 8), частотный калибратор для настройки радиоприемников (схема 13), низкочастотные тактовые генераторы (схемы 19, 20), схемы задержки (29, 30). Молодые радиолюбители наверняка получат удовольствие от сборки, наладки и эксплуатации таких необычных устройств, как генератор звуковых эффектов (схема 17) и простейший электронный орган (схема 26). Хотелось бы особо подчеркнуть, что все схемы чрезвычайно просты в сборке и наладке (ни в одной из них не требуется печатный монтаж) и доступны даже начинающим радиолюбителям.

Книга будет интересна и полезна как начинающим, так и опытным радиолюбителям, а также руководителям радиокружков и клубных секций. Часть материала может представить интерес и для специалистов по радиоэлектронике.

Остановимся теперь на вопросах приобретения радиодеталей и электронных компонентов для радиолюбительской деятельности. В нашей стране их можно приобрести в специализированных радиомагазинах, отделах радиотоваров крупных универсамов, отделах уцененных товаров магазинов «Пионер», «Юный техник», а также по почте — по каталогам Псылторга, имеющимся в отделениях связи. К сожалению, выбор радиотоваров в торговой сети пока не очень велик, а ИС КР1006ВИ1 в продажу практически не поступает. (В более благоприятном положении находятся организованные радиолюбители, занимающиеся в кружках при домах пионеров, радиоклубах и т. д., для которых существуют дополнительные источники снабжения.) Поэтому мы очень надеемся, что выход книги в свет поможет соответствующим министерствам оперативно решить эту конкретную проблему и более эффективно организовать торговлю радиолюбительскими товарами.

Ведь роль массового радиолюбительского творчества в решении задач ускорения научно-технического прогресса и подготовке квалифицированных специалистов по радиоэлектронике и вычислительной технике просто невозможно переоценить.

В заключение хочется пожелать успеха радиолюбителям, которые будут собирать схемы, приведенные в книге, и выразить надежду, что наиболее инициативные и пытливые из них создадут еще более интересные и гораздо более сложные устройства, чем описанные здесь. В конце книги помещен список отечественных аналогов для ИС и полупроводниковых приборов, включенных в приведенные схемы. Радиолюбителям, использующим в своей работе другие иностранные источники, рекомендуем для отыскания аналогов справочник А. В. Нефедова и В. И. Гордеева «Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги». — М.: Радио и связь 1986.

Л. С. Ходош

Моим старым друзьям Керку и Бетти Страттонам, которые были для меня источником вдохновения, когда я больше всего в этом нуждался.

ВВЕДЕНИЕ

Каково число различных схем, устройств и приборов, в которых нашла применение ИС таймера 555? Точный ответ на этот вопрос дать невозможно, но можно смело утверждать, что на сегодняшний день оно составляет сотни тысяч. Число таких изделий растет с каждым днем, поскольку ИС 555 и 556 (два таймера 555 в одном корпусе) по-прежнему широко применяются в современной продукции, выпускаемой радиоэлектронной промышленностью. Тот факт, что ИС 555 на протяжении ряда лет не подвергалась различного рода усовершенствованиям и не была вытеснена более совершенными микросхемами,— обстоятельство довольно необычное для нашего времени, характеризующееся быстрым прогрессом в области электроники. ИС 555 применяется в самых разнообразных устройствах — от таймеров, используемых вместо старинных песочных часов при варке яиц, до сложнейших частотометров и компьютеров. Реализованные в ИС 555 способы генерации импульсов и формирования временных задержек полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к подобным устройствам, и заслужили одобрение изготовителей электронной аппаратуры. По сравнению с современными микросхемами таймер 555 представляет собой довольно простую схему. Большинство компаний выпускают эту ИС в 8-выводном корпусе, а в нем, как в тайнике из пластмассы, металла и керамики, находятся более 25 транзисторов, столько же резисторов и большое число межсоединений. Если электрическую принципиальную схему ИС 555, размер корпуса которой составляет $13 \times 6,5$ мм, собрать на дискретных компонентах, то такая конструкция окажется намного дороже и много больше, а ее масса

составит около 0,5 кг. В ИС 555 все эти элементы размещены на миниатюрном кристалле кремния.

Поскольку таймер 555 представляет собой сложную схему, выполненную на одном кристалле ИС, то для него имеется огромное число возможных применений. В любительских приемопередатчиках ИС 555 часто применяются в качестве низкочастотного звукового генератора сигнала, используемого для включения СВЧ-ретрансляторов. В импульсных устройствах она используется для формирования временных задержек с точностью до долей микросекунды. В компьютерах ИС 555 находит применение в качестве генератора тактовых импульсов. Эту схему можно использовать даже для задания времени при варке яиц.

В настоящую книгу включены 33 схемы, выполненные на основе таймера типа 555. Они применимы в самых разнообразных областях и могут быть использованы для развлечения, экспериментирования, а также в качестве функциональных блоков сложной электронной аппаратуры.

ИС 555 представляет собой идеальное пособие для ознакомления с принципами разработки устройств на интегральных схемах. Несмотря на свою multifunctionальность и эффективность, она, по всей видимости, является самой дешевой из всех имеющихся сегодня в продаже интегральных схем. Кроме того, ИС 555 весьма «терпима» к неправильным включениям, ошибочной установке в схему компонентов с неверными номиналами, а также к ошибкам монтажа, что может немедленно вывести из строя другие, более чувствительные к подобному обращению ИС.

Я надеюсь, что приведенные в этой книге практические советы окажутся полезными читателю, а описанные в ней схемы вызовут у него интерес, будут им без труда собраны и принесут определенную пользу. Экзотические ИС появлялись и исчезали, а ИС 555 продолжала оставаться одной из самых популярных схем в течение всего последнего десятилетия. Нет сомнений, что она сохранит свои позиции и в последующие десять лет.

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Микроэлектроника — это область электронной техники, охватывающая вопросы создания и эксплуатации электронных схем в микроминиатюрном исполнении. Этот же термин употребляется для описания изготовления микроминиатюрных электронных схем, содержащих диоды, транзисторы, интегральные микросхемы и другие компоненты. Данная книга стала возможна благодаря большим достижениям микроэлектроники, хотя она посвящена одной микросхеме, которая служит нам уже долгие годы.

Интегральная микросхема 555 называется таймером, но может быть применена во многих электронных устройствах. Она используется в электронной промышленности с самого момента своего появления. Хотя у нее уже довольно солидный возраст, она по-прежнему входит в некоторые наиболее сложные электронные устройства, которые выпускаются в настоящее время.

Я часто сравниваю таймер 555 со старой электронной лампой типа 6146, разработанной несколько десятилетий назад, когда возникла необходимость в универсальной генераторной и усилительной лампе, которая могла бы работать в широком диапазоне частот. Эта радиолампа заполнила очень большой разрыв между маломощными радиолампами и радиолампами большой мощности. Ее модернизированный вариант получил обозначение 6146А, позднее был выпущен вариант 6146В, к настоящему времени, возможно, появились уже модели С и D. Суть дела в том, что эта электронная лампа, сконструированная много лет назад до сих пор не устарела в отличие от других ламп разработанных в то же время.

То же самое можно сказать и об интегральной микросхеме 555. Она выпускается почти всеми фир-

мами, производящими полупроводниковые приборы, причем, несмотря на все усовершенствования, произошедшие благодаря успехам электронной промышленности, почти в своем первоначальном виде. Микроэлектроника совершенствует технику в целом, поскольку она позволяет создавать сложнейшие микросхемы в миниатюрных корпусах, но трудно улучшить само совершенство, а микросхема 555 определенно близка к нему.

Микроэлектроника, или техника микроминиатюризации, как она иногда называется, — это развивающаяся в последние годы технология создания электронных схем и устройств в микроминиатюрных корпусах. Она объединяет много различных технических приемов. Микроэлектроника появилась в результате многолетних исследований и разработок в области электроники, направленных на то, чтобы получить миниатюрные схемы, которые выполняли бы те же функции, что и значительно более крупные схемы. По мере развития микроэлектронные схемы становятся все более сложными и более миниатюрными одновременно. Дискретные полупроводниковые приборы и микросхемы малой степени интеграции сейчас значительно потеснили электронные лампы, которые долгое время применялись в электронных системах. Но и их в свою очередь постепенно заменяют средние и большие интегральные схемы.

Микроэлектроника — это непрерывно расширяющаяся область электронной техники, которая в настоящее время охватывает многие типы интегральных схем (ИС), в том числе тонкопленочные, толстопленочные, гибридные и полупроводниковые. Все эти ИС находят широкое применение в цифровой, аналоговой и других видах электроники. Сейчас можно изготовить несколько схем на одном кристалле кремния, что еще больше увеличивает плотность упаковки и в то же время уменьшает размеры, массу и число внешних соединений. При этом также резко возрастают надежность, количество выполняемых логических функций и возможности систем на основе таких микросхем.

Полупроводниковой (монокристаллической) называется такая ИС, все электронные элементы которой объеди-

нены на миниатюрном кристалле кремния. Что это значит — легко понять, сравнив схему JK-триггера, собранного из дискретных полупроводниковых компонентов, с такой же схемой, изготовленной по интегральной технологии. Для изготовления первой схемы (рис. 1.1) требуется большое число дискретных приборов и соединений, а также выполнение многих операций герметизации и других технологических операций, каждая из которых представляет собой возможный источник неисправностей. Если же эта схема делается в интегральном исполнении на маленьком кристалле кремния, то количество паяных соединений резко сокращается, так как все элементы в схеме соединяются между собой внутри корпуса ИС при помощи процесса вакуумного напыления металла.

Такая микросхема в сравнении с предыдущей показана на рис. 1.2. В результате подобной замены

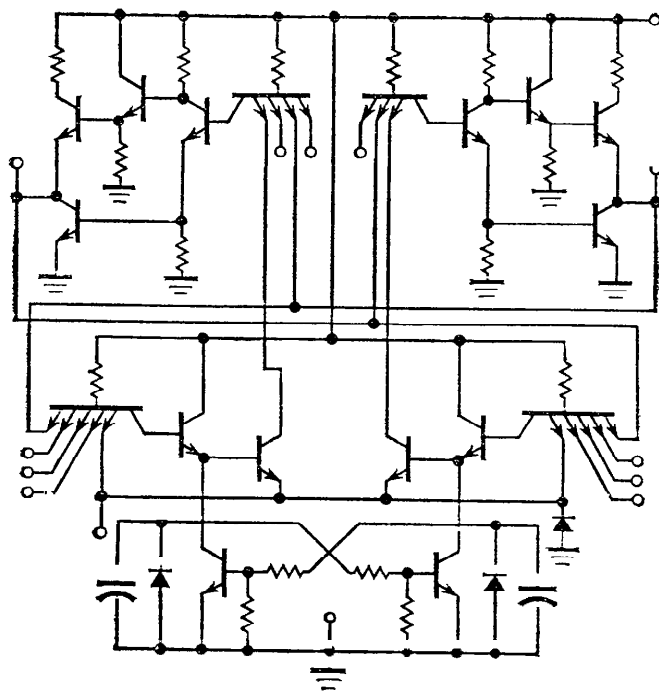


Рис. 1.1. Принципиальная схема интегрального JK-триггера

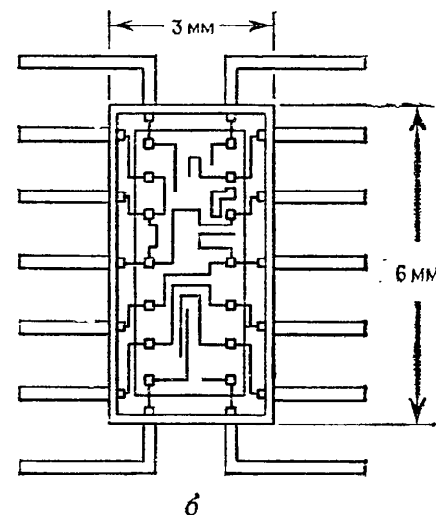
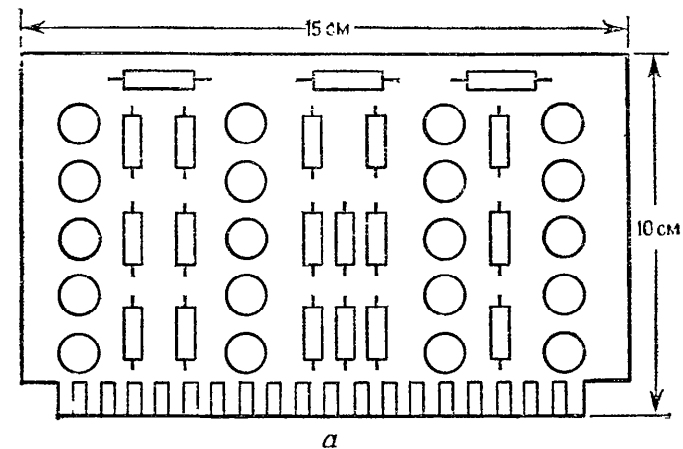


Рис. 1.2. Сравнение размеров схемы на дискретных компонентах (а) и интегральной схемы (б) (без соблюдения масштаба).

увеличиваются эффективность и надежность работы схемы и уменьшаются вероятность отказа, а, следовательно, необходимость поиска и устранения неисправностей. Из сказанного видно, что технология интегральных схем оказала большую помощь всей электронной промышленности.

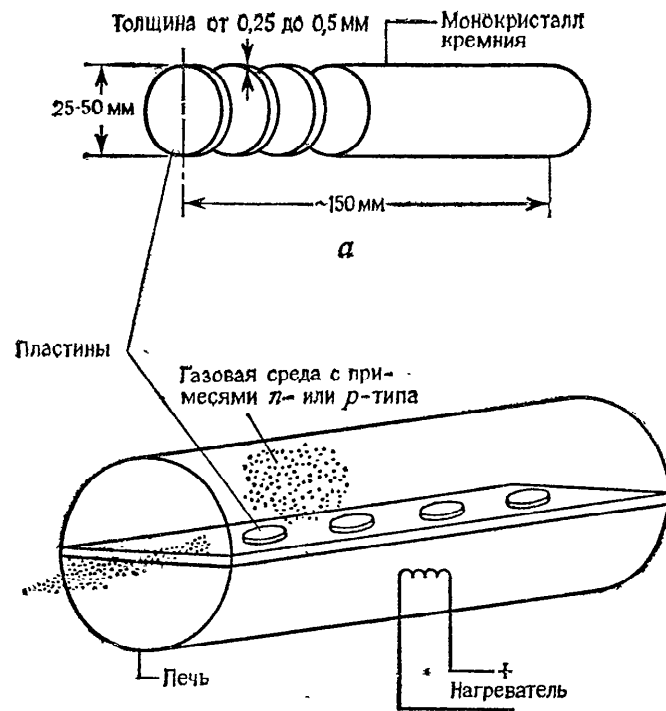


Рис. 1.3. Метод диффузии при изготовлении ИС.

Процесс изготовления интегральной схемы довольно сложен и требует тщательности и точности выполнения. Прежде чем приступить к изготовлению микросхемы, выращенный кристалл кремния нужно разрезать на тонкие, как лист бумаги, пластины, как показано на рис. 1.3. Эти пластины затем шлифуются и полируются (с той стороны, которая будет использована для изготовления активных элементов). Обратная сторона пластины полируется только в специальных случаях. Во всех остальных случаях она оставляется шлифованной.

Шлифовка производится при помощи абразива (обычно это алунд), до тех пор пока не исчезнут все видимые следы резки. Только одна сторона пластины многократно полируется полировальными пастами со все более мелкими зернами. На последней стадии производится химическое травление, чтобы

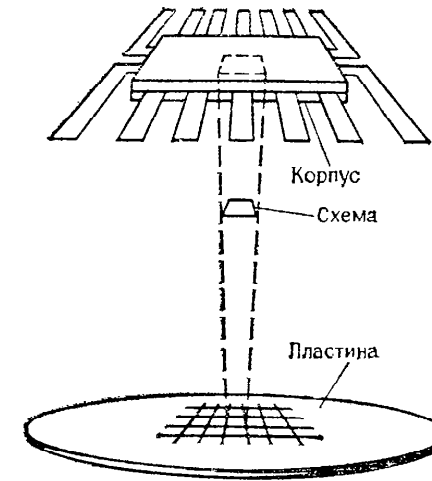


Рис. 1.4. Сборка интегральных схем.

удалить все нарушения поверхностного слоя, возникшие при полировке.

Следующий этап — это процесс диффузии, который осуществляется в специальной печи, в атмосфере, содержащей атомы примесей, куда помещается тщательно отполированная пластина. Печь показана на рис. 1.3. Атомы примесей служат для того, чтобы придать ИС требуемые электрические характеристики. Концентрация атомов примесей, вводимых в пластину с помощью диффузии, задается путем поддержания нужной температуры в печи и времени, в течение которого пластина находится в ней. После того как вся пластина будет равномерно легирована примесями, начинается собственно изготовление полупроводниковых приборов. Таким образом одновременно могут быть изготовлены несколько сотен микросхем (рис. 1.4).

Пленочные микросхемы

Пленочные микросхемы отличаются от полупроводниковых, описанных выше, тем, что их элементы получают не с помощью диффузии примесей в подложку, а наращиваются слоями на подложке (обычно керамической) посредством осаждения, трафарет-

ной печати, травления либо путем сочетания этих операций. При помощи этой технологии изготавливаются только пассивные элементы, поскольку она не позволяет создавать активные элементы. Установка активных компонентов и электрические соединения между ними выполняются почти так же, как в обычных интегральных схемах или транзисторах осуществляется приварка внешних выводов.

Гибридные микросхемы

Гибридными можно назвать такие ИС, при изготовлении которых либо объединяются схемы двух или нескольких типов (т. е. пленочные и полупроводниковые), либо ИС одного или нескольких типов и дискретные компоненты. Конструкции гибридных ИС показаны на рис. 1.5. Основное преимущество гибридных микросхем перед другими типами состоит в их конструктивной гибкости. Этот тип ИС находит широкое применение при мелкосерийном выпуске электронных устройств и изготовлении высокочастотных схем специального назначения.

В гибридной технологии могут быть применены различные элементы и схемы, например дискретные компоненты, которые электрически и механически совместимы с интегральными схемами. Они используются для выполнения дополнительных функций, которые невозможно реализовать в составе полупроводниковых ИС, и могут быть изготовлены, испытаны и собраны по такой же технологии и на том же оборудовании. Готовые микросхемы поставляются в виде не смонтированных в корпуса кристаллов (бескорпусная микросхема). Такие кристаллы, как правило, идентичны по своим функциям тем, которые поступают в продажу в рамках основной номенклатуры изделий предприятия — изготовителя микросхем. А чтобы получить законченную высококачественную микросхему, потребитель должен соответствующим образом присоединить выводы и смонтировать ее в корпус. Эти микросхемы обычно герметизируются для защиты от механических и атмосферных воздействий. Соединительные проводники из золотой проволоки диаметром 0,025 мм присоединяются к соответствующим вы-

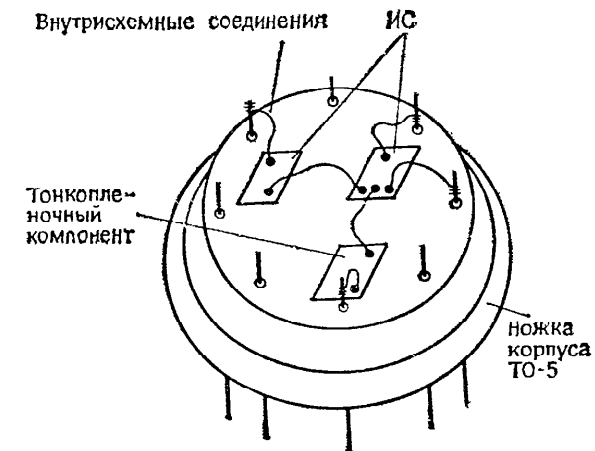
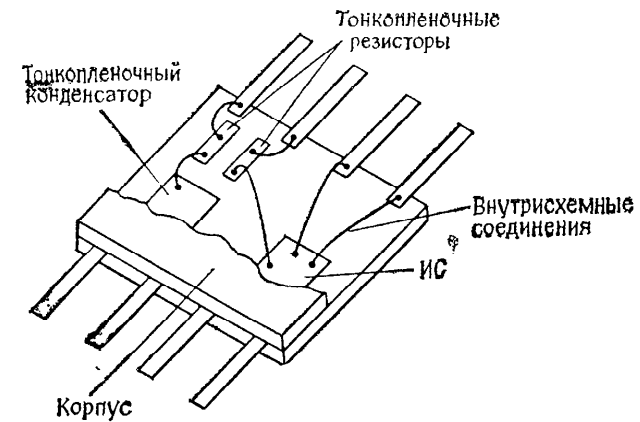


Рис. 1.5. Конструкция гибридной схемы.

водам, выступающим из корпуса и предназначенным для внешних соединений микросхемы.

Корпуса интегральных микросхем

Корпуса интегральных микросхем прошли большой путь от применяемых до сих пор корпусов транзисторного типа (приспособленных для размещения большого числа выводов) до широко используемых в настоящее время планарных корпусов и корпусов с

двухрядным расположением выводов (DIP). Обычно эти корпуса имеют не более 14 выводов, однако у некоторых типов корпусов количество выводов значительно больше. Для больших интегральных схем (БИС) сконструированы корпуса с количеством выводов, достигающим до 160.

Модифицированный корпус ТО-5

Модифицированный корпус ТО-5, рассматриваемый здесь в качестве примера, имеет точно такой же внешний вид, как и стандартный корпус ТО-5 для



Рис. 1.6. Модифицированный корпус ТО-5 в разобранном виде

транзисторов, но модернизированный путем увеличения числа выводов и размеров корпуса.

Методы изготовления модифицированного корпуса ТО-5 представляют собой расширенный набор технологических операций, применяемых при производстве стандартных транзисторных корпусов. Поскольку модифицированный корпус ТО-5 обычно имеет 10 выводов, а не 3 или 4, как стандартный транзисторный корпус, диаметр окружности, на которой расположе-

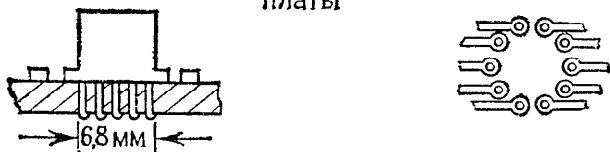
ны выводы, у него немного больше (5,8 мм, а не 5,1 мм). Модифицированный корпус ТО-5 показан на рис. 1.6. Для изготовления выводов и доньшка корпуса используется ковар — сплав железа с никелем, а для изготовления заготовки с выводами — стекло марки 7052. Колпачок корпуса может быть изготовлен из нейзильбера, ковара или никеля, но чаще всего употребляется ковар, поскольку он имеет такой же коэффициент линейного расширения, как и стеклянная заготовка ножки, что позволяет получать их спай с согласованными температурными характеристиками.

Стеклянная заготовка ножки и доньшко собираются, как показано на рис. 1.6, а затем их соединение герметизируется путем сплавления в печи при температуре 1000 °С. После герметизации весь узел, называемый ножкой корпуса, подвергается очистке и его выводы обрезаются до необходимой длины. Затем ножка покрывается слоем золота толщиной 0,025 мм, осаждаемым из цианистых соединений.

Чтобы прикрепить кристалл интегральной схемы к ножке, между ними помещается навеска припоя, затем на эту конструкцию помещается груз и она нагревается до температуры примерно 395 °С. При этом кристалл, припой и ножка корпуса сплавляются друг с другом.

Поскольку элементы интегральной схемы (транзисторы, диоды и т. д.) очень малы, приварить проволочные выводы непосредственно к точкам на кристалле ИС невозможно. Для этой цели в процессе изготовления кристалла на нем создаются специальные относительно крупные контактные площадки, расположенные по его краям и соединенные с помощью металлизации с соответствующими точками в ИС. При сборке кристалла в корпус эти контактные площадки соединяются с выводами корпуса при помощи тонких проволочек (диаметром от 0,025 до 0,075 мм). Эти проволочки могут быть золотыми или алюминиевыми и присоединяются посредством термокомпресии или ультразвуковой сварки. На заключительном этапе сборки кристалла в корпус ТО-5, который проводится в атмосфере с регулируемым химическим составом, к ножке приваривается колпачок.

Вертикальная установка над поверхностью платы



Установка в отверстие платы

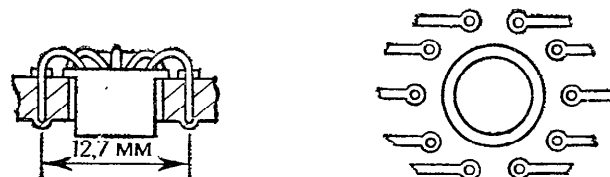


Рис. 1.7. Два способа установки корпуса ТО-5 на плату.

Модифицированный корпус ТО-5 может устанавливаться вертикально над поверхностью печатной платы или в отверстии в ней (рис. 1.7). Второй способ предпочтительнее, но в любом случае, установлен ли корпус над платой или в ней, через область присоединения выводов корпуса не должны проходить другие печатные проводники ни на одной из сторон платы. При установке над поверхностью платы между контактными площадками не остается места для прокладки дополнительных проводников, тогда как при установке микросхемы в отверстии платы расстояние между контактными площадками вполне достаточно для размещения дополнительных проводников (так как увеличивается диаметр окружности, по которой расположены контактные отверстия).

Интегральная микросхема 555 обычно выпускается в миниатюрном 8-штырьковом пластмассовом корпусе типа DIP. Но иногда эта микросхема может встретиться и в круглом металлическом корпусе, имеющем конструкцию типа ТО-5. То же самое можно сказать и о микросхеме типа 556, которая представляет собой два таймера 555 на одном кристалле. Однако в большинстве магазинов, торгующих то-

варами для радиолюбителей, предлагаются микросхемы в пластмассовом корпусе типа DIP, который наиболее широко используется для сборки этих таймерных ИС

Проверка электронных компонентов

У тех, кто прежде работал только с дискретными компонентами, переход на микросхемы вызывает некоторую неуверенность. Это связано с новизной таких приборов по сравнению с теми, которые им уже хорошо известны. Но в интегральных схемах нет ничего нового. Они уже долгое время служат нам, и многие конструкторы давно предпочитают их аналогичным схемам из дискретных компонентов. Включение ИС в схему не более сложно, чем включение трех или четырех транзисторов — в зависимости от числа ее выводов. У таймера 555 только восемь внешних выводов, но даже и они не всегда подключаются все вместе. Кроме того, можно использовать специальную панельку для установки ИС, чтобы дополнительно защитить их от повреждений, возможных при непосредственной припайке выводов.

Когда говорят, что ИС — это целая схема на кристалле, то такое утверждение не всегда точно. Каждая микросхема в большинстве случаев требует для своей работы некоторого количества дополнительных дискретных компонентов. Микросхема обычно представляет собой только часть полной схемы, в которую могут входить другие ИС, а также транзисторы, диоды и дополнительные дискретные элементы. Поэтому необходимо знать, как проверить те или иные приборы для выявления неисправностей и наладки электронных схем, которые будут списаны в одной из следующих глав.

Можно приобрести специальный тестер для интегральных микросхем, но этот прибор может оказаться довольно дорогим и потребовать большого объема знаний для правильной эксплуатации. Можно также приобрести прибор для проверки транзисторов и приспособить его для контроля микросхем или частей микросхем, содержащих транзисторы, электроды которых подключены к внешним выводам.

Единственным прибором, необходимым для полной наладки и проверки схем, представленных в этой книге, является обычный мультиметр (универсальный прибор). Одна из следующих глав посвящена применению этого прибора, но сначала остановимся на полупроводниковых компонентах. Приведенный ниже материал взят из книги «Общее руководство по замене полупроводниковых приборов фирмы «Сильвания» (Sylvania ECG Semiconductor Master Replacement Guide), изданной фирмой «Филипс И-С-Джи». Он посвящен проверке многих различных типов полупроводниковых приборов, большинство которых будет использовано в схемах, описываемых в нашей книге. Кроме того, многие из этих методов могут быть применены и при проверке ИС.

Омметры

Омметры при работе с транзисторными схемами следует использовать с большой осторожностью. Необходимо помнить, что омметр содержит внутренний источник напряжения. К тому же некоторые измерительные приборы могут иметь большой выходной ток.

Измерения производятся при помощи остроконечных щупов, что облегчает проверку печатных плат. Щупы уменьшают опасность случайного замыкания соседних проводников. В то же время острые концы щупов легко прокалывают изоляционную смолу, лак или пленку окисла на поверхности проводников. Неправильные измерения часто являются результатом плохого контакта щупа с печатным проводником.

Внутрисхемные измерения часто приводят к неверным результатам из-за шунтирующего действия pn -переходов транзисторов, которые смещаются в прямом направлении напряжением источника питания омметра (рис. 1.8). Если омметр подключить так, как показано на рисунке, то под действием напряжения его внутреннего источника питания на эмиттерном переходе транзистора возникнет прямое смещение. Это приведет к тому, что сопротивление перехода R_E шунтирует резистор R_2 .

Низкоомное шунтирующее действие могут оказывать также малогабаритные электролитические кон-

денсаторы, включенные как разделительные или развязывающие, в том случае, если полярность внутреннего источника питания омметра не соответствует полярности конденсаторов. При неправильном подключении эти компоненты могут быть выведены из строя даже невысоким напряжением. Выход из строя возможен и при правильном включении в том случае, если действующее напряжение превышает номинальное напряжение конденсатора. Некоторые конденсаторы рассчитаны только на напряжение 3 В, в то

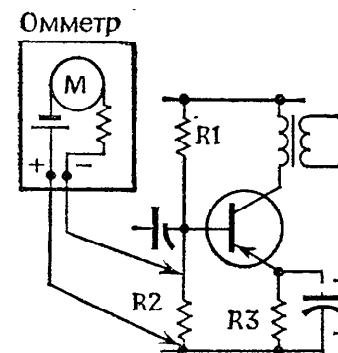


Рис. 1.8. Неправильное измерение сопротивления резистора из-за прямого смещения эмиттерного перехода, (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

время как внутренний источник питания многих омметров имеет напряжение 5 В и может достигать 30 В. (Большинство электронных авометров используют источник питания напряжением 1,5 В и безопасны в тех случаях, когда проверяемая схема легко повреждается даже при небольшом повышении приложенного напряжения.)

Общее правило при измерениях в транзисторных схемах заключается в том, чтобы один из выводов проверяемого элемента был отключен, тогда не возникает шунтирующая цепь. Однако измерение, показанное на рис. 1.8, может быть выполнено, если сменить полярность выводов омметра, в этом случае эмиттерный переход смещается в обратном направлении. Для таких измерений необходимо знать полярность напряжения на выводах омметра.

Включение омметра, при котором переходы транзистора смещаются в обратном направлении, связано с риском превысить напряжение пробоя V_{br} перехода. В особенности это относится к эмиттерному переходу, который пробивается при более низком обратном напряжении. Если не известно $V_{br(ево)}$ транзистора и в омметре используется источник питания на несколько вольт, то лучше отключить транзистор.

Измерения, в ходе которых переходы транзистора преднамеренно или случайно смещаются в прямом направлении, также рискованны, так как при этом через транзистор может пойти слишком большой ток. Смещенный в прямом направлении переход практически представляет собой короткое замыкание, поэтому суммарный ток определяется в основном напряжением питания омметра и его внутренним сопротивлением. Многие омметры, в том числе и электронные авометры, обладают током короткого замыкания около 100 мА на шкале $R \times 1$. Такой ток может вывести из строя транзисторы. Во избежание пробоя транзистора нужно использовать такой режим измерения, при котором ток короткого замыкания не превышает 1 мА. Для большинства приборов безопасными являются шкалы $R \times 100$ или $R \times 10$ к. Не измеряйте токи прямо смещенных переходов на шкале $R \times 1$.

Суммируя, можно сказать, что прежде, чем производить измерения омметром, необходимо все обдумать. Перед измерениями с помощью омметра следует выяснить три вещи: полярность напряжения на его выводах, напряжение внутреннего источника питания и ток короткого замыкания. Если шунтирующая цепь не может быть однозначно устранена выбором полярности омметра, то необходимо отключить от схемы один из выводов проверяемого компонента.

Другое испытательное оборудование

Обратите внимание на то, что в некоторых условиях возможна утечка напряжения между каким-либо измерительным или испытательным устройством с сетевым питанием и шасси проверяемой схемы, что также может вызвать повреждения транзисторов.

Определение выводов немаркированных транзисторов

Может случиться, что заводская маркировка на корпусе транзистора стерта. В таком случае функции выводов транзистора можно определить несколькими измерениями омметром, как показано на рис. 1.9.

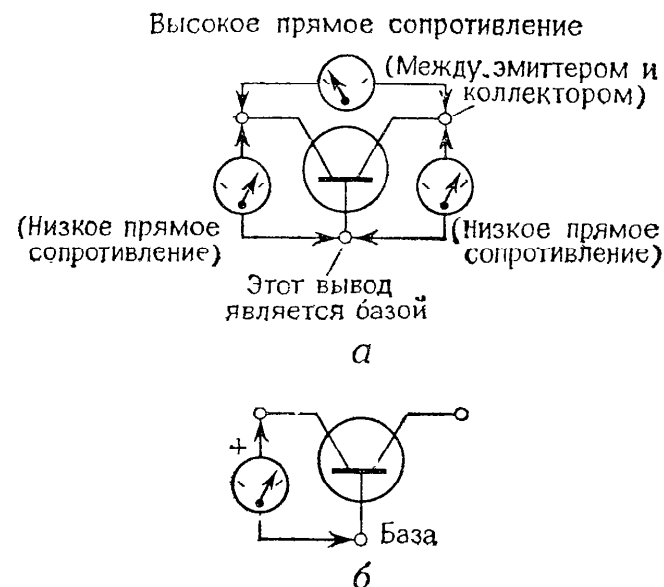


Рис. 1.9. Измерительная схема идентификации выводов транзисторов. а — идентификация базового вывода, б — идентификация типа транзистора. Низкое прямое сопротивление при данной полярности означает, что транзистор *pnp*-типа. (С любезного разрешения фирмы *Philips ECG Inc.*)

Сначала измеряется сопротивление между каждой парой выводов в прямом и обратном направлениях. Низкое сопротивление (менее 500 Ом) окажется в том случае, когда омметр создает прямое смещение на эмиттерном или коллекторном переходе. Наибольшее сопротивление в прямом направлении будет получено, когда омметр включен между эмиттерным и коллекторным выводами. Такая проверка позволяет выявить вывод базы: это будет вывод, который не подключен при измерении омметром высокого сопротивления при прямом смещении.

Следующий шаг позволяет определить тип транзистора. Для этого измеряется сопротивление между выводом базы и любым другим выводом. Если низкое сопротивление получится, когда к базе подключен отрицательный полюс омметра, то транзистор — *pnp*-типа. Низкое сопротивление, замеренное при соединении базы с положительным полюсом омметра, указывает на транзистор *npn*-типа.

Проверка биполярных транзисторов

Обычно можно считать, что транзистор, который работает в соответствии со своими паспортными характеристиками по рабочему напряжению, рассеиваемой мощности и температуре, имеет неограниченный срок службы. Неисправности транзисторных схем чаще всего вызываются повреждением или неправильной работой каких-либо других компонентов. Особенно это касается случаев, когда используются малогабаритные трансформаторы и электролитические конденсаторы. Несмотря на высокую надежность самих транзисторов, их неисправности случаются из-за коротких замыканий или обрывов в цепях смещения, кратковременных перегрузок, механических повреждений и даже ошибок при обслуживании аппаратуры.

Существует много различных тестеров и анализаторов транзисторов. Некоторые из них измеряют только ток утечки и коэффициент усиления по току, тогда как другие могут измерять все параметры транзисторов. С точки зрения обслуживания достаточно нескольких простых измерений, чтобы обнаружить большинство неисправностей. Такие измерения, как будет описано ниже, позволяют обнаружить короткие замыкания, обрывы и повышенную утечку и обеспечивают грубую проверку наличия усиления по току. К счастью, для этого требуется минимум оборудования. Для некоторых таких измерений нужен только омметр. Более тщательные измерения можно выполнить при помощи всего нескольких дополнительных компонентов.

Проверка *pn*-переходов

Транзистор содержит два *pn*-перехода, или диодные структуры. Главные характеристики транзистора

связаны с «поведением» переходов, тогда как остальные его части служат лишь для соединения с ними. Неисправность транзистора поэтому объясняется в большинстве случаев неправильной работой одного из выпрямляющих переходов. Дефект может заключаться в обрыве или коротком замыкании перехода или в слишком большом обратном токе (токе утечки).

Приближенную, но вполне приемлемую проверку состояния переходов можно сделать при помощи омметра. В первую очередь измеряется прямое сопротивление каждого перехода. На рис. 1.10 показана схема включения транзистора *pnp*-типа. Отрицательный полюс омметра соединен с базой. Прямое сопротивление обоих переходов измеряется поочередным касанием эмиттерного и коллекторного выводов транзистора положительным полюсом омметра. Высокое сопротивление означает обрыв перехода. Нормальный переход должен иметь сопротивление менее 500 Ом. Соблюдайте описанные выше предосторожности в случае применения омметра. Прямое сопротивление переходов транзистора *npn*-типа можно измерить точно таким же способом, как показано на рис. 1.10, но сменив полярность щупов омметра.

Чтобы проверить, нет ли короткого замыкания или повышенного тока утечки, нужно поменять полярность омметра и переключить его на измерение более высокого сопротивления (рис. 1.11). Омметр подает обратное смещение на каждый переход по очереди, и на стрелочном приборе регистрируется ток утечки,

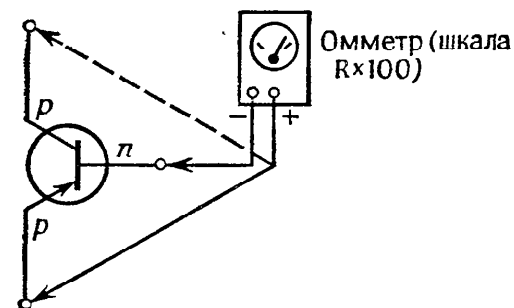


Рис. 1.10. Метод проверки прямого сопротивления обоих переходов. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

Если прибор показывает низкое сопротивление, то это означает, что в переходе замыкание или повышен ток утечки. У германиевых транзисторов малой и средней мощности обратное сопротивление должно быть не менее 500 кОм.

Типичное значение сопротивления, получаемое при помощи омметра на шкале $R \times 10 \text{ к}$, составляет от 700 кОм до 1,5 МОм. Кремниевые транзисторы имеют гораздо более высокое сопротивление. Мощные транзисторы имеют большие по размерам переходы,

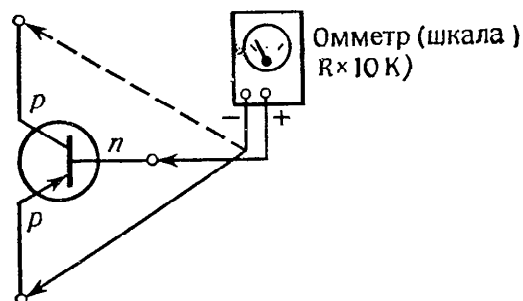


Рис. 1.11. Метод проверки обратного сопротивления обонх переходов. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

и поэтому токи утечки в них также больше. Для мощных транзисторов обратное сопротивление переходов должно быть 50 кОм или выше.

Проверка обратного сопротивления *npn*-транзисторов должна производиться при полярности выводов омметра, противоположной показанной на рис. 1.11. Обратите внимание на то, что измеренное численное значение сопротивления в омах не имеет физического смысла, так как омметр измеряет только линейные сопротивления. Величина этого сопротивления в омах различна для разных омметров и меняется даже при переключениях диапазона измерений. Указанные здесь минимальное и максимальные значения соответствуют большинству практических случаев. Чтобы повысить точность проверки транзисторов омметром, нужно сравнить измеренные сопротивления с их значениями, полученными для заведомо исправного транзистора того же типа.

Проверка усиления по току

Усилительное действие транзистора можно проверить при помощи омметра по схеме, показанной на рис. 1.12. Сначала измеряется ток $I_{кэ0}$ при резисторе сопротивлением 500 кОм, не подключенном к базе,

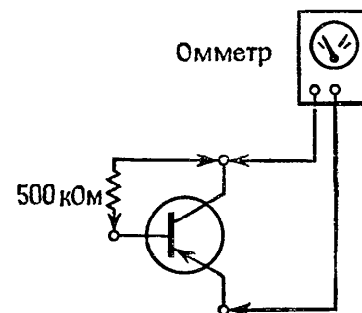


Рис. 1.12. Измерение усиления транзистора с помощью омметра. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

Подключение резистора создает небольшое смещение в базовой цепи, и измерительный прибор регистрирует возрастание тока в коллекторной цепи (уменьшение сопротивления).

Проверка полевых транзисторов

Проверка полевых транзисторов несколько сложнее, чем биполярных. при этом нужно учитывать следующее:

1. Является ли данный прибор полевым транзистором с управляющим *pn*-переходом или МОП-транзистором?
2. Является ли данный полевой транзистор прибором с каналом *p*- или *n*-типа?
3. Если это МОП-транзистор, то какого типа — обогащенный или обедненный?

Не пытайтесь касаться схемы или брать в руки полевой транзистор, не зная наверняка, какой прибор перед вами — с управляющим *pn*-переходом или МОП-транзистор с изолированным затвором. Выяснить это надо обязательно, так как незащищенный МОП-транзистор с изолированным затвором можно

вывести из строя, если не принять надлежащих мер предосторожности. В случае необходимости взять в руки, установить на плату или заменить транзистор такого типа следует соблюдать следующие правила:

1. Прежде чем устанавливать его в схему, необходимо либо убедиться, что все выводы соединены друг с другом при его изготовлении металлической закорачивающей пружинкой, прикрепляемой к транзистору, либо сделать это, используя электропроводящий пенопласт. Заметим, что обычный пенополистирол не подходит, поскольку он может накапливать большой электростатический заряд.

2. Если вы берете транзистор рукой, то рука должна быть заземлена.

3. Жало паяльника должно быть заземлено.

4. Транзистор нельзя устанавливать в схему или удалять из нее при включенном питании.

Проверка полевых транзисторов с управляющим *pn*-переходом

Прямое сопротивление транзистора может быть измерено низковольтным омметром на шкале $R \times 100$. Присоедините отрицательный вывод омметра к затвору, а положительный к стоку или истоку, если имеете дело с транзистором с каналом *n*-типа. Если транзистор с каналом *p*-типа, то поменяйте полярность.

Чтобы измерить обратное сопротивление полевого *n*-канального транзистора, присоедините положительный полюс омметра к затвору, а отрицательный к истоку или стоку. Прибор должен показать почти бесконечное сопротивление. Низкое сопротивление свидетельствует об утечке или коротком замыкании. Для проверки *p*-канального транзистора поменяйте полярность.

Проверка МОП-транзисторов

Прямое и обратное сопротивления МОП-транзисторов можно проверить низковольтным омметром на шкале для измерения самых больших сопротивлений. МОП-транзистор с изолированным затвором имеет очень большое входное сопротивление. Следова-

но, мы получим почти бесконечное сопротивление при измерении прямого и обратного сопротивлений между затвором и стоком или истоком. Низкое сопротивление говорит о пробое диэлектрика между затвором и стоком или истоком.

Проверка диодов

Поскольку диоды и выпрямители не являются усилительными приборами, простой проверки на короткое замыкание, обрыв или повышенную утечку вполне недостаточно, чтобы судить о правильности их работы. Однако описанные ниже методы проверки неприменимы к специальным выпрямителям в цепях фокусировки и к высоковольтным утронителям напряжения.

Диоды и выпрямители

Прямое сопротивление диодов и выпрямителей (выпрямительных диодов) проверяется подключением положительного и отрицательного полюсов омметра, предварительно установленного на шкалу $R \times 100$, соответственно к положительному (аноду) и отрицательному (катоду) выводам. Измеренное сопротивление должно составлять от 500 до 600 Ом для обычных кремниевых диодов и от 200 до 300 Ом для германиевых диодов, а для выпрямительных диодов (германиевых или кремниевых) из-за их большого размера сопротивление ниже, чем у соответствующих обычных диодов. Высоковольтные диоды состоят из нескольких диодов, соединенных последовательно, поэтому при измерении их сопротивление оказывается более высоким. Описанный прием хорошо подходит для быстрого определения работоспособности диода.

Чтобы проверить диод на короткое замыкание или утечку, нужно переключить омметр на высокоомную шкалу и поменять местами его выводы. Низкое сопротивление укажет на короткое замыкание или повышенную утечку диода. У германиевых диодов обратное сопротивление составляет от 100 кОм до 1 МОм. Кремниевые диоды имеют более высокое обратное сопротивление, которое может достигать 1000 МОм.

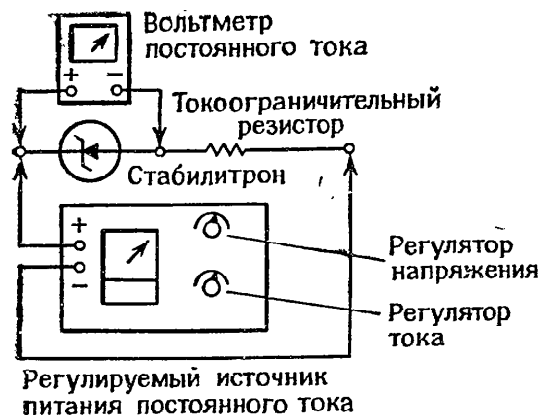


Рис. 1.13. Схема проверки стабилитронов. (С любезного разрешения фирмы *Philips ECG Inc.*)

Однако некоторые диоды могут иметь и более низкое обратное сопротивление, но нормально работают в некоторых схемах. У выпрямительных диодов, которые имеют *pn*-переходы большой площади, токи утечки больше.

Стабилитроны

Чтобы быстро определить обрыв, короткое замыкание или повышенную утечку стабилитрона, подключите омметр в прямом направлении, как для обычного диода. Однако такая проверка, хотя она и полезна, не дает главной информации о стабилитроне, а именно стабилизирует ли он напряжение на заданном уровне? Проверка стабилизирующей функции стабилитрона производится при помощи регулируемого источника питания, снабженного измерительным прибором, который позволяет измерять напряжение и ток.

Присоедините к выходу источника питания испытываемый стабилитрон последовательно с токоограничительным резистором и медленно увеличивайте выходное напряжение, пока через стабилитрон не потечет заданный ток (рис. 1.13). Теперь подключите вольтметр параллельно стабилитрону, чтобы измерить напряжение стабилизации. Изменяйте ток через ста-

билитрон в ту и в другую сторону от заданного значения. Если стабилитрон работает нормально, то напряжение должно оставаться постоянным.

Проверка тириستоров и симисторов

Чтобы приблизительно оценить пусковые характеристики обычных тириستоров (кремниевых управляемых выпрямителей) и симметричных триодных тиристоров (симисторов), можно произвести испытание при помощи омметра, как показано на рис. 1.14. Отрицательный вывод омметра подключен к катоду, а положительный к аноду. Установив на омметре шкалу $R \times 1$, соедините управляющий электрод с анодом. Нормальными будут показания омметра от 15 до 50 Ом. Примечание: если отключить управляющий электрод от анода, то на приборе должно сохраниться то же показание, пока не будет отключен анод или катод. Если теперь снова подключить выводы омметра к аноду и катоду, он не должен показывать никакого конечного сопротивления, пока управляющий электрод вновь не будет соединен с анодом.

Проверка интегральных схем

С точки зрения практики бывает легче просто заменить микросхему, если есть подозрение, что она неисправна. Если новая микросхема исправна, то неисправную можете просто выбросить в мусорное ведро. Если же причина неисправности находится где-то в другом месте схемы, то у вас будет микросхема в запасе.

Замену ИС легче всего производить, если схема собрана с использованием панельки для ИС, а не самой интегральной схемы. Тогда очень просто быстро

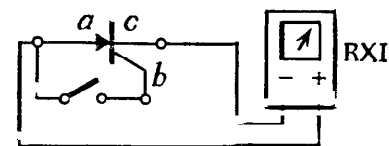


Рис. 1.14. Схема проверки тиристоров при помощи омметра. (С любезного разрешения фирмы *Philips ECG Inc.*)

удалить старую микросхему и произвести ее замену. Нужно быть очень внимательным, так как монтажные ошибки, например неправильная полярность, могут вызвать непоправимое повреждение ИС, как только вы включите схему. Если удалить ИС и установить на ее место новую, то она также будет повреждена, как только на нее будет подано напряжение. Прежде чем включать какую-либо электронную схему, еще и еще раз проверьте, правильно ли включена батарея или другой источник питания. Проверьте выводы и соединения всех остальных компонентов, чтобы убедиться, что все они включены в соответствии с принципиальной схемой.

Я конструирую электронные устройства уже много лет, и мне ни разу не попадались негодные микросхемы, но я сам вывел из строя несколько ИС из-за неправильного монтажа. Правда, это не значит, что новые микросхемы не могут быть неисправными. В редких случаях могут попасться и непригодные. То же самое можно сказать, разумеется, и о других схемных компонентах, хотя вероятность такого случая очень мала.

Фирма «Поли-Пакс» иногда предлагает двойные интегральные схемы, такие, как 556, которые представляют собой аналог микросхемы 555. Один из их внутренних таймеров, аналогичных 555, может быть неисправным, в то время как другой работает нормально. Поскольку в большинстве случаев бывает нужен только один таймер 555, такие неисправные микросхемы вполне пригодны для работы. Нужно уметь проверять такие сомнительные микросхемы и определять, какие из них пригодны, а какие нет.

Используя некоторые из принципов, изложенных в описании испытаний полупроводниковых компонентов, можно проверить на работоспособность многие из простых ИС (таких, как ИС 555). Для такой проверки необходимо располагать принципиальной схемой внутренних элементов ИС и знать, какие из них соединены с внешними выводами. Например, выводы некоторых транзисторов могут быть подключены к трем внешним контактам микросхемы. Разумеется, могут быть и внутренние соединения с такими транзисторами. Но все же есть шанс, что удастся прове-

рить нужный транзистор при помощи омметра, особенно если известны сопротивления внутренних резисторов в этой части схемы.

Разумеется, в ИС имеются и другие элементы, которые не соединены непосредственно с выводами. В таком случае наилучший метод проверки состоит в том, чтобы включить эту микросхему в устройство, которое заведомо работоспособно. Например, легко собрать одну из простейших схем, приведенных в данной книге, используя монтажную панельку для микросхемы. Первая проверка проводится с микросхемой, которая заведомо исправна. После этого просто выньте исправную микросхему и замените ее на микросхему, которую надо проверить. Этим методом можно быстро проверить большую партию микросхем, отделив неработающие.

Экспериментирование

В гл. 6 содержатся описания 33 электронных схем, выполненных с использованием ИС 555 или 556. Многие из предложенных схем могут быть изменены в соответствии с вашими потребностями, и мы поддерживаем попытки читателей внести такие изменения, но только после того, как описанная схема будет собрана и окажется работоспособной. Если же сразу начать вносить изменения, то, вероятнее всего, дело кончится тем, что схема просто не будет работать. Проще всего начинать вносить изменения в схему, которая работает правильно. Если при замене какой-либо детали схема перестала работать, то вернитесь к исходному варианту и повторите попытку. Изменения, таким образом, надо производить маленькими шагами, до тех пор пока не будут достигнуты желаемые результаты.

Таймер 555 используется, как следует из его названия, для построения электронных таймеров, схем временной задержки, автогенераторов и т. д. Временные интервалы или рабочая частота (либо и то и другое) определяются в большинстве случаев внешними резисторами и конденсаторами. Чтобы получить различные временные интервалы и частоты, можно изменять номиналы этих внешних компонентов. Если

в одной из публикуемых схем выходной сигнал представляет собой звуковой сигнал частотой 1000 Гц, то это вовсе не означает, что нельзя просто заменить несколько простых компонентов, чтобы получить частоту в два раза меньше или в десять раз больше исходной.

ИС 555 работает при постоянном напряжении от менее 5 до 18 В. Изменения напряжения питания также приводят к изменению временных интервалов или частоты колебаний почти во всех случаях. Если вы намереваетесь использовать более высокое или более низкое напряжение питания, чем это указано на принципиальной схеме, то очень может быть, что также придется внести дополнительные изменения в номиналы компонентов. Если изменения напряжения питания малы, то небольшими будут и изменения в номиналах компонентов. Если же использовать напряжение питания 5 В для схемы, которая рассчитана на 15 В, то могут потребоваться и существенные изменения номиналов компонентов.

При занятиях микроэлектроникой, в частности при разработке любительских устройств с применением ИС, требуется осторожность, особенно при монтаже компонентов. Однако не нужно бояться этого. Проведя несколько часов за сборкой и экспериментами, вы поймете, что создание электронных устройств на ИС — самый простой и легкий вид конструирования электронных устройств. Многие встретились с трудностями при переходе от электронных ламп к транзисторам, и столь же многие с энтузиазмом их преодолели. Те, кто совершил такой переход, поняли, насколько легко работать с полупроводниковыми компонентами, как только начали мыслить категориями полупроводниковой электроники. Такого рода затруднения свойственны человеку. Мы чувствуем себя уверенно, когда хорошо знаем что-то, и боимся неизвестного.

Кое-кто получает точно такую же психологическую травму при переходе от дискретных полупроводниковых компонентов к интегральным микросхемам. Подобных трудностей 15 лет назад было больше, чем сейчас, но и теперь они время от времени дают о себе знать. Действительно, независимо от того, как

глубоко вы продвинетесь в технике конструирования на интегральных микросхемах, вы никогда не расстанетесь с дискретными компонентами, так как их все еще необходимо использовать. Если вы уверенно чувствуете себя, работая с диодами, транзисторами и другими дискретными полупроводниковыми компонентами, то вспомните, что интегральная микросхема состоит именно из них. Различие лишь в том, что кто-то уже выполнил за вас большую часть ее монтажных соединений.

ТЕХНИКА МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Тем, кто только начинает собирать электронные схемы, эта глава даст основы знаний о том, что включает этот процесс, какой инструмент нужен и как надо действовать, чтобы схема заработала с первой попытки. Для более опытных радиолюбителей представленные здесь сведения могут послужить курсом «повышения квалификации» по правильной технике монтажа. Умение хорошо сконструировать и собрать схему — это искусство, которое можно изучить и освоить практически только методом проб и ошибок. Но трудность не только в этом. Очень важно помнить, что каждую ступеньку следует преодолевать не торопясь, внимательно, и на каждом этапе нужно убедиться, что предыдущий выполнен так, как положено. Если вы новичок, то советуем начать с более простых схем гл. 6 и переходить к более сложным, чтобы постепенно повышать свое мастерство. В этой книге нет слишком сложных схем, и те из читателей, у которых есть некоторый практический опыт в электронике, не встретят больших трудностей.

Инструмент

Рабочее место для занятий электроникой должно быть оборудовано набором инструментов, который обычно используется при монтаже схем. Вероятно, самым важным является инструмент для пайки. Можно иметь несколько паяльников различных типов, но наиболее удобен так называемый микропаяльник мощностью 25—30 Вт. Ввиду того что полупроводниковые компоненты, используемые в схемах, описываемых в данной книге, малы, рекомендуем использовать микропаяльник. Он обеспечивает достаточный нагрев

и при этом не подвергает компоненты опасности выхода из строя.

Другое устройство, называемое рабочим местом для пайки, очень удобно для монтажа электронных схем (рис. 2.1). Оно состоит из микропаяльника, изолированной подставки и блока управления. Блок управления служит для поддержания постоянной температуры жала паяльника. Он автоматически включается, когда температура жала падает ниже определенного уровня, и выключается, когда она достигает

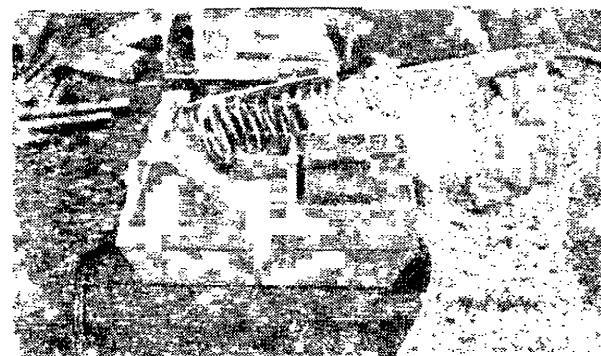


Рис. 2.1. Хорошо оборудованное рабочее место для пайки.

требуемого уровня. Такое устройство очень удобно, но иметь его не обязательно.

Чтобы выполнить пайку, необходимо запастись припоем. В электронике обычно используется трубчатый припой с канифолью внутри. Под этим названием он обычно продается в магазинах для радиолюбителей. Не путайте трубчатый припой с канифолью с припоем с паяльной кислотой, который продается в магазинах скобяных изделий! Последний применяется преимущественно для лужения и содержит кислоту, которая быстро выведет из строя электронную схему.

Другие инструменты, которые должны быть на рабочем месте радиолюбителя, это пара плоскогубцев с тонкими губками, кусачки-бокорезы, миниатюрный перочинный нож, приспособление для снятия изоляции с проводников, набор отверток (крестообразных и плоских), гаечные ключи, набор гаек и болтов,

изоляционная лента, зажимы типа «крокодил» и зажимы-теплоотводы. Вовсе не обязательно, чтобы все перечисленные инструменты были самого высокого качества и цены, но не следует приобретать их и среди уцененных товаров. Чаще всего придется пользоваться кусачками-бокорезами и плоскогубцами, поэтому эти инструменты должны быть достаточно качественными, а остальные инструменты можно приобретать по умеренной цене. Бокорезы понадобятся для обрезки выводов деталей, удаления компонентов с печатных плат и обрезки лишних участков платы, когда схема готова. Плоскогубцы нужны для изгиба проволочных выводов, а также для их скручивания, когда требуется надежное механическое соединение. Об этом будет рассказано ниже в этой главе.

Тех инструментов, которые здесь описаны, вполне достаточно, чтобы собирать схемы, приведенные в этой книге. Для более сложных схем могут потребоваться специальные инструменты, не упомянутые здесь, а те, у кого уже есть опыт сборки электронных схем, вероятно, имеют значительно более богатый набор инструментов, приобретенных на протяжении некоторого времени. Но набор инструментов, предложенный здесь, для начала вполне хорош и должен вас удовлетворить.

Техника пайки

Наиболее важный момент при монтаже электронной схемы независимо от особенностей схемы и используемых компонентов — это пайка. Она является причиной наибольшего числа затруднений, которые испытывают как начинающие, так и опытные радиолюбители. Причина этого состоит не в сложности самого процесса пайки, а в том, что она требует величайшей аккуратности. Всего лишь один плохо припаянный контакт — и вся схема будет работать неправильно или неустойчиво. Процесс же поиска и устранения неисправности может оказаться очень длительным из-за необходимости перепайки всех соединений. Всего этого легко избежать — просто не надо жалеть времени, чтобы все пайки выполнять аккуратно и придерживаться следующих правил:

1. Все проводники, которые должны быть спаяны, следует тщательно осмотреть, чтобы убедиться, что на них нет масел, загрязнений или остатков изоляции. Посторонние частицы должны тщательно удаляться, пока поверхность не станет чистой и блестящей.

2. Проводники должны быть крепко скручены друг с другом, чтобы получить так называемое механическое соединение. Убедитесь в прочности механического соединения, осторожно подергивая выводы компонентов. Если они неподвижны, значит это соединение существует.

3. Включите паяльник и дайте ему прогреться до нужной температуры. Не пытайтесь пользоваться паяльником прежде, чем он как следует прогреется.

4. Когда паяльник нагреется до нужной температуры, приложите его к соединению, а не к припою. Это, пожалуй, наиболее важный момент, и если его выполнить неверно, то получится дефектный спай с «холодной» пайкой. «Холодная» пайка — это результат того, что припой наносится на место соединения, прежде чем выводы компонентов или проводники хорошо прогреты жалом паяльника. Только после того как соединение будет прогрето паяльником, на него помещается капля припоя, который может свободно растечься по проводникам. Если соединение нагреется до той же температуры, что и паяльник, то припой расплавится и заполнит все полости в «скрутке» проводов. Обязательно используйте небольшую каплю припоя, так как слишком большое его количество также вызовет образование «холодного» спая. Это связано с тем, что слишком большая навеска припоя полностью не расплавится.

5. Когда припой растечется по спаиваемому соединению, уберите паяльник и подождите 20 с, пока припой остынет. Очень важно, чтобы в это время спаиваемые проводники не двигались, так как это может привести к растрескиванию припоя и нарушению контакта. Когда пройдет 20 с, осторожно подергайте выводы, чтобы убедиться, что в только что сделанном соединении отсутствует механическая подвижность. Теперь внимательно осмотрите соединение: нет ли в нем признаков «холодной» пайки, таких,

как тусклая поверхность или нерасплавившиеся кусочки припоя. Хорошо пропаянное соединение должно быть ровным и блестящим. Если все в порядке, можете приступать к пайке следующего соединения.

Описанная последовательность действий довольно проста, и если следовать ей при выполнении пайки, то у вас почти не будет неприятностей при монтаже схем. Советуем новичкам потренироваться в этом деле на кусочках перфорированных монтажных плат и дефектных компонентах, пока весь процесс не будет выполняться автоматически. Еще одно преимущество тренировки, перед тем как приступить к реальным схемам, заключается в том, что некоторые компоненты (полупроводниковые приборы) могут быть повреждены из-за перегрева даже маломощным паяльником, если их нагреть слишком сильно. Таким образом, при пайке важно действовать быстро, чтобы избежать нагрева компонентов выше допустимой температуры. Несколько часов тренировки дадут необходимые навыки, чтобы выполнять пайку качественно и с наименьшими затратами времени.

Один из инструментов, о котором говорилось выше в этой главе, очень удобен при выполнении пайки. Это теплоотвод, т. е. устройство, которое отводит и поглощает тепло от чувствительных компонентов и рассеивает его в воздухе. Для этой цели можно использовать пару зажимов типа «крокодил», хотя существуют и специальные зажимы для отвода тепла. «Крокодилы» неплохо выполняют эту работу, и их, пожалуй, проще всего приобрести.

Кроме того, очень хорошим теплоотводом могут служить плоскогубцы. Они просто помещаются в точку вблизи корпуса компонента, как показано на рис. 2.2. Часть тепла передается по выводу от места пайки, однако большая его часть будет поглощаться плоскогубцами. Единственным недостатком этого инструмента является то, что его надо держать рукой. Все, что требуется при пользовании зажимами «крокодил» или специальными теплоотводами, — это просто установить их в нужное место, после чего руки будут полностью свободны для выполнения других операций во время пайки. Старайтесь размещать инструменты, применяемые для теплоотвода, как мож-

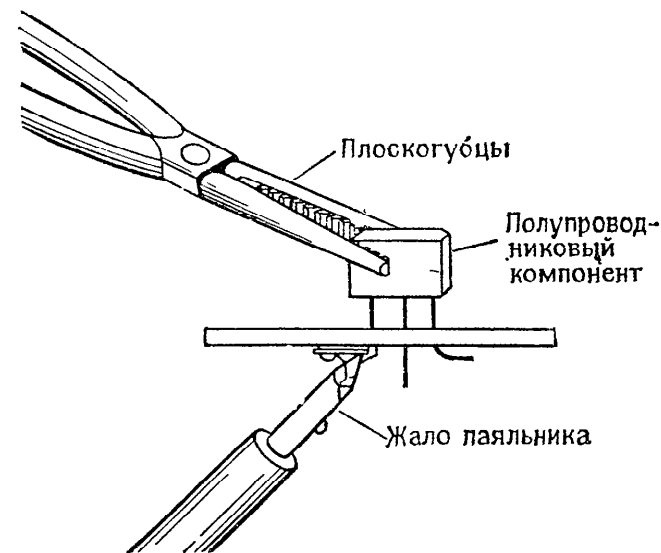


Рис. 2.2. Применение плоскогубцев в качестве теплоотвода.

но ближе к корпусу компонента. Если теплоотвод будет установлен слишком близко к месту пайки, то он отберет слишком много тепла, что приведет к «холодной» пайке.

Большинство электронных схем, описанных в этой книге, можно собрать на перфорированной монтажной плате. Ее можно приобрести в любом магазине для радиолюбителей, и она обеспечивает большую гибкость при сборке разнообразных схем. Такие монтажные платы дешевы и могут приобретаться поштучно или комплектами, включающими платы различных размеров. Они изготавливаются из жесткого диэлектрика или листового изоляционного материала с рядами отверстий, в которые можно вставлять выводы компонентов и соединительные проводники. Часть перфорированной монтажной платы показана на рис. 2.3.

На некоторых перфорированных монтажных платах бывает очень много отверстий, расположенных с малым шагом, на других отверстий меньше и они

размещены реже. Прежде чем приступить к монтажу схемы, нужно решить, какая плата больше подходит в данном случае. Это зависит от количества компонентов, их размеров и применяемого метода монтажа. Перфорированные монтажные платы выпускаются различной толщины, хотя большинство из них весит менее 30 г. Более толстые монтажные платы следует применять в тех случаях, когда в схеме, которую предполагается собрать, используются более тяжелые компоненты, для которых нужна прочная подложка.

Установку компонентов на перфорированной монтажной плате можно выполнить одним из двух основных способов, причем в обоих случаях выводы компонентов вставляются в отверстия платы, а все паяные соединения делаются на ее противоположной стороне. Наиболее распространен горизонтальный монтаж компонентов (рис. 2.4). При этом компоненты располагаются вдоль поверхности платы, а их выводы вставляются в отверстия с шагом, соответствующим длине компонентов. Этот метод рекомендуется начинающим радиолюбителям, так как он облегчает визуальный контроль схемы. Однако он требует больше места, чем другой метод — так называемый вертикальный монтаж.

При вертикальном монтаже (рис. 2.5) каждый компонент устанавливается перпендикулярно поверх-

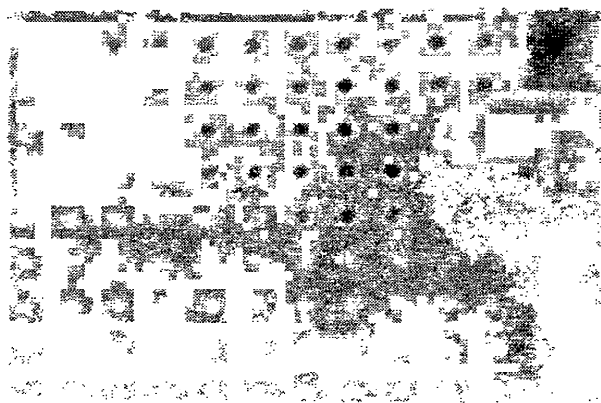


Рис. 2.3. Участок перфорированной монтажной платы.

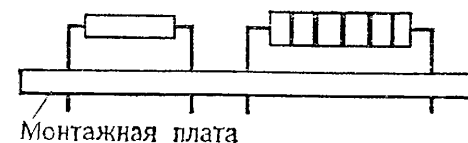


Рис. 2.4. Пример горизонтального монтажа компонентов.

ности перфорированной платы. Хотя при этом выводы также вставляются в отверстия платы, расстояния между этими отверстиями меньше, чем при горизонтальном монтаже. Поскольку при таком методе монтажа используется пространство над платой, сама плата может быть гораздо меньших размеров.

Если выбран вертикальный монтаж, то необходимо изолировать вывод, который идет вдоль компонента от его верхнего конца к монтажной плате. Это можно сделать при помощи полихлорвиниловой трубки, которая продается в магазинах для радиолюбителей. Трубка надевается на вывод компонента до его припайки. Она будет надежной защитой для незаизолированного вывода от места его крепления на корпусе компонента до входа в плату. Эта операция проиллюстрирована на рис. 2.6.

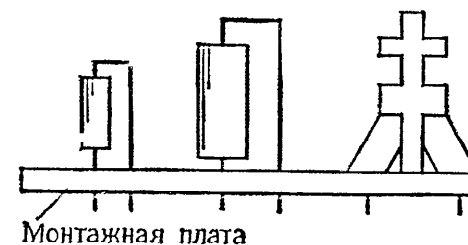


Рис. 2.5. Вертикальный монтаж компонентов.

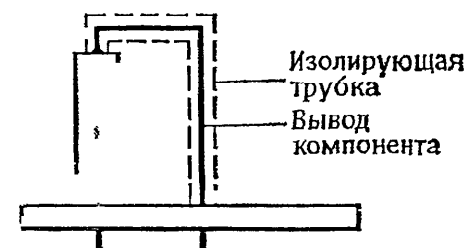


Рис. 2.6. Гибкая трубка надевается на вывод компонента для его изоляции.

При вертикальном монтаже нужно помнить, что он уменьшает только размеры монтажной платы, при этом пространство, необходимое для размещения компонентов, просто приобретает «третье измерение». Иногда желательно или просто необходимо объединить оба метода монтажа в одной схеме. Это может быть удобно в том случае, когда обнаруживается, что частично готовая схема не уместится на выбранной для нее перфорированной плате. Тогда достаточно легко установить часть крупных компонентов вертикально и продолжить сборку схемы.

Самое главное при конструировании электронных схем независимо от выбранного метода монтажа — использовать практический опыт и применять такие методы, которые позволят сделать схему наиболее эффективно.

Выполняя сборку на участке платы, полезно размещать компоненты, которые должны соединяться друг с другом, как можно ближе к поверхности платы. Такой способ весьма эффективен при выполнении соединений, так как обеспечивает минимальную длину межсоединений и, следовательно, соединительных проводов. Иногда все-таки приходится использовать короткие навесные провода, однако удачное размещение компонентов на плате зачастую позволяет сократить время пайки и площадь, занятую на плате.

Для многих схем, описанных в этой книге, будут приведены варианты компоновки, для которых гарантирована нормальная работоспособность. Разумеется, эту компоновку можно при необходимости менять, если при этом сохранять малую длину всех соединительных проводов. И вообще помните: чем проще схема, тем больше шансов, что она заработает сразу после сборки, и тем надежнее она будет затем работать.

Рабочее место радиолюбителя

Хотя заглавие этого раздела предполагает, что у вас в квартире есть рабочее место, предназначенное исключительно для занятий электроникой, не следует огорчаться и тем, у кого такого специального места нет. Рабочее место радиолюбителя должно лишь

удовлетворять некоторым требованиям для удобной работы. Это может быть обычный кухонный стол, который становится рабочим местом в вечернее время.

Запаситесь чем-нибудь, чтобы накрыть стол и защитить его поверхность от капель припоя и царапин, которые можно сделать инструментами или выводами компонентов. Подберите удобный стул, так как иногда придется подолгу сидеть в одной позе. Позаботьтесь также о хорошем источнике верхнего освещения. Помните, что придется рассматривать миниатюрные компоненты, соединять их между собой, поэтому хороший источник света существенно облегчит работу. Если света не хватает, то можно приобрести подержанную лампу и повесить ее высоко над столом, чтобы дополнительно осветить рабочее место.

Советую также разложить инструменты в определенном порядке, а не держать их в инструментальном ящике на полу возле стула. Тогда будет гораздо легче найти тот или иной инструмент, когда он понадобится, не меняя позы и не прерывая весь ящик. Такая подготовка позволит сократить время монтажа и не отвлекаться от схемы, с которой вы работаете.

Собирая схему на перфорированной монтажной плате, вы обнаружите, что все время приходится переворачивать ее с одной стороны на другую, чтобы вставить выводы компонентов в отверстия платы и скрутить их с другой стороны. Есть простой способ избавиться от этой процедуры. Выбирая подходящий кусок перфорированной платы, возьмите такой, который несколько превышает по размерам требуемый для схемы, и поставьте его на несколько деревянных брусков, как на подставку.

Теперь можно вставлять выводы в отверстия и скручивать их, не переворачивая плату. Для большей устойчивости перфорированную плату можно прибить к брускам несколькими гвоздиками. Когда все компоненты размещены на плате и вы готовы к пайке, просто вытащите гвоздики, переверните плату и начинайте паять. После того как все спаяно, обрежьте бокорезами лишние части перфорированной монтажной платы. Такой способ не только удобен, но и реально экономит время.

Если вам повезло и рабочее место находится не в жилых помещениях дома, а, например, в подвале, свободной комнате и т. д., то перфорированную монтажную плату можно закрепить в тисках, если они есть. Работать с тисками можно точно так же, как описано выше, и так же перевернуть плату для пайки соединений. Другое преимущество специально выделенного рабочего места заключается в том, что не нужно каждый раз все убирать в конце работы.

Следует аккуратно обращаться со схемой в ходе монтажа, чтобы не подвергать опасности компоненты, которые легко повредить тем или иным способом. Кладите плату со схемой подальше от края стола и не держите инструмент и другие тяжелые предметы рядом с ней, чтобы не было опасности ударить ими плату или уронить их на нее сверху. Пока схема не закончена и не заключена в корпус, ее легко повредить, поэтому позаботьтесь о соответствующей защите.

Правила монтажа

При сборке электронных схем совершенно необходимо следовать некоторым полезным правилам. Некоторые из них, перечисленные ниже, вытекают просто из здравого смысла и применяются во многих случаях, но мы приводим их здесь, чтобы гарантировать успех в работе. Одно из самых главных правил заключается в том, что нельзя приступать к сборке схемы, пока все компоненты, соединители и корпус не находятся под руками. Если приступить к сборке, когда нескольких компонентов еще нет, то нарушится порядок сборки схемы, в результате чего появляется вероятность пропустить важный этап работы.

Скажем, вы собираете схему и запоминаете, что надо сделать, чтобы закончить ее, когда появятся недостающие компоненты. Затем часть компонентов появляется, вы устанавливаете их в схему, думая, что сделали все, как надо, включаете питание, а схема не работает. В конце концов целую схему придется выбросить после многочасовых безуспешных попыток устранить неисправность и все это из-за одного единственного забытого компонента. Подобных

неудач не будет, если следовать этому наиболее важному правилу.

Другое полезное правило заключается в том, что надо делать почаще перерывы в работе, чтобы дать отдых уму и телу. Если долго находиться в одной и той же позе, пристально вглядываясь в мелкие провода и компоненты, то устает не только тело, но и голова. Не приступайте к работе над схемой, если вы уже утомлены — усталый человек ошибается чаще. И помните, что вы работаете с электричеством, которое представляет смертельную опасность, особенно если из-за утомления внимание рассеяно.

Если почувствуете небольшую усталость, прекратите работу и сделайте перерыв на 10—15 мин, пока не отдохнете. Не планируйте срок окончания работы над схемой. Почувствовав, что не успеваете, вы начнете торопиться или будете продолжать работу в состоянии утомления. В результате могут возникнуть ошибки в монтаже, неправильная полярность или «холодная» пайка — все, чего можно было бы избежать.

Итак, чтобы успешно собрать электронную схему, большую или маленькую, простую или сложную, необходимо правильно выполнять каждый этап работы. Прежде чем начать, необходимо организовать удобное рабочее место, обеспечивающее аккуратное выполнение работы. Во время работы инструмент и прочие принадлежности всегда должны быть под руками. Если созданы все нужные условия и есть инструмент, то все остальное достаточно просто, однако при условии выполнения правил сборки схем. Кроме того, не спешите к финишу. Поспешность может погубить любую работу и превратить сравнительно простую схему в многоголовое чудовище, быстро пожирающее время, компоненты и деньги.

КОМПОНЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ И ИЗМЕРЕНИЯ

Большинство электронных схем, описанных в этой книге, построены на основе популярной интегральной микросхемы — таймера типа 555. Интегральная микросхема (ИС) представляет собой целую электронную схему на одном кристалле кремния, но чтобы получить действующее электронное устройство, необходимо некоторое количество дополнительных компонентов. Это могут быть резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, диоды и транзисторы. Чтобы собирать электронные устройства на ИС, необходимо знать, как работают эти дополнительные компоненты. Цель данной книги — описать электронные схемы, которые вполне под силу собрать радиолюбителю средней квалификации в домашней мастерской. Книга также дает возможность радиолюбителю учиться на каждой из стадий процесса конструирования схем.

Большинство описанных здесь схем должны работать сразу же после сборки, однако некоторые из них необходимо отрегулировать или настроить. Для этого могут понадобиться некоторые электронные измерительные приборы, однако в большинстве случаев вполне достаточно недорогого мультиметра. Бывает, что готовая схема отказывается работать, и тогда придется выполнить небольшую работу по поиску и устранению неисправностей. В этом случае очень важно иметь понятие об основных параметрах электронных приборов и схем и их физическом смысле. Иногда потребуется измерить ток и напряжение или внутреннее сопротивление. Эта глава — своего рода азбука электроники, и она должна помочь в будущем при изготовлении, наладке и поиске и устранении неисправностей в схемах.

Напряжение

Электрическое напряжение — это разность потенциалов между точками схемы. Само напряжение представляет собой силу, которая вызывает ток в схеме. Образно напряжение можно уподобить ракетке, ударяющей по теннисному мячу. Полет мяча можно сравнить с протеканием тока, а ракетка — это та потенциальная сила, которая его вызывает.

Есть два основных вида напряжения — постоянное и переменное. Для работы большинства схем, описанных в этой книге, требуется постоянное напряжение. Часто источником этого напряжения служат батареи. Переменное напряжение — это, например, то напряжение, которое имеется в сетевых розетках в наших квартирах. Ток и напряжение взаимосвязаны и должны рассматриваться совместно.

Основной единицей напряжения является вольт (В), однако существуют производные единицы, которые используются для удобства в практических измерениях. Милливольт (мВ) соответствует разности потенциалов в тысячную вольта. Для еще меньших напряжений применяется такая единица, как микровольт (мкВ), составляющая тысячную милливольта, или миллионную вольта. Один киловольт (кВ) равен 1000 В. Большинство схем в этой книге работают при напряжениях, которые измеряются в вольтах.

Когда говорят о напряжении, необходимо знать, постоянное оно или переменное. В основных электрических схемах напряжение измеряется между двумя точками: положительным и отрицательным полюсами. Чтобы в схеме пошел ток, эти полюса следует подключить к цепи питания схемы, а чтобы установить, есть ли ток, — к измерительному прибору. Когда источник питания правильно подключен к электронной схеме или к нагрузке, то в соответствующей цепи течет ток, направленный от отрицательного полюса к положительному.

Все схемы постоянного тока имеют определенную полярность. Постоянная полярность означает, что один из контактов схемы всегда будет положительным, а другой — всегда отрицательным. У источников переменного тока напряжение постоянно меняется.

В течение одного полупериода один из полюсов положителен, а другой отрицателен. В течение следующего полупериода ранее положительный полюс становится отрицательным, а ранее отрицательный — положительным. Другими словами, полярность источника переменного тока постоянно меняется. Частота изменений, или чередований, полярности в схемах переменного тока измеряется в герцах (Гц), 1 Гц соответствует одному полному колебанию в секунду.

Все мы хорошо знакомы с переменным током. В наших домах в электросети действует напряжение переменного тока частотой 50 Гц, т. е. его полярность меняется 50 раз в секунду. Величина, характеризующая эти изменения, называется частотой.

Электрический ток

Ампер — это основная единица измерения тока. Если к схеме подключить источник напряжения, то электроны в ней придут в движение. Чтобы ток мог протекать, электрическая цепь между положительным и отрицательным полюсами источника напряжения должна быть замкнута, т. е. должна существовать своего рода электрическая «дорога» между полюсами источника напряжения. Когда цепь прервана, ток прекращается.

Величина тока определяется количеством электронов, проходящих через некоторую точку схемы за заданное время. Току в один ампер соответствует примерно шесть триллионов электронов в секунду. На практике количество электронов не измеряется, а их движение выражается в амперах (А) или производных единицах. Электроны всегда текут от отрицательного полюса к положительному.

Существует много производных единиц ампера. Миллиампер (мА) равен 1/1000 ампера. Эта единица часто используется для описания токов в полупроводниковых электронных схемах, таких, как приведенные в этой книге. Микроампер (мкА) равен 1/1 000 000 ампера, или 1/1000 миллиампера, и применяется для описания токов в микромощных электронных схемах.

Измерение напряжения производится присоединением щупов мультиметра к отрицательному и положительному полюсам источника напряжения, а ток измеряется включением амперметра или миллиамперметра непосредственно в цепь, по которой течет ток.

Проводники

Проводником называется материал, по которому может течь электрический ток. Лучший пример проводника — обычный медный электрический провод, по которому свободно могут двигаться электроны. Электропроводность материалов зависит от частоты тока. Материал, который хорошо проводит постоянный ток или переменный ток низкой частоты, приобретает повышенное сопротивление при возрастании частоты. Для схем, описываемых в данной книге, вполне подходят медные провода.

Идеальных проводников не существует. Любой материал, проводящий электрический ток, всегда имеет определенное, хотя и очень малое, сопротивление. Если говорить о медном проводе, то его сопротивление возрастает по мере удлинения пути электрического тока в нем. Например, маленькая батарейка дает вполне достаточный ток, чтобы горела миниатюрная электролампа. Но если батарейку подключить к лампочке при помощи медного провода длиной несколько тысяч метров, то его сопротивление может оказаться таким большим, что не пропустит ток, необходимый для того, чтобы лампочка горела.

Сопротивление

Сопротивление — это величина, характеризующая противодействие материала электрическому току. Сопротивление измеряется в омах (Ом). В электронных схемах используются калиброванные сосредоточенные сопротивления для регулирования тока. Такие компоненты называются резисторами; они выпускаются самых разнообразных типов. На рис. 3.1 показаны несколько типичных резисторов, которые можно использовать в электронных схемах. Обычно это сравнительно небольшие приборы, которые оказывают

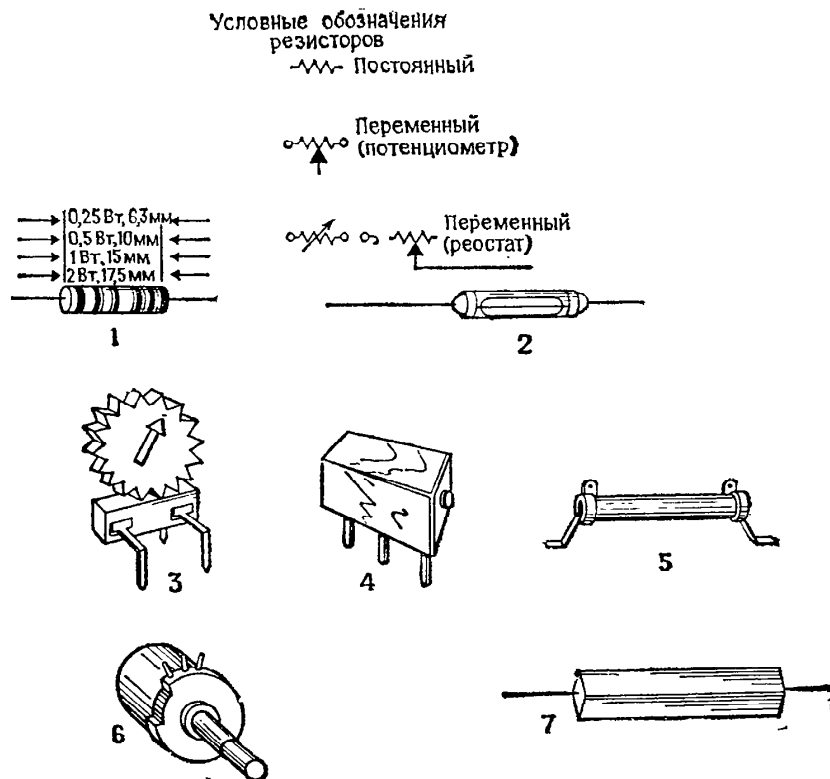


Рис. 3.1. Резисторы выпускаются различных видов и размеров. 1 — углеродистые и композиционные постоянные резисторы, 2 — углеродистые или металлопленочные постоянные резисторы, 3 — однооборотный подстроечный потенциометр, 4 — десятиоборотный подстроечный потенциометр, 5 — мощный проволочный резистор, 6 — потенциометр — регулятор громкости, 7 — мощный резистор прямоугольной формы.

определенное сопротивление электрическому току. В большинстве схем, описываемых в этой книге, следует использовать углеродистые резисторы. По рассеиваемой мощности они бывают полуваттными, одно-ваттными и двухваттными. Геометрические размеры резисторов определяют их способность рассеивать ту или иную мощность, а не сопротивление. Очень большой резистор может иметь большую мощность и очень низкое сопротивление, тогда как миниатюрный резистор может обладать сопротивлением несколько мегаом и очень маленькой мощностью.

Сопротивление углеродистого резистора обычно обозначается при помощи цветных полосок. Иногда, но очень редко, сопротивление бывает указано цифрами на его поверхности. Очень важно уметь читать эти цветовые коды, чтобы определять номиналы под-



Рис. 3.2. Цветовая маркировка резисторов

Цвет	Первая полоса	Вторая полоса	Третья полоса (множитель)
Черный	0	0	1
Коричневый	1	1	10
Красный	2	2	100
Оранжевый	3	3	1 000
Желтый	4	4	10 000
Зеленый	5	5	100 000
Синий	6	6	1 000 000
Фиолетовый	7	7	10 000 000
Серый	8	8	100 000 000
Белый	9	9	

Полосы, обозначающие допуск на сопротивление: золотая — 5 %, серебряная — 10 %, отсутствие полосы — 20 %.

бираемых резисторов. На рис. 3.2 приведена таблица, которая позволит определить номиналы углеродистых резисторов со стандартными цветовыми кодами

Мощность

Мощность — это работа, выполненная в единицу времени. На практике (в том числе и в электронике) в качестве единицы мощности принят ватт (Вт). В электрических схемах мощность равна напряжению на схемном компоненте или участке цепи, умноженному на ток, протекающий через них, $P = EI$, где P — мощность в ваттах, E — напряжение в вольтах и I — ток в амперах. Например, если напряжение 9 В приложено к некоторому компоненту или ко всей схеме и вызывает в них ток 0,5 А, то полная мощность будет равна $9 \times 0,5$, т. е. 4,5 Вт.

В любом активном сопротивлении, в том числе в соединительных проводах и резисторах, электрическая энергия (мощность) выделяется в виде тепла,

которое сначала повышает температуру резистивного прибора, а затем с помощью теплопередачи или излучения переходит в воздух или нагревает окружающие предметы. Поскольку слишком высокая температура может привести к выходу прибора из строя, для резистора помимо сопротивления задается величина, которая характеризует его способность рассеивать мощность без перегрева. Эта величина измеряется в ваттах. Выпускаются резисторы на мощность 0,25, 0,5, 1 и 2 Вт, а также на 5, 10, 25 Вт и более.

Мощность в ваттах можно также выразить как квадрат тока через компонент, умноженный на его сопротивление, $P = I^2 R$, где R — сопротивление в омах. Таким образом, резистор сопротивлением 10 Ом, через который должен течь ток 2 А, должен иметь мощность не менее $2^2 \times 10$ Вт, или 40 Вт. Чтобы через резистор пошел такой ток, к нему необходимо приложить напряжение 20 В, так как $E = IR$.

Мощность также можно вычислить по формулам $P = V^2/R$ и $P = VA$, где V — напряжение в вольтах, A — ток в амперах.

Емкость

Чтобы понять физический смысл термина электрическая емкость, представим себе две металлические пластины, которые расположены близко друг к другу, но нигде не соприкасаются. Если к этим пластинам подключить электрическую батарею, положительным полюсом к одной, а отрицательным к другой, то электроны из батареи потекут в пластину, соединенную с отрицательным полюсом. Вместе с тем произойдет отток избыточных электронов из пластины, соединенной с положительным полюсом батареи. Если теперь батарею отключить, то на одной пластине окажется избыток, а на другой недостаток электронов, а между ними сохранится разность потенциалов. Такие пластины (обкладки) образуют электрический конденсатор.

Электрическая емкость — это величина, характеризующая способность удерживать электрический заряд. Полный заряд, т. е. общее количество электронов, которое может быть накоплено в конденсаторе,

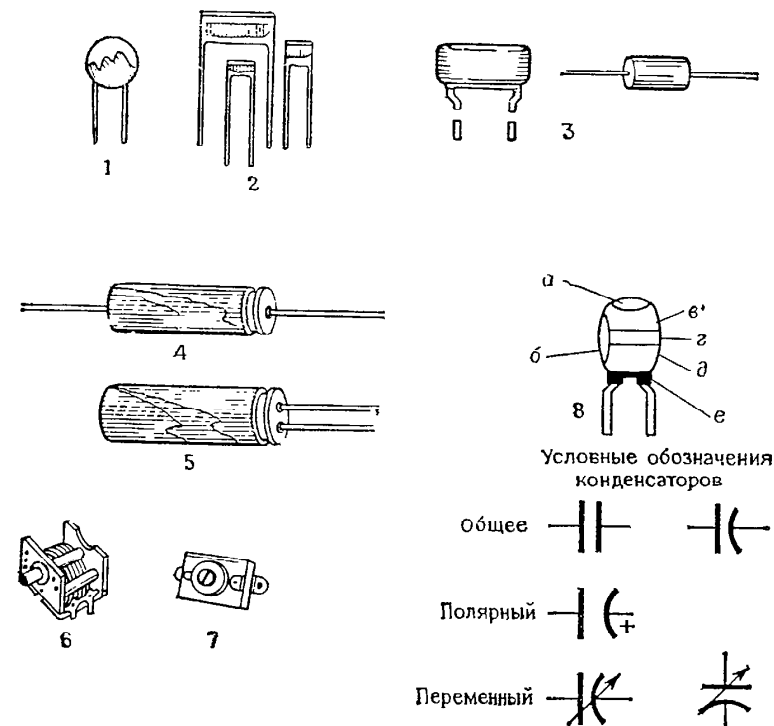


Рис. 3.3. Типы конденсаторов. 1 — дисковый керамический, 2 — пленочный с полиэфирным диэлектриком, 3 — майларовый, 4 — конденсатор с аксиальными выводами, 5 — электролитический конденсатор с радиальными выводами, 6 — переменный конденсатор с воздушным диэлектриком, 7 — подстроечный конденсатор с диэлектриком из слюды, 8 — общий вид и маркировка танталовых электролитических конденсаторов: а — допуск на емкость, б — номинальное напряжение и полярность, в — 1-я цифра, г — 2-я цифра, д — множитель, е — основание (черного цвета).

Цветовой код обозначения номинальной емкости и напряжения

Цвет	Напря-	Емкость, пФ		Множи- тель
	жение при +85° С	1-я цифра	2-я цифра	
Черный	4	0	0	—
Коричневый	6	1	1	—
Красный	10	2	2	—
Оранжевый	15	3	3	—
Желтый	20	4	4	10 ⁴
Зеленый	25	5	5	10 ⁵
Синий	35	6	6	10 ⁶
Фиолетовый	50	7	7	10 ⁷
Серый	—	—	8	—
Белый	—	9	9	—

Некоторые конденсаторы могут маркироваться цифрами вместо цветового кода.

пропорционально исходному напряжению и площадям обкладок и зависит от расстояния между ними и изолирующего материала (диэлектрика), который находится между обкладками.

Основная единица измерения емкости — фарада (Ф). Фарада — это очень большая емкость, не достижимая в электронных схемах, поэтому мы обычно имеем дело с микрофарадами (мкФ) — миллионными долями фарады и пикофарадами (пФ) — миллионными долями микрофарады. На рис. 3.3 показаны различные типы конденсаторов, которые используются в наших схемах, и их графические схемные обозначения.

Конденсаторы характеризуются рабочим напряжением, емкостью и иногда другими параметрами, например температурным коэффициентом емкости. Размеры конденсаторов зависят от рабочего напряжения, емкости, а также диэлектрика, который использован в их конструкции. Конденсаторы часто применяются в электронных схемах, так как они могут пропускать переменный ток (обкладки поочередно накапливают и отдают свободные электроны), однако для постоянного тока они служат преградой (обкладки изолированы друг от друга).

Обратите внимание на то, что конденсаторы разных типов могут не быть электрически взаимозаменяемыми, так как у них существуют различия в токах утечки, способности работать на высокой частоте и другие. Поэтому, пока вы хорошо не поймете особенности конденсаторов, не заменяйте один тип конденсатора на другой. Заметьте также, что некоторые типы конденсаторов (в особенности электролитические и танталовые) имеют полярность и на их корпусах имеются метки в виде точки или знака «+» (положительный вывод) или знака «-» (отрицательный вывод). Включайте их в схему только с соблюдением правильной полярности. Неправильное включение может вывести конденсатор из строя или повредить другие компоненты.

Индуктивность

Протекание тока через проводник вызывает появление магнитного поля, и в этом поле, окружающем

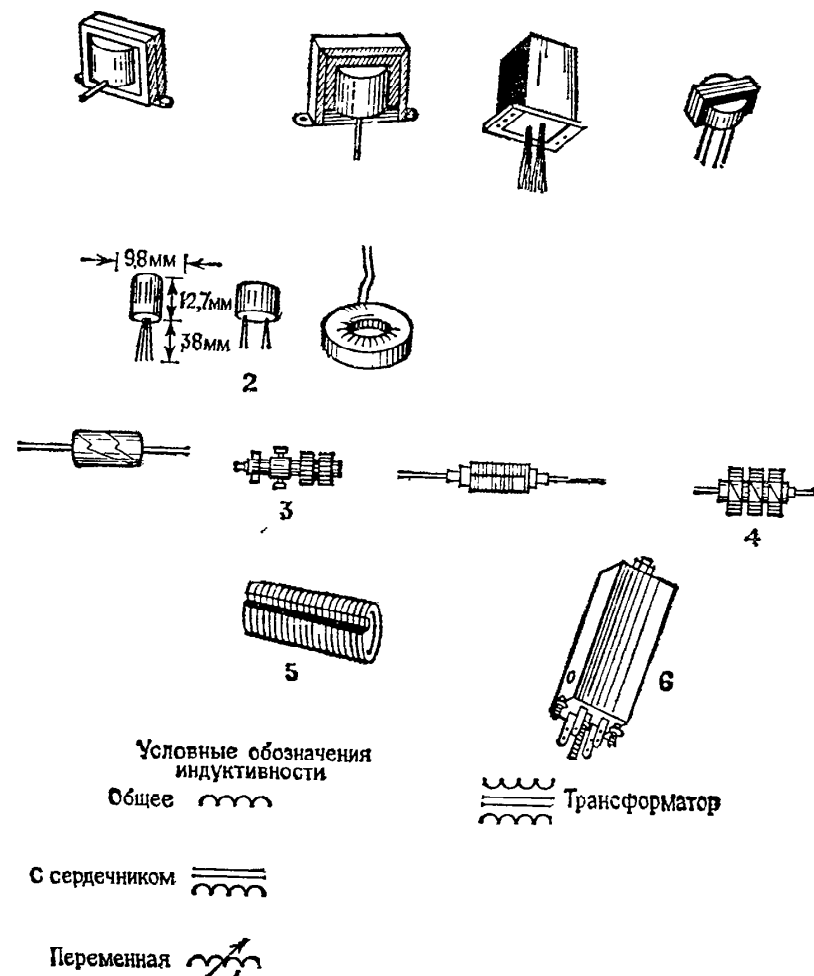


Рис. 3.4. Типы катушек индуктивности. 1 — дроссели фильтров, трансформаторы звуковой частоты, силовые трансформаторы (большое разнообразие размеров и форм), 2 — миниатюрные низкочастотные трансформаторы и дроссели, 3 — приборы с переменной индуктивностью, 4 — высокочастотный дроссель, 5 — высокочастотная катушка индуктивности без сердечника, 6 — трансформатор промежуточной частоты.

проводник, накапливается энергия. Основное свойство индуктивности состоит в том, что она оказывает сопротивление изменениям протекающего тока. Если в катушке индуктивности (приборе, обладающем индуктивностью) установлен определенный ток, то ее индуктивность будет противодействовать как умень-

шению, так и увеличению тока. В отличие от конденсатора, который пропускает переменный и не пропускает постоянный ток, катушка индуктивности свободно пропускает постоянный ток и оказывает сопротивление переменному току, потому что последний изменяется быстрее, чем может изменяться магнитное поле.

Основная единица измерения индуктивности — генри. На практике используются такие единицы, как миллигенри (мГн) — 1/1000 генри и микрогенри — 1/1 000 000 генри.

В зависимости от требуемой индуктивности и частоты, на которой должна работать катушка, она может иметь самые различные исполнения. Для высоких частот это может быть простая катушка из нескольких витков провода или катушка, намотанная на ферритовом (по существу представляющем собой порошкообразное железо) сердечнике. Для звуковых частот и частот осветительных электросетей катушка индуктивности обычно выглядит как ПЧ- или силовой трансформатор — она содержит много витков провода, намотанных на сердечник из стальных пластин. На рис. 3.4 показано несколько типов катушек индуктивности и их основные схемные обозначения.

Полупроводники

В проводниках, например в меди, электрический ток переносится электронами, которые могут почти беспрепятственно двигаться через атомную структуру материала. В диэлектриках, таких, как стекло, керамика или материал, используемый для монтажных плат, электроны прочно связаны в атомной структуре и ток не может течь, если атомная структура материала не будет разрушена очень высоким напряжением. Однако существует промежуточный класс материалов, называемых полупроводниками. В полупроводниках электроны в обычном состоянии не могут переносить электрический ток, но они удерживаются в атомной структуре не очень прочно и могут начать двигаться под действием относительно небольшого напряжения.

Чаще всего для изготовления современных полупроводниковых приборов применяется кремний. Чис-

тый кремний, основной химический элемент, входящий в состав обычного песка, является хорошим диэлектриком. Атом кремния имеет четыре электрона на внешних орбитах, или электронных оболочках, и пары электронов являются общими для внешних электронных оболочек соседних атомов. Это значит, что каждый атом кремния окружен восемью внешними электронами, которые прочно связаны с атомной структурой кремниевого кристалла.

Чтобы чистый кремний стал полупроводником, в его кристаллическую структуру добавляется тщательно контролируемое количество примесных атомов. Этот процесс называется легированием. Если, например, в качестве примеси используются атомы фосфора, химического элемента, на внешней электронной оболочке которого находится пять электронов, то лишний электрон (пять по сравнению с четырьмя в атоме кремния) не имеет постоянного места в кристаллической структуре материала. Поэтому легко оторвать дополнительный электрон со своего места и перемещать его по кристаллической структуре материала под действием напряжения в несколько десятых вольта. Такой кремний называется полупроводниковым материалом *n*-типа — отрицательного типа проводимости, или электронной проводимости (*n* сокращенно от *negative* — отрицательный).

Если же, с другой стороны, чистый кремний легировать примесными атомами, которые имеют на внешней оболочке меньше электронов (например, бором, у которого всего три валентных электрона), то получится полупроводник с недостатком электронов, называемый материалом *p*-типа — положительного типа проводимости, или дырочной проводимости (*p* сокращенно от *positive* — положительный). Такой материал быстро воспринимает избыточные электроны под действием напряжения несколько десятых вольта.

Диоды

Простейший полупроводниковый прибор представляет собой «сэндвич» из полупроводниковых материалов *p*- и *n*-типа с контактами, позволяющими соединить слои *p*- и *n*-типа с внешней цепью. Это и есть плоскостной полупроводниковый диод. Если положи-

тельный полюс батареи подключить к слою p -типа (он называется анодом), а отрицательный полюс к слою n -типа (катоде), то лишние электроны из области n -типа могут легко перемещаться на свободные места в области p -типа, в результате чего в структуре потечет большой ток. Он называется прямым током и может быть почти столь же велик, как ток в проводниках типа меди. Действительно, если этот ток не контролировать, то он может так возрасти, что диод разрушится. Когда положительный полюс батареи подключен к аноду, а отрицательный к катоду, то говорят, что диод смещен в прямом направлении.

Если выводы диода поменять местами, т. е. положительный полюс батареи подключить к катоду, а отрицательный полюс — к аноду, то через диод пойдет очень слабый ток. Это происходит потому, что область p -типа будет принимать электроны от отрицательного полюса батареи, а область n -типа — отдавать свои свободные электроны батарее, в результате чего установится электрическое равновесие, при котором область n -типа уже не может отдавать электроны и в области p -типа нет места для свободных электронов. Действительно, так как в области p -типа мало свободных электронов, а в области n -типа — свободных мест, или дырок, то при обратном смещении диода через него пойдет очень слабый ток. Этот ток называется током утечки или обратным током.

Итак, основной характеристикой полупроводникового диода является то, что он представляет собой очень малое сопротивление в режиме прямого смещения и очень большое в режиме обратного смещения. Если на диод подать переменное напряжение, то ток будет свободно течь через него во время одного полупериода (при прямом смещении), а во время второго полупериода (при обратном смещении) тока практически не будет. Благодаря этому полупроводниковый диод является очень хорошим выпрямителем, который может преобразовывать переменный ток в пульсирующий постоянный.

Хотя мы говорили о плоскостном диоде, диодный эффект можно получить, если привести в контакт очень тонкую проволочку (контактную пружину) с пластинкой полупроводникового материала p - или

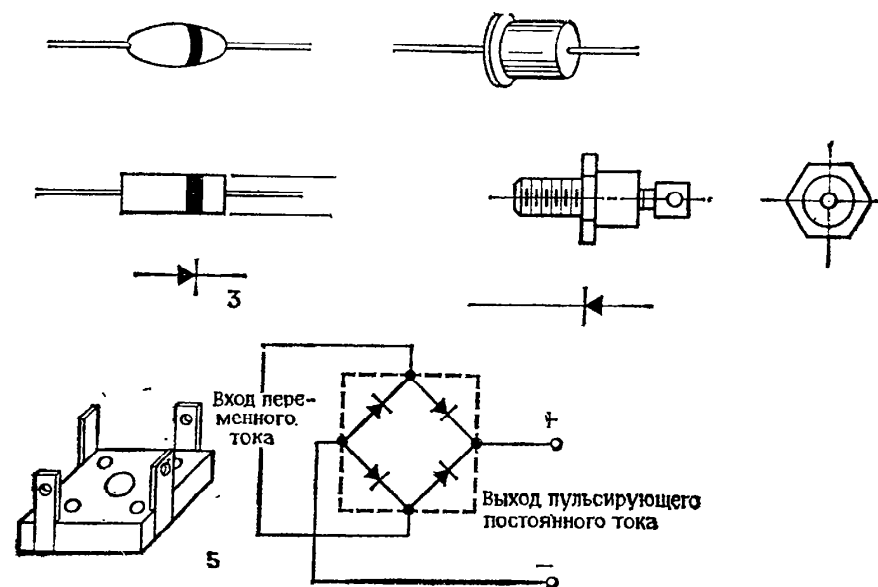
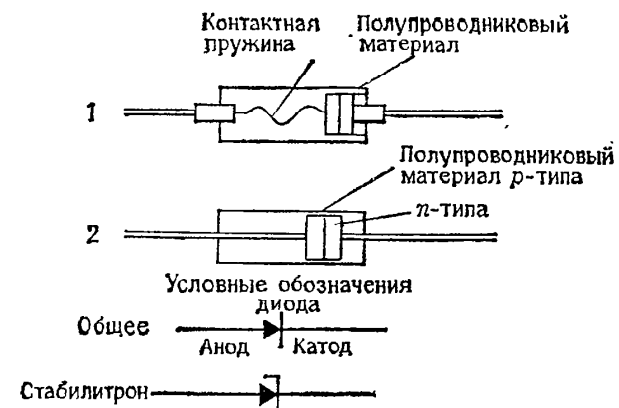


Рис. 3.5. Типы диодов. 1 — точечный диод, 2 — плоскостной диод, 3 — типичный внешний вид диода (или выпрямителя), цветные маркировочные полосы или одна полоса наносятся со стороны катода, 4 — мощный диод (выпрямитель), 5 — диодный выпрямительный мостик,

n-типа. Такой диод называется точечным и широко применяется в высокочастотных устройствах.

Существует много различных типов диодов. Некоторые из них применяются в качестве выпрямителей в источниках питания, другие служат выпрямителями и детекторами малых сигналов. В общем диоды характеризуются такими параметрами, как прямое напряжение (максимальное напряжение, которое может быть приложено в прямом направлении), обратное напряжение (максимальное напряжение, которое может быть приложено в обратном направлении, т. е. то напряжение, которое диод способен выдержать без пробоя) и максимально допустимый прямой ток.

На рис. 3.5 показаны основные конструкции плоскостных и точечных диодов, их графические схемные обозначения и некоторые типы диодных корпусов. Обратите внимание, что катоды большинства диодов маркируются цветной полоской, точкой или набором цветных полос, которые обозначают серийный номер прибора.

Транзисторы

Представьте себе, что к плоскостному диоду добавлен третий слой полупроводникового материала таким образом, что образовались два слоя *n*-типа, разделенные слоем *p*-типа. Тогда получится плоскостной транзистор. В сущности этот транзистор (называемый биполярным, потому что его действие основано на том, что электроны движутся в одном направлении, а дырки — в другом) представляет собой два встречно включенных плоскостных диода.

Каждый из этих трех слоев имеет свой контакт для подключения к внешней схеме. Контакт к одному из слоев *n*-типа называется эмиттером (так как он испускает электроны при работе транзистора). Контакт ко второму слою *n*-типа называется коллектором (так как он собирает электроны). Контакт к среднему слою *p*-типа называется базой транзистора.

При обычной работе такого транзистора, представляющего собой прибор *npn*-типа (два слоя *n*-типа разделены слоем *p*-типа), на коллектор подается положительное напряжение, на базу — положительное

же напряжение, но меньшей величины (как правило, около половины коллекторного напряжения), а отрицательные полюса обоих источников напряжения подключаются к эмиттеру. При таком включении эмиттер и база образуют прямосмещенный диод, поэтому можно ожидать протекания в цепи эмиттер — база большого тока. Коллектор и база включены как обратносмещенный диод, поэтому в этой цепи, казалось бы, должен быть очень малый ток или вообще не будет тока. Однако часть электронов, движущихся через промежуточный базовый слой *p*-типа, на самом деле проходит в коллектор и течет к источнику высокого напряжения, а не к источнику более низкого напряжения, подключенному к базе.

Поскольку коллектор смещен в обратном направлении, сопротивление цепи база — коллектор велико, однако ток, втекающий в эмиттер, и ток, вытекающий из коллектора, практически одинаковы, поэтому мощность в цепи коллектора значительно больше, чем в цепи эмиттера. Это следует из соотношения для мощности $P = I^2 R$. Таким образом получается выигрыш в мощности; этот эффект называется усилением.

Если понизить положительное напряжение на базе, то количество электронов, текущих от эмиттера к коллектору, уменьшится, так как уменьшится количество дырок, привлекающих электроны. Если напряжение на базе упадет до нуля или станет отрицательным по отношению к эмиттеру, то тока практически не будет, за исключением очень малого тока утечки, свойственного обратносмещенному диоду. Таким образом, небольшие изменения тока в базовой цепи в действительности управляют значительно большим током в цепи эмиттер — коллектор.

Если проводимости слоев в транзисторном «сэндвиче» заменить на противоположные (*p*-тип, *n*-тип, *p*-тип), то получим *pnp*-транзистор, который работает точно так же, только на его коллектор и базу нужно подавать отрицательные напряжения относительно эмиттера.

На рис. 3.6 показано несколько наиболее широко применяемых корпусов транзисторов. Обратите внимание на то, что, хотя выводы эмиттера базы и коллектора обозначены на рисунке одинаково, возможны

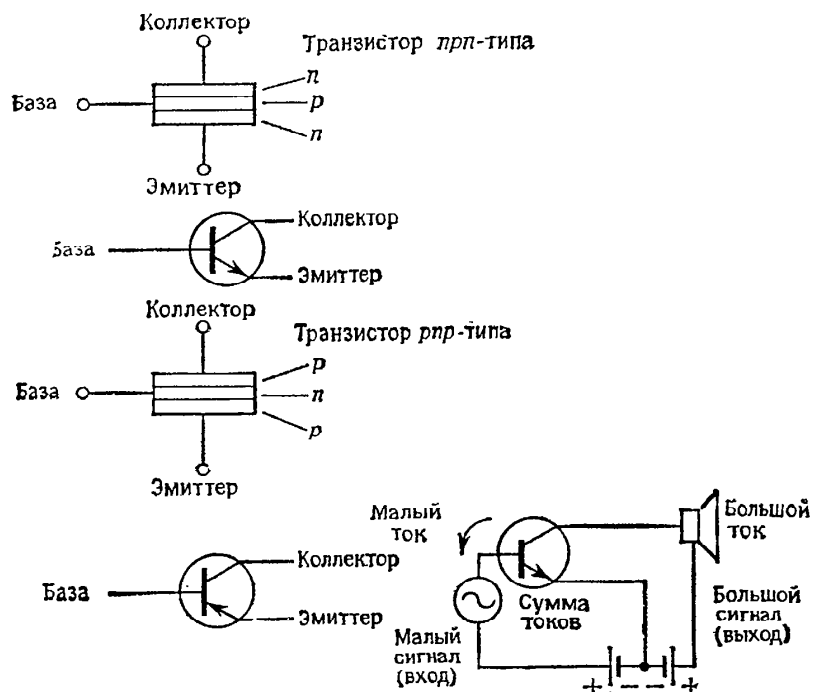
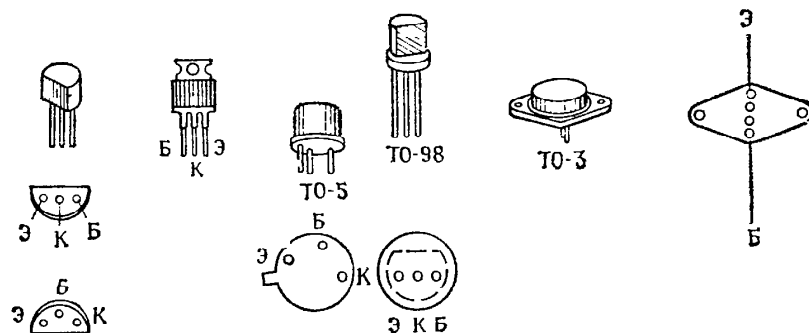


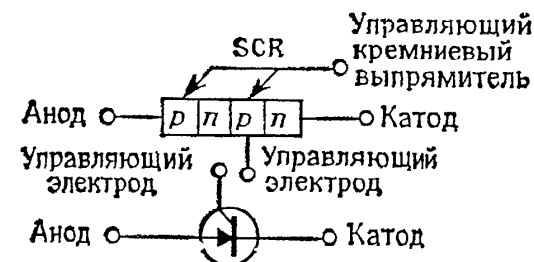
Рис. 3.6. Наиболее распространенные корпуса и типы транзисторов. Указано нормальное подключение источника питания для *pnp*-транзистора. Для *npn*-транзистора полярность батарей должна быть противоположной.

различные расположения. Поэтому, прежде чем заменить один транзистор на другой, нужно проверить его цоколевку по справочнику, либо по справочному листку. На рис. 3.6 также показаны основные структуры *pnp*- и *npn*-транзисторов и их схемные обозначения.

Рабочими характеристиками транзисторов являются коэффициент усиления, предельная частота, рассеиваемая мощность, предельно допустимые напряжения и токи. Чем больше корпус транзистора, тем большей мощностью он может управлять без вреда для себя.

Кремниевые управляемые выпрямители и симисторы

Кремниевые управляемые выпрямители (тиристоры) очень похожи на плоскостные транзисторы. Они представляют собой четырехслойные *pnpn*- или *npnp*-сэндвичи и имеют по три вывода: катод и анод (как у обычного диода) и управляющий электрод. Если



Симистор

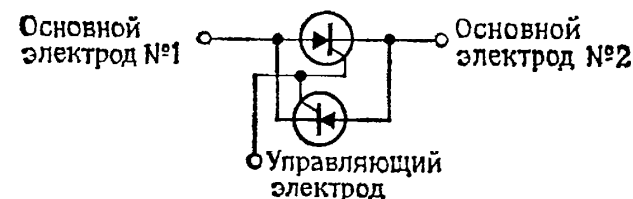


Рис. 3.7. Основные конструкции тиристоры. Симистор представляет собой два тиристора, включенных по приведенной схеме. У симисторов катод и анод называются соответственно основной электрод № 1 и основной электрод № 2.

такой прибор включить в схему, как обычный диод, т. е. подключить к катоду положительный полюс батареи, а к аноду отрицательный, то ток через него не потечет, пока на управляющий электрод не будет подано небольшое положительное напряжение. Когда тиристор начнет проводить ток в прямом направлении, его управляющий электрод перестанет влиять на его работу и тиристор будет проводить ток, пока этот ток не будет прерван внешним образом, т. е. не будет отключена батарея в цепи анод — катод, либо полярность включения батареи не изменится (плюс окажется на аноде, а минус — на катоде). Это значит, что если тиристор включить в цепь переменного тока, то он будет пропускать ток только в течение одного полупериода как обычный диод.

Тиристоры характеризуются допустимым напряжением, током и рассеиваемой мощностью. Они применяются во многих схемах в качестве ключей постоянного или переменного тока, управляемых небольшим напряжением в цепи управляющего электрода. Одна из разновидностей тиристора — симистор (триак), который представляет собой два описанных ранее прибора, включенных антипараллельно. Триак, включенный в цепь переменного тока, проводит ток во время обоих полупериодов. На рис. 3.7 показаны основные конструкции тиристорных, наиболее типичные корпуса и схемные обозначения тиристорных и триаковых.

Интегральные схемы

Интегральная схема (ИС) представляет собой пластину кремния, на которой выращено некоторое количество транзисторов, диодов, резисторов и конденсаторов небольшой емкости. Цифровые интегральные схемы, подобные тем, что применяются в компьютерах и логических схемах, выполняют функции логических вентилях, триггеров, делителей частоты, запоминающих устройств и даже целых микроконтроллеров на одном кристалле. В их число входят СИС (микросхемы среднего уровня интеграции) БИС (большие интегральные схемы) содержащие более 1000 элементов и даже тысячи транзисторов на одном кристалле.

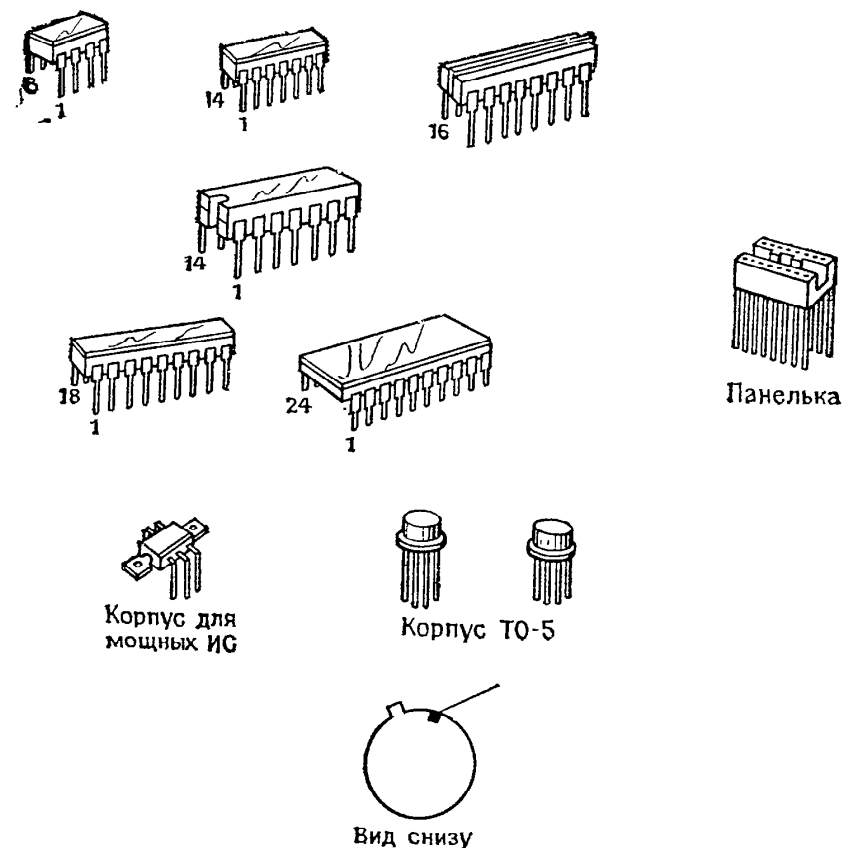


Рис. 3.8. Наиболее часто применяемые корпуса интегральных схем. Приведены различные варианты корпусов с двухрядным расположением выводов (DIP). Обычно 1-й вывод маркируется углублением или выпуклой точкой либо проточкой на том конце, где расположены первый (вывод № 1) и последний выводы. Панелька для интегральных схем предназначена для монтажа накруткой (обратите внимание на длинные выводы). Корпус с металлическими ушками для мощных ИС (применяется для некоторых усилителей низкой частоты и стабилизаторов напряжения). У корпуса TO-5 обычно вывод № 1 независимо от общего их числа расположен справа от выступа. Последний вывод расположен либо непосредственно около выступа, либо левее него.

Линейные интегральные схемы выполняют функции низкочастотных или высокочастотных усилителей, стабилизаторов напряжения и даже могут содержать всю активную часть АМ/ЧМ-радиоприемника в одном корпусе. Линейные ИС могут включать в себя

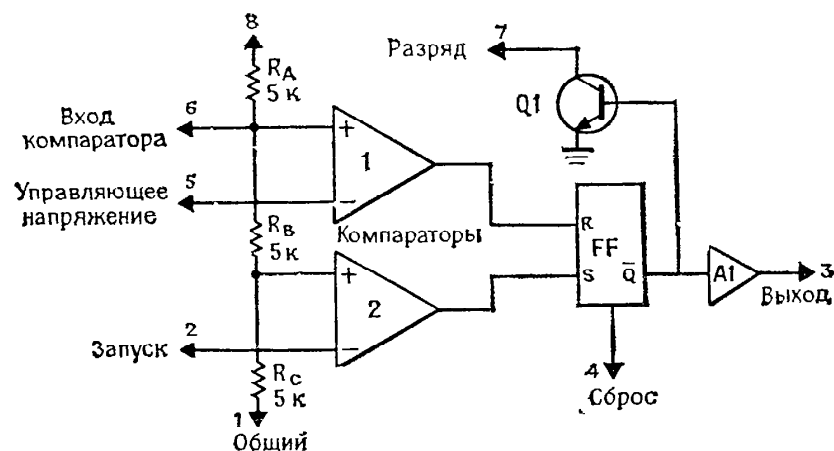


Рис. 3.9. Блок-схема ИС 555.

транзисторные или диодные сборки, подключенные к выводам микросхемы, чтобы конструктор при необходимости мог их использовать. На рис. 3.8 показаны наиболее часто применяемые корпуса микросхем.

Все предлагаемые в этой книге электронные схемы выполняются на основе интегральной схемы 555 или ее разновидностей. Хотя обычно ее называют таймером, но она может работать и как генератор звуковой и высокой частоты. Большинству таймерных ИС присущи недостатки, которые ограничивают их рабочую частоту или период колебаний и даже в лучшем случае обеспечивают ограниченную стабильность параметров.

В таймерных схемах можно, например, использовать однопереходные и биполярные транзисторы, но и таким схемам будет свойственна недостаточная стабильность частоты и периода из-за изменений напряжения питания. Обычно таймер, параметры которого меняются с уменьшением напряжения батареи, просто не годится. Интегральная микросхема таймера 555 была первой в новом поколении микросхем, которые довольно успешно решают эту задачу. При работе ИС 555 используется отношение напряжения питания и некоторых напряжений на выводах ИС (т. е. напряжение запуска всегда составляет определенную часть напряжения питания).

Микросхема 555 не относится к биполярным ИС, ТТЛ-схемам или КМОП-схемам, однако совместима с этими сериями логических микросхем. Она работает в диапазоне напряжений питания от $+4,5$ до $+15$ В. Эта ИС поступает в продажу в восьмивыводном миниатюрном корпусе с двухрядным расположением выводов, а ее удвоенный вариант (ИС 556) — в 14-выводном двухрядном корпусе. Широко распространенная микросхема 555 выпускается до сих пор и в настоящее время стоит очень дешево. Некоторые фирмы сегодня выпускают маломощные КМОП-варианты этой ИС.

На рис. 3.9 показана функциональная схема ИС 555. Основные ее каскады — это управляющий RS-триггер, два компаратора, разрядный транзистор Q1 и инвертирующий усилитель AI.

Принцип действия компаратора можно охарактеризовать так: это «усилитель с очень большим усилением». Компаратор подобен операционному усилителю без резистора обратной связи. При этом усиление операционного усилителя с разомкнутой обратной связью и есть усиление компаратора. Типовой коэффициент усиления компаратора составляет от 20 000 до более 1 000 000 в зависимости от качества операционного усилителя. Когда напряжение между инвертирующим и неинвертирующим входами равно нулю, напряжение на выходе компаратора также равно нулю. Если же это дифференциальное напряжение не равно нулю, то на выходе компаратора устанавливается максимальное положительное (или отрицательное) напряжение. Как только дифференциальное входное напряжение превысит несколько милливольт, благодаря высокому коэффициенту усиления компаратор перейдет в режим насыщения, поэтому на его выходе возможны только два состояния — нулевое (с низким напряжением) и максимальное (с высоким напряжением). В большинстве цифровых интегральных схем компараторы предназначены для того, чтобы обрабатывать только нулевое и однополярное высокое напряжение (обычно положительное). Хотя это и накладывает некоторые ограничения на допустимую полярность входного напряжения, но больших трудностей при этом не встречается. В ИС 555 на

входах компараторов действуют только однополярные напряжения, поэтому проблем нет.

Транзистор разряда Q1 предназначен для разряда времязадающего конденсатора в конце каждого цикла. Обратите внимание, что транзистор Q1 включен по схеме с открытым коллектором, а это означает, что для его работы нужна внешняя схема. Смещение на компараторы подается от последовательного делителя напряжения R_A , R_B и R_C . Напряжение, которое подается на инвертирующий вход компаратора C1, равно $\frac{2}{3}$ напряжения питания, в то время как на входе компаратора C2 оно равно $\frac{1}{3}$ этого напряжения. Напряжение на C1 называется управляющим напряжением, а напряжение на C2 определяет напряжение запуска. Поэтому работа таймера 555 определяется отношением напряжений, заданным делителем, а не абсолютной величиной напряжения.

Таймер 555 дает возможность выбора любых временных интервалов от микросекунд до минут. Поскольку работой таймера управляет простая RC-схема, ее рабочий диапазон ограничен только подбором этих резисторов и конденсаторов.

Инвертирующий усилитель на выходе ИС 555 не имеет открытого коллектора, поэтому его выходными сигналами являются импульсы с нулевым уровнем напряжения (низкий уровень) и с напряжением, равным напряжению питания (высокий уровень). Выход таймера согласуется с ТТЛ ИС, если его напряжение питания равно +5 В или на его выходе применено специальное устройство преобразования импульса с произвольными уровнями в импульс с ТТЛ-уровнями (например, транзистор, включенный по схеме эмиттерного повторителя).

Измерения в электронике

Большинство электронных схем, описанных в этой книге, можно собрать из дешевых и легко доступных компонентов. Их легко проверить и настроить при помощи нескольких простых электронных измерительных приборов. Один из необходимых приборов — это мультиметр, который иногда называют ампер-вольт-омметром (авометром), цифровой мультиметр и т.д.

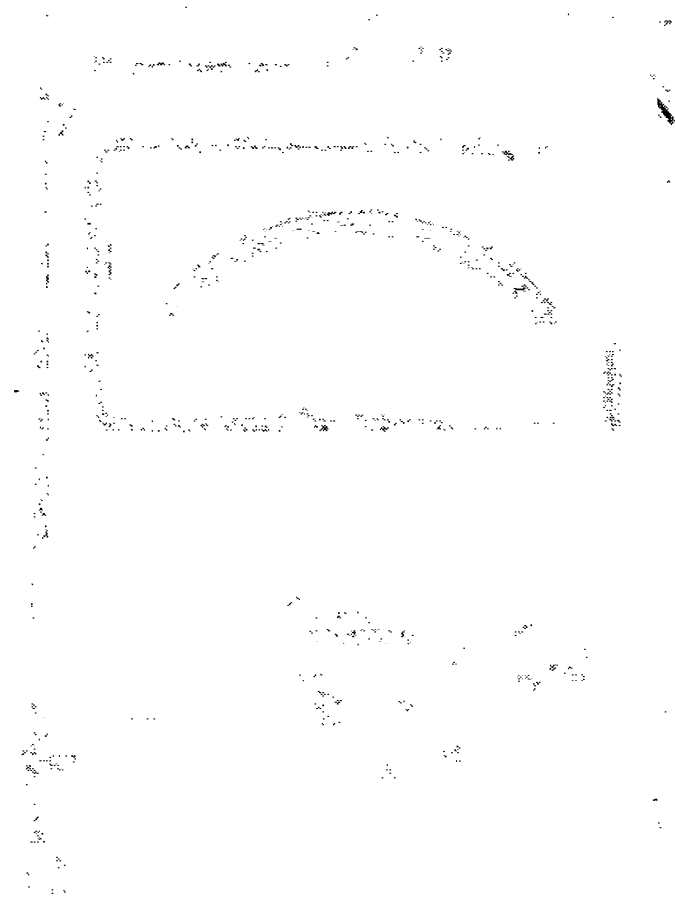


Рис. 3.10. Основная модель мультиметра (авометр).

некоторых случаях ламповый вольтметр. Один из типов авометра показан на рис. 3.10.

Любой мультиметр способен выполнять разнообразные электрические измерения во всевозможных электронных схемах. Редкий день проходит без того, чтобы техник по обслуживанию электронной аппаратуры, инженер или экспериментатор не воспользовались таким прибором. К сожалению, некоторые экспериментаторы не умеют в полной мере использовать его возможности, поскольку не понимают до конца, на что способен этот прибор.

Наиболее простой мультиметр представляет собой аналоговый мультиметр-вольт-омметр-амперметр (авометр) со

стрелкой, движущейся по калиброванной шкале. На рис. 3.11 показана лицевая панель одного из наиболее популярных авометров. Верхняя шкала показывает электрическое сопротивление в омах. Обратите внимание на то, что основная шкала омметра откалибрована от нуля в правой части через 2 кОм (2000 Ом) до знака бесконечности (∞) в левой части. Заметьте также, что отсчет по шкале омметра выполняется в противоположном направлении, чем на других шкалах, — максимальное значение сопротивления находится слева, тогда как значения на других шкалах растут вправо. Когда на переключателе «функция/диапазон» мультиметра (он может быть отдельным или совмещенным) установлено положение $R \times 1$ (R означает сопротивление), сопротивление

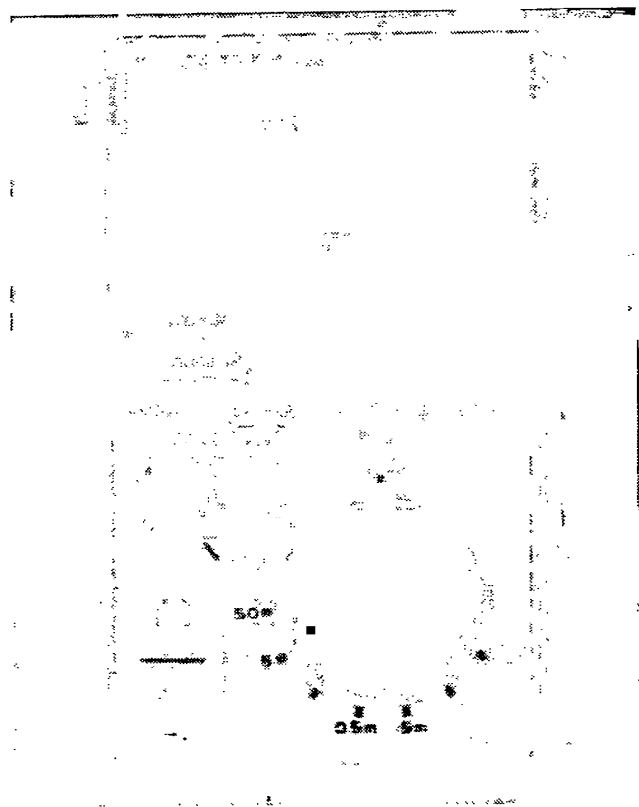


Рис. 3.11. Высококачественный мультиметр.

отсчитывается непосредственно по шкале. Когда переключатель стоит в положении $R \times 10$, достаточно умножить отсчет на 10 и показание в левой части шкалы соответствует 20 кОм (20 000 Ом). Авометры обладают несколькими диапазонами измерения сопротивлений, обычно это $R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1000$ (или $R \times 1k$) и $R \times 10k$ (10 000), хотя возможны и другие шкалы.

У приборов, показанных на рис. 3.10 и 3.11, имеются отдельные шкалы с пределами измерения 0—10, 0—50 и 0—150 для постоянного тока (для источников питания) и точно такие же три шкалы для переменного тока (звуковой частоты или частоты бытовой электрической сети). Эти шкалы используются как для измерения напряжений (в вольтах), так и для измерений токов (в миллиамперах). Заметьте, что на переключателях «функция/диапазон» авометров пределы измерения либо указаны непосредственно, либо нужно проделать простые арифметические вычисления в уме, чтобы получить показание. Например, если переключатель стоит на пределе измерения 250 В постоянного тока, то по шкале 250 прямо считывается напряжение в вольтах. Если же на переключателе установлен предел 25 В, то можно использовать шкалу 250 В, перенося в уме десятичную запятую. Таким образом, шкала 250 В одновременно соответствует и диапазону 25 В. Эти замечания относятся и к измерениям токов. Если измерительный прибор, к примеру, имеет на переключателе диапазонов положение 10 А, то можно использовать шкалу 0—10 и непосредственно считывать показание прибора. Если на приборе установлен предел измерения 50 мА (миллиампер), то надо использовать шкалу 0—50, а на пределе измерения 5 мА можно использовать ту же шкалу, снова перенося в уме запятую.

Посмотрите на рис. 3.11 и обратите внимание на то, что у прибора есть еще две дополнительные шкалы. Одна обозначена только как 2,5 В переменного тока (АС). Это означает, что его можно использовать только тогда, когда переключатель установлен в положение 2,5 В переменного тока. Другая шкала обозначена dB (это децибелы, которые обычно сокращенно обозначаются аббревиатурой дБ).

Децибел — это логарифмическая единица, которая часто используется в звукоусилительной технике. Как показано в нижней части лицевой панели прибора, нуль по шкале децибел соответствует мощности 0,01 Вт, измеренной на нагрузке 600 Ом. Такая единица измерения применяется потому, что чувствительность человеческого уха к изменению звуковой мощности — логарифмическая. Изменение уровня мощности на 1 дБ воспринимается человеком как едва различимое изменение в воспринимаемой громкости.

Отсчет мощности в децибелах осуществляется по формуле $P(\text{дБ}) = 10 \lg(P_2/P_1)$, где P_1 и P_2 — два уровня мощности на одинаковом активном или полном сопротивлении.

У некоторых авометров есть только два гнезда, в которые вставляются концы измерительных проводов. У таких приборов выбор измеряемой величины и диапазона измерения производится при помощи переключателя. У других приборов может быть несколько гнезд, например, одно для измерения токов, другое для напряжений. При измерениях будьте внимательны и вставляйте провода в соответствующие гнезда.

Точность авометров или простейших мультиметров определяется качеством и погрешностью подвижной части мультиметра и масштабных резисторов, которые применяются для выбора различных диапазонов. Различия в стоимости между дешевыми любительскими приборами, профессиональными авометрами и лабораторными измерительными приборами в значительной степени определяются разницей в цене между стандартными и прецизионными компонентами. Многие недорогие мультиметры обеспечивают точность измерений от 2 до 10 %. Хорошие профессиональные приборы имеют точность от 1,5 до 2 % на постоянном токе и от 3 до 5 % на переменном. Большинство измерений, которые придется делать при работе со схемами, описанными в этой книге, не требуют такой точности, которой не мог бы обеспечить недорогой мультиметр.

Есть еще один близкий тип мультиметра, который становится все доступнее и дешевле, — это цифровой мультиметр. Имея практически такие же пределы измерений, как и обычный аналоговый авометр, цифро-

вой мультиметр отображает измеряемые величины на многозначном светодиодном индикаторе (собранный на светодиодах с красным цветом излучения) или жидкокристаллическом индикаторе, который отображает темные цифры на несветящемся глянцевом фоне. Цифровой мультиметр позволяет более легко и точно считывать результаты измерений, поэтому его целесообразно приобрести, если вы всерьез занимаетесь электроникой. Однако, вероятно, не стоит тратить деньги на цифровой мультиметр, если вы занимаетесь электроникой от случая к случаю или начинаете работу, располагая ограниченными средствами. Вы успеете приобрести его впоследствии.

Существует еще один вид мультиметра — ламповый вольтметр. Такой тип прибора обычно имеет более широкий диапазон измерений переменного и постоянного напряжений, чем авометр (в таком приборе нет необходимости, если есть цифровой мультиметр, который в настоящее время пришел на смену ламповым вольтметрам), более широкий диапазон измерения сопротивлений, однако, как правило, не позволяет измерять ток. Основное преимущество лампового вольтметра перед аналоговым мультиметром состоит в том, что он имеет значительно более высокое входное сопротивление и не нагружает некоторые чувствительные цепи при измерениях. Недостаток такого прибора — это наличие электронных ламп, которые требуют прогрева перед работой. Существует прибор, называемый транзисторным вольтметром. Практически это то же самое, что и ламповый вольтметр, только вместо ламп в нем применяются транзисторы, и поэтому ему не нужно время на прогрев.

Предосторожности при работе с мультиметром

При работе с мультиметром, в особенности с аналоговым авометром, нужно всегда внимательно выбирать предел измерения. Например, если схема работает от 9 В-батареи, то можно не сомневаться в том, что работа на 10 В-пределе измерения безопасна. Однако если максимальное напряжение или ток в цепи заранее не известны, то следует начинать измерение с самого большого предела измерений

мультиметра. Увидев показания прибора, вы получите представление об измеряемой величине и можете выбрать правильный предел измерений. Аналоговый измерительный прибор дает наиболее точные показания в середине шкалы, а при измерении сопротивлений — в правой части шкалы.

Если установить на приборе предел измерений 10 В и подключить его щупы к схеме с напряжением 100 В, то прибор моментально зашкалит и при этом может погнуться стрелка или сгорят внутренние резисторы. Гарантийное обязательство изготовителя не распространяется на приборы, вышедшие из строя из-за подобных перегрузок, а ремонт прецизионного прибора может оказаться весьма дорогостоящим. Никогда не подключайте мультиметр, подготовленный к измерению сопротивлений, к схеме, находящейся под напряжением. Такое подключение может вывести из строя цепь омметра и даже механизм измерительного прибора.

Когда мультиметр установлен в режим измерения тока (в амперах, миллиамперах или микроамперах), будьте очень внимательны при включении щупов в схему, так как при измерении тока прибор представляет собой почти короткозамкнутую цепь. Поэтому, если подключить его к мощной батарее или источнику питания, то он просто сгорит. Если же подключить его параллельно некоторому чувствительному компоненту, то можно вывести из строя и прибор и компонент. Более подробное описание измерений тока приведено ниже в этой главе.

Чтобы выполнять мультиметром точные измерения, нужно уметь делать несколько простых регулировок. На измерительной головке аналогового авометра имеется небольшая головка винта со шлицем. Обычно она расположена там, где должен находиться нижний конец стрелки измерительного прибора. Это винт механической установки нуля. Сразу после покупки авометра, а также в ходе его эксплуатации время от времени внимательно проверьте, где находится стрелка, когда авометр не соединен с внешней цепью. Стрелка должна указывать точно на нуль шкал переменного и постоянного тока (либо на знак ∞ на шкале омметра). Если она смещена, то возь-

мите маленькую отвертку и осторожно поверните винт механической установки нуля (обычно против часовой стрелки, когда нужно сместить стрелку прибора влево, и по часовой стрелке, когда ее нужно сместить вправо) до тех пор, пока стрелка не окажется точно в нуле. Будьте осторожны, так как слишком большой поворот может повредить механизм прибора.

При измерении авометром сопротивлений необходимо производить настройку шкалы омметра при помощи ручки установки нуля на передней панели. Для этого установите нужный предел измерений и соедините щупы друг с другом. Стрелка установится в районе правого края шкалы. Не размыкая щупов, поверните ручку так, чтобы стрелка указывала точно нуль. Теперь прибор откалиброван и можно производить измерения сопротивлений. Ручка установки нуля омметра может быть и у цифрового мультиметра (но иногда ее не бывает).

Если придется работать с ламповым или транзисторным вольтметром, то нужно выполнять электрическую настройку нуля при помощи ручек на передней панели. Делается это следующим образом. Включите прибор и дайте ему прогреться одну-две минуты. Затем выберите нужный предел измерений и, замкнув щупы, вращайте ручку настройки, пока стрелка не встанет точно в нуль. Для измерения сопротивлений ламповым вольтметром также нужно настраивать шкалу омметра по максимальному пределу (∞). Для этого выберите нужный предел измерения, соедините щупы и установите при помощи ручки стрелку на нуль. Затем разомкните щупы и при помощи ручки «калибровка омметра» установите стрелку точно на отметку ∞ на шкале прибора. Регуляторы «установка нуля» и «калибровка омметра» взаимосвязаны, поэтому эти две операции надо повторить несколько раз, пока прибор не будет показывать точный нуль при замкнутых щупах и ∞ при разомкнутых.

Измерение сопротивлений

Сопротивление в омах обратн пропорционально току который течет через данный материал, когда к нему приложено заданное напряжение Чем меньше

сопротивление, тем больше ток при заданном напряжении. Электрическая цепь или некоторый ее компонент имеет сопротивление 1 Ом, если при приложенном напряжении 1 В в ней течет ток 1 А. По существу это можно выразить в виде одной из трех форм закона Ома: $E = IR$, $R = E/I$, или $I = E/R$.

Здесь E — напряжение в вольтах, I — ток в амперах и R — сопротивление в омах. Обратите внимание, что мы обычно будем иметь дело с токами зна-

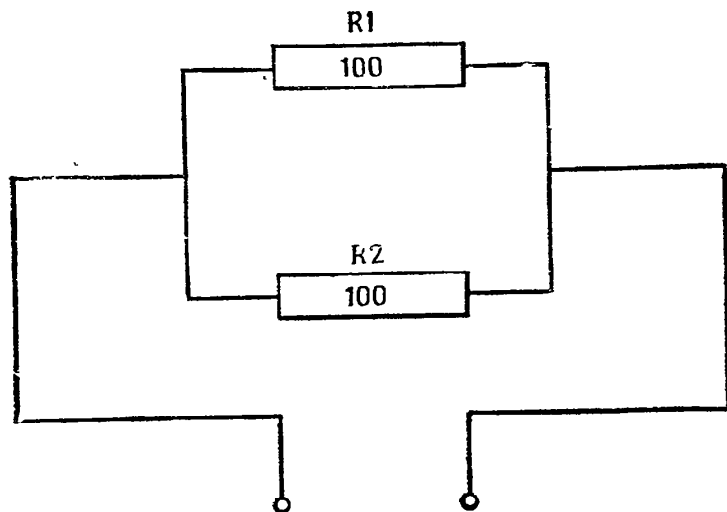


Рис. 3.12. Простая схема из соединенных параллельно резисторов. Для двух резисторов общее сопротивление определяется формулой $R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$.

чительно меньше 1 А, которые измеряются в миллиамперах (0,001 А) или микроамперах (0,000001 А), однако эти выражения всегда справедливы, если единицы выбраны правильно.

Чтобы облегчить построение электронных схем, существуют специальные компоненты, называемые резисторами, каждый из которых имеет определенное сопротивление, например 1 Ом, 10 Ом, 1 кОм или 1 МОм.

На рис. 3.12 показаны два резистора с сопротивлением по 100 Ом каждый. Если щупы мультиметра, установленного в режим измерения сопротивлений, подключать к каждому из резисторов по отдельности (разумеется, предварительно настроив его на нуль),

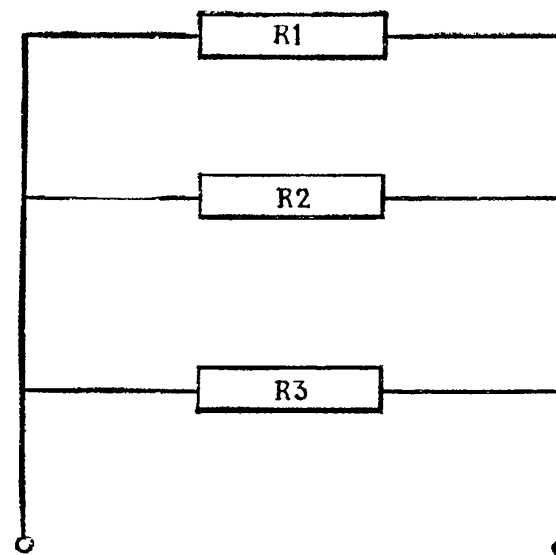


Рис. 3.13. Параллельное соединение трех резисторов. Для нескольких параллельных резисторов общее сопротивление определяется формулой $R = (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n)^{-1}$. В данном случае $R = (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)^{-1}$.

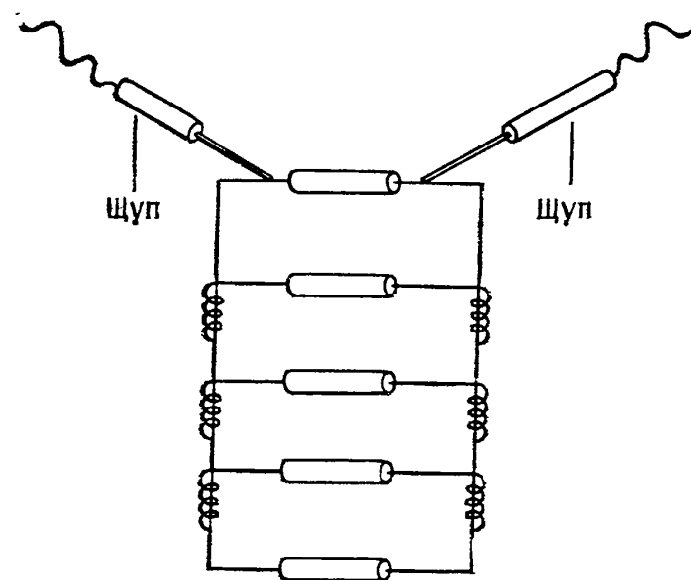


Рис. 3.14. Измерение сопротивления параллельных резисторов.

то он покажет сопротивление 100 Ом. Но если два резистора соединены параллельно, как показано на рис. 3.12, то общее сопротивление окажется меньше, чем сопротивление каждого резистора, в данном случае оно составит 50 Ом. Дело в том, что каждый из резисторов оказывает одинаковое сопротивление протекающему току, и поэтому ток разделится между ними.

Основная формула, определяющая полное сопротивление двух резисторов, соединенных параллельно, выглядит так: $R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$, где R_1 и R_2 — сопротивления резисторов в омах.

Следует запомнить, что при измерении сопротивления в схеме и подключении щупов к резистору, сопротивление которого предположительно составляет 100 Ом, в схеме могут оказаться другие компоненты, подключенные параллельно этому резистору, и в результате измеренное сопротивление будет меньше ожидаемого. В некоторых случаях необходимо бывает отключить один вывод резистора или другого схемного компонента от схемы, а уже затем измерять величину его сопротивления. Иногда может понадобиться измерить полное сопротивление в некоторой точке схемы.

На рис. 3.13 показаны три резистора, соединенные параллельно. Их общее сопротивление можно вычислить по формуле $R = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$, где R_1 , R_2 и R_3 — сопротивления этих трех резисторов. Эта же формула справедлива для двух резисторов (если отбросить R_3), а также для любого числа резисторов, соединенных параллельно (надо добавить в знаменатель $1/R_4$, $1/R_5$, $1/R_6$ и т. д.).

На рис. 3.14 показано, как надо подключать щупы мультиметра при измерении сопротивления схемы, со-

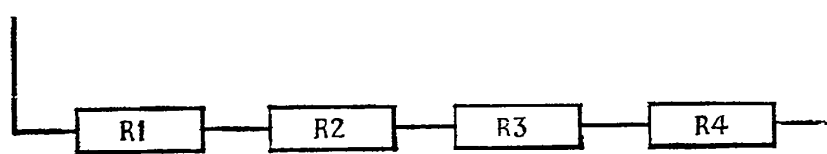


Рис. 3.15. Последовательное соединение резисторов $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$. Эта цепочка резисторов может продолжаться дальше.

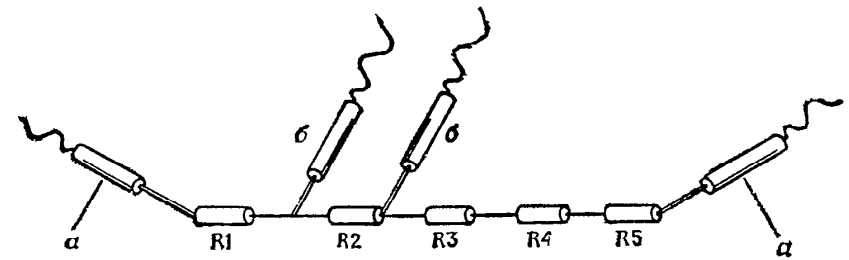


Рис. 3.16. Измерение сопротивления отдельных резисторов в последовательной схеме. а — положение щупов при измерении общего сопротивления схемы, б — положение щупов при измерении сопротивления резистора R_2 .

стоящей из соединенных параллельно резисторов. Щупы можно подключить к любому из резисторов цепи, один щуп к одному выводу, другой — к другому выводу. Измеренное сопротивление в любом случае будет одинаково.

Когда резисторы соединяются последовательно, их сопротивления суммируются. На рис. 3.15 показана схема из четырех последовательных резисторов. Каждый резистор имеет сопротивление 10 Ом, следовательно, полное сопротивление составляет 40 Ом.

Формула для определения полного сопротивления резисторов, соединенных последовательно, имеет вид $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

На рис. 3.16 показано подключение щупов при измерении полного сопротивления схемы из последовательно соединенных резисторов. Показано также измерение сопротивления отдельного резистора такой цепочки. Точно так же можно измерить сопротивление нескольких отдельных резисторов цепочки, не отключая их, как это требовалось при параллельном соединении.

Хотя это не касается измерений при помощи мультиметра, но следует упомянуть о том, что рассеиваемые мощности резисторов складываются как при параллельном, так и при последовательном соединении резисторов. Например, 10 одноваттных резисторов будут иметь полную рассеиваемую мощность 10 Вт как при том, так и при другом способе их соединения.

На рис. 3.17 показаны резисторы, соединенные по последовательно-параллельной схеме. Это более

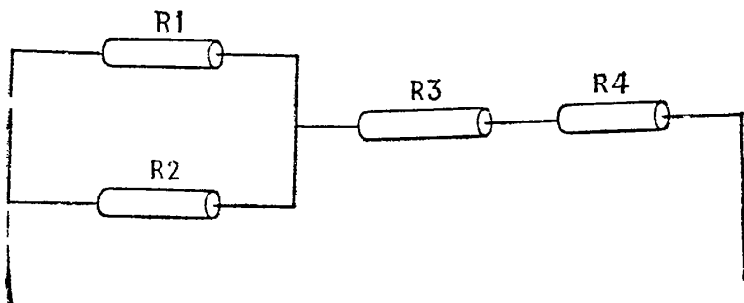


Рис. 3.17. Параллельно-последовательная схема $R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2) + R_3 + R_4$.

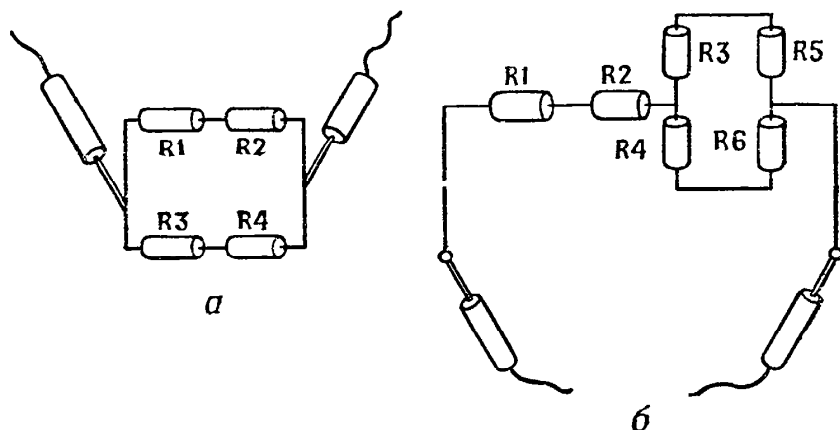


Рис. 3.18. Измерения сопротивлений в последовательно-параллельной схеме. *а* — две схемы включены параллельно, *б* — две схемы соединены последовательно.

сложный случай соединения резисторов, когда схема состоит из двух отдельных участков. Один из них составлен из двух параллельных резисторов, а другой — из двух последовательных. Обе эти схемы соединены затем в последовательно-параллельную комбинацию. Очень просто вычислить общее сопротивление такой схемы, если рассматривать каждую из ее составных частей по отдельности. Нужно сначала вычислить полное сопротивление каждого участка, а затем определить, как они соединены между собой. На рис. 3.18 показаны два возможных варианта. В варианте *а* две схемы соединены параллельно, в варианте *б* — последовательно. Обе такие схемы являются последовательно-параллельными.

Полное сопротивление каждой из схем можно быстро и точно измерить мультиметром. При этом опадает необходимость делать расчеты для определения полного сопротивления по сопротивлениям каждого из резисторов. На рис. 3.18 показано правильное подключение щупов омметра для определения полного сопротивления схемы. Такое измерение обычно очень точно соответствует результату, получаемому при расчетах по формулам.

На точность измерения сопротивления могут влиять другие компоненты электронных схем. Если параллельно резистору включен трансформатор, то измеренное сопротивление будет близко к нулю независимо от параметров трансформатора. Полупроводниковый или выпрямительный диод, подключенный параллельно резистору, дает очень маленькое значение сопротивления при определенной полярности подключения омметра. При обратной полярности измеренное сопротивление будет близко к номиналу резистора. Если нужно определить сопротивление отдельного компонента или отдельной схемы, входящей в состав более сложной схемы, то перед измерением их нужно изолировать.

Омметр очень удобен для контроля исправности полупроводниковых диодов и выпрямителей. Подключите омметр к выводам диода. Вы получите или очень большое или очень малое сопротивление (обычно менее 10 Ом, однако для маломощных диодов оно может быть и несколько больше). Поменяв местами красный и черный щупы, вы получите для исправного диода прямо противоположное сопротивление (большое сопротивление, если первоначальное было малым, и низкое сопротивление, если первоначальное было большим).

Измерение напряжений

Чтобы точно измерить мультиметром постоянное напряжение, нужно переключатель «функция/диапазон» поставить в соответствующее положение. Черный вывод или щуп при этом будет отрицательным или общим полюсом, красный — положительным. Многие блоки электронного оборудования, смонтированного

на металлическом шасси, используют это шасси в качестве земляного контакта. Поэтому, подключив к шасси черный щуп, можно положительным щупом касаться различных контактов схемы, точно измеряя напряжения в них. Обратите внимание на то, что в некоторых электронных схемах контакт находится

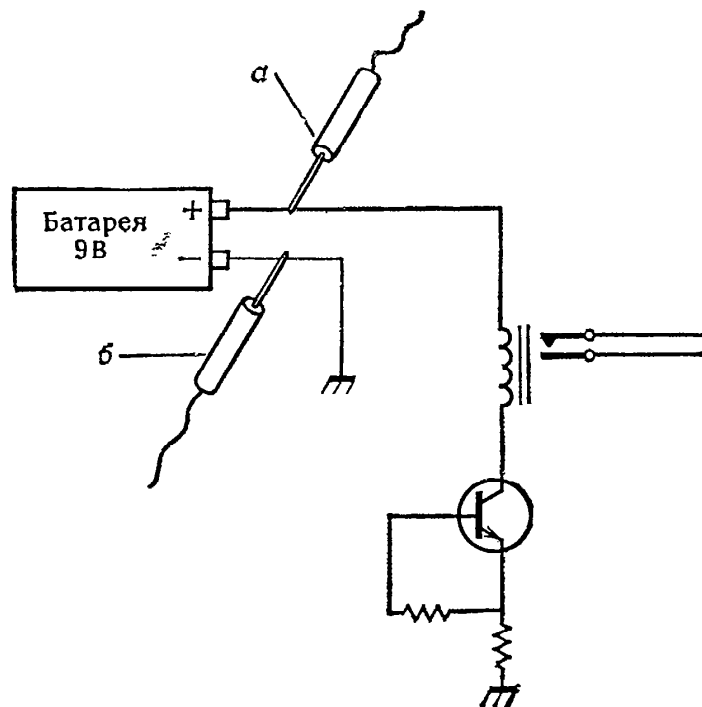


Рис. 3.19. Основная схема измерения напряжения. *a* — положительный щуп вольтметра (красный), *b* — отрицательный щуп вольтметра (черный).

под положительным напряжением. Это значит, что все точки, в которых измеряются напряжения, будут отрицательными по отношению к шасси.

На рис. 3.19 показана схема с электропитанием от 9 В-батареи. Отрицательный щуп авометра подключен к отрицательному полюсу батареи, соединенному с землей схемы. Вольтметр должен быть установлен на диапазон напряжений не менее 9 В (для этого лучше всего подходит 10 В или 15 В диапазон, который есть почти у всех мультиметров). Может

возникнуть необходимость уменьшить предел измерения до 5 В или близкого к этому значения, так как в некоторых точках напряжение может быть меньше из-за влияния различных резисторов. Естественно, что в схеме с одним батарейным источником питания не может быть напряжений, превышающих напряжение батареи. После подключения отрицательного щупа и установки предела измерений очень просто с помощью второго щупа измерить напряжение в различных точках схемы.

Вольтметр постоянного тока имеет очень высокое входное сопротивление и поэтому очень слабо влияет на схему, к которой он подключается. Его высокое внутреннее сопротивление эквивалентно подключению к контактам схемы резистора такого же сопротивления. При этом через вольтметр течет очень малый ток. В схеме вольтметра этот ток считается и преобразуется в показание на шкале прибора. Легко видеть, что в большинстве схем измерение напряжения не может вызвать их повреждений, если только случайно не вызвать короткого замыкания, коснувшись металлическим кончиком щупа сразу двух разных контактов схемы.

Еще одно напоминание об осторожности: измеряя схемы, находящиеся под высоким напряжением (100 В и более), всегда подключайте отрицательный щуп к отрицательному узлу схемы или к шасси таким образом, чтобы не нужно было держать его рукой. Положительный щуп держите в той руке, которой удобнее работать, а свободную руку спрячьте в карман. Если, к примеру, левая рука касается металлического шасси прибора (которое является землей схемы), а правая рука с положительным щупом случайно коснется источника высокого напряжения в приборе, то высоковольтная цепь замкнется через руки, грудную клетку и сердце.

Сильный электрический удар часто парализует сердечную мышцу и сердце перестанет биться. Если поблизости не окажется никого, кто бы мог сделать непрямой массаж сердца, то вы можете погибнуть. Если же при любых измерениях напряжений держать одну руку в кармане, то электрический удар будет ограничен одной стороной тела и не пройдет через

сердечную мышцу. При этом значительно уменьшается вероятность серьезного поражения.

Измеряя напряжения различных источников в электронной аппаратуре, вы увидите, насколько они различны. Внутренние сопротивления отдельных компонентов схемы рассчитаны таким образом, чтобы уменьшить напряжение до уровня, нужного для работы других компонентов. Во многих схемах в одних и тех же проводах и компонентах присутствуют одновременно как переменное, так и постоянное напряжение. Эти напряжения могут иногда влиять на показания вольтметра, особенно в том случае, если переменное напряжение имеет высокую частоту.

Обычно авометры показывают среднее значение переменного напряжения, а не его амплитуду, которая значительно больше. Напряжение бытовой электросети составляет 120, 110, 127, 220 или 380 В в зависимости от района. Это среднее, или эффективное, значение напряжения. Оно используется для подсчета потребленной электроэнергии, и именно его обычно показывают вольтметры переменного тока. Пределы измерения напряжения переменного тока могут быть такими же, как и для постоянного тока, но могут совершенно отличаться в зависимости от типа измерительного прибора. Такой режим работы предназначен для измерения только переменного напряжения, а для постоянного тока показания будут неверны.

Важно знать, что при помощи авометра невозможно правильно измерить переменное напряжение, если в цепи одновременно действуют переменное и постоянное напряжения. Дело в том, что вольтметр переменного тока в авометре воспринимает и постоянный ток, хотя и не калиброван на него, поэтому результат измерения даст некоторую комбинацию переменного и постоянного напряжений.

Один из способов обойти эту трудность заключается в том, что последовательно со щупом вольтметра включается конденсатор (емкости 0,1 мкФ вполне достаточно) с рабочим напряжением превышающим сумму переменного и постоянного напряжений. Такой разделительный конденсатор не пропускает постоянный ток в цепь вольтметра, но практически полностью пропускает переменный.

В авометре, показанном на рис. 3.10, уже есть встроенный разделительный конденсатор, который подключен к клемме «OUTPUT» на лицевой панели прибора. Подключите красный проводник к клемме «OUTPUT», а не к клемме «+», установите нужный предел измерения переменного напряжения и измеряйте его обычным способом. Некоторые авометры

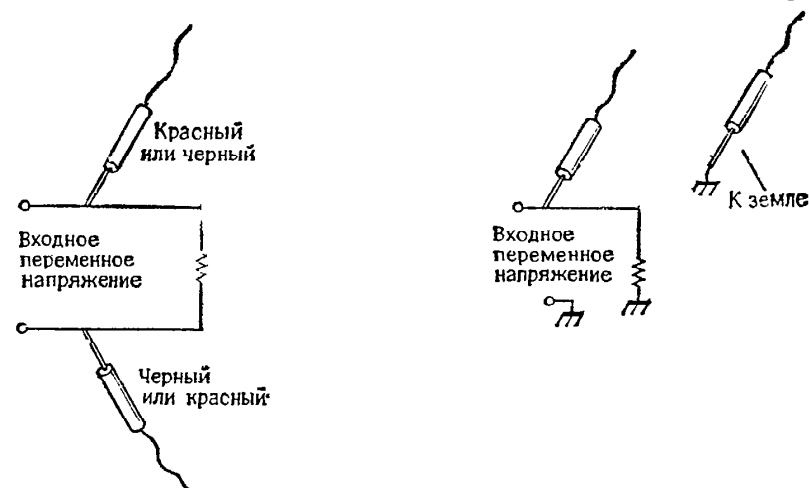


Рис. 3.20. Измерение переменного напряжения.

имеют такой конденсатор, однако всегда можно воспользоваться и собственным разделительным конденсатором, чтобы измерить переменное напряжение в цепи, в которой действует и постоянное напряжение. На рис. 3.20 показаны различные способы включения мультиметра для измерения переменных напряжений.

Измерения в децибелах

Обратите внимание на нижнюю шкалу на рис. 3.11, которая обозначена dBm. Она предназначена для измерения в децибелах. На основании прибора имеется надпись «Нуль дБ соответствует мощности 0,001 Вт при 600 Ом» и таблица, в которой написано «На пределе измерения 10 В прибавить 12 дБ» и т. д.

Децибел является единицей для выражения относительной мощности по отношению к некоторому уровню. Общепринятый уровень — 1 мВт

(0,001 Вт), поэтому уровни, которые задаются по отношению к 1 мВт, часто обозначаются дБм (децибел по отношению к милливатту). Таким образом, —30 дБм обозначает уровень мощности —30 дБ по отношению к 1 мВт, что составляет 1 мкВт. Точно так же +40 дБм обозначает уровень +40 дБ по отношению к 1 мВт, что составляет 10 Вт. Итак, децибелы дают относительные мощности в логарифмических единицах и 10 дБ обозначает отношение 10 : 1, 20 дБ — 100 : 1; 30 дБ соответствует отношению 1000 : 1 и т. д. Такие соотношения имеют смысл только в том случае, когда оба уровня мощности, для которых вычисляется отношение, измерены на одном и том же полном сопротивлении. В приборе, показанном на рис. 3.11, полное сопротивление равно 600 Ом. Это значение выбрано потому, что телефонные компании традиционно используют в линиях речевой связи стандартное сопротивление 600 Ом.

Чтобы воспользоваться шкалой дБ мультиметра, как только что описано, нужно установить вольтметр в режим измерения переменного напряжения по шкале 2,5 В. Измеряя мощность на сопротивлении 600 Ом, можно получить результат в децибелах непосредственно на приборе. Если уровень окажется слишком высоким, перейдите на шкалу 10 В и прибавьте к полученному результату 12 дБ (т. е. если стрелка показывает 2 дБ, то в действительности показания прибора составляют + 14 дБ · мВт) и т. д.

Измерения тока

Большинство мультиметров позволяют также измерять постоянный ток, а иногда и переменный ток. Для этого необходимо вставить один или оба щупа в токовые клеммы на лицевой панели, хотя в некоторых мультиметрах такое переключение выполняется при помощи переключателя режима работы. В инструкции к прибору сказано, как подготовить его к таким измерениям. В любом случае переключатель режима работы необходимо установить в режим измерения тока. Необходимо также выбрать предел измерения, который соответствует предполагаемой величине измеряемого тока. Если ток намного превысит

предел измерений, то может сгореть шунтирующий элемент или даже сам измерительный прибор.

У большинства мультиметров диапазон измерений от 0 до 1 мкА, от 0 до 1 мА и от 0 до 1000 мА. Это обычный для многих мультиметров набор диапазонов, хотя некоторые приборы могут иметь особенности. Многие мультиметры имеют диапазоны для измерений больших токов от 0 до 5 А или от 0 до 10 А.

Прежде чем приступить к измерениям тока, нужно иметь некоторую информацию о проверяемой схеме. Почти всегда понадобится ее принципиальная схема, которая позволит выделить различные ветви сложной схемы.

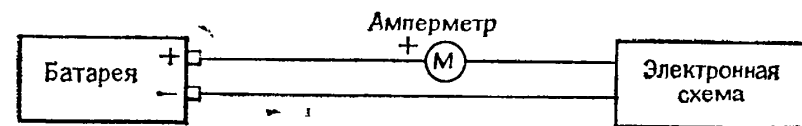


Рис. 3.21. Для измерения тока амперметр включается в цепь последовательно.

Чтобы измерить ток, необходимо разомкнуть цепь в точке, где должно быть выполнено измерение, и включить амперметр последовательно в разрыв цепи. При этом амперметр становится частью схемы и его показания увеличиваются, когда растет ток в схеме, и обратно.

На рис. 3.21 показан идеальный способ включения амперметра при измерении полного тока питания схемы. Здесь разомкнут провод, через который на схему подается электропитание. Положительный щуп мультиметра подключен к положительному полюсу батареи, отрицательный щуп — к тому месту схемы, куда подключается положительный полюс батареи в нормальном режиме. Когда будет включено питание, ток от батареи потечет через измерительный прибор, который и покажет ток, потребляемый схемой в обычном состоянии.

Можно также отключить отрицательный полюс батареи от схемы и подключить вместо него положительный щуп мультиметра, а его отрицательный щуп подключить к полюсу батареи. Подходит любой

способ включения прибора, и вообще местоположение прибора в последовательной схеме не является критичным. Он покажет одно и то же значение тока в любой точке последовательной схемы.

Если прибор может измерять переменный ток, то его включают в цепь точно так же, как амперметр постоянного тока, хотя при этом источником электропитания может быть не только батарея. Это должен быть какой-либо источник переменного тока. Поскольку амперметр переменного тока не имеет полярности, нет необходимости соблюдать полярность щупов.

Главное, что надо учитывать, включая амперметр в схему, это правильность полярности щупов (когда это необходимо) и последовательное включение амперметра в схему, ток в которой нужно измерить. Помните, что параллельное подключение амперметра может привести к порче прибора, а также перегоранию предохранителей или выходу из строя всей схемы.

Амперметр может оказаться очень важным прибором при изучении работы схемы. Может показаться, что схема работает правильно, однако на самом деле потребляет слишком большой ток питания из-за неисправности какого-либо компонента, который со временем может вызвать отказ всей схемы. Если известен нормальный ток питания, то мультиметр, используемый для измерения тока, позволит определить наличие слишком большого тока.

В параллельных схемах, которые работают от одного источника питания, амперметр можно включать в одну из параллельных ветвей, чтобы определить ток, текущий в этой части схемы. На рис. 3.22 показана схема, состоящая из трех резисторов, включенных параллельно, и отмечены точки включения щупов мультиметра для измерения токов отдельных ветвей. Чтобы измерить полный ток этой цепи, измерительный прибор нужно подключать к той точке, куда подводится питание. Если вы хорошо знаете свою схему и ту ее ветвь, в которой хотите выполнить измерения, а также место, где она реально находится, то сможете измерить любые токи в любых участках самых сложных электронных схем.

В схемах, в которых течет как переменный, так и постоянный ток, нельзя выполнять измерения амперметром постоянного тока, кроме тех ветвей, в которых заведомо отсутствует переменный ток. Например, в схеме усилителя высокой частоты постоянный ток питания подается через высокочастотный дроссель — прибор, не пропускающий ток высокой частоты. На выводе усилительной электронной лампы постоянный

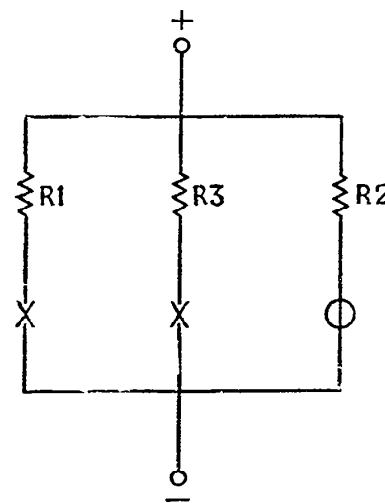


Рис. 3.22. Измерение тока в параллельных ветвях схемы. Крест — место подключения амперметра для измерения тока в ветви R_1 , кружок — место подключения амперметра для измерения тока в ветви R_2

ток, который течет от источника питания, и переменный ток, генерируемый усилителем, будут присутствовать одновременно. В эту точку нельзя включить амперметр, так как в цепи течет как постоянный, так и переменный ток. Поэтому придется измерять только постоянный ток в цепи между источником питания и дросселем, так как в остальных точках схемы за дросселем одновременно присутствует и переменный ток.

Итак, мультиметр является незаменимым прибором для самостоятельных измерений в электронике. Он абсолютно необходим на рабочем месте радиолюбителя и заменяет множество простых приборов. Мультиметр дает

возможность радиолюбителю проверять и настраивать самые разнообразные электронные схемы. А в качестве прибора для поиска и устранения неисправностей он вообще не имеет себе равных.

Мультиметр — это первый прибор, который следует приобрести как радиолюбителю, так и специалисту по электронике. Он является наиболее часто используемым оборудованием в мастерской, поэтому надо хорошо представлять себе все его разнообразные возможности. Покупка высококачественного мультиметра вполне оправдывает расходы. Прибор низкого качества принесет больше вреда, чем пользы, давая неверные показания при проверке электронных схем. А тому, кто всерьез занялся радиолюбительством, придется работать с мультиметром практически постоянно.

Микросхема 555 — таймер высокой универсальности, что позволяет применять ее в самых разнообразных конструкциях. Большинство схем, предлагаемых в этой книге, построено на основе микросхемы ECG955M фирмы «Сильвания». Эта монолитная таймерная ИС представляет собой высокостабильный контроллер, способный вырабатывать точные временные задержки или периодические колебательные сигналы. Ее дополнительные входы позволяют по желанию запускать или сбрасывать прибор. В том случае, когда ИС работает в режиме формирования задержек, их длительность точно задается при помощи одного внешнего резистора и одного конденсатора. При работе в качестве генератора периодических колебаний частота и скважность сигнала весьма точно задаются двумя внешними резисторами и одним конденсатором. Запуск и сброс микросхемы можно выполнять отрицательными фронтами сигналов, а ее выходной каскад способен обеспечить протекающий и протекающий токи нагрузки до 200 мА либо управлять ТТЛ-схемами.

На рис. 4.1 показана микросхема фирмы «Сильвания» в восьмивыводном корпусе с двухрядным расположением выводов. Другие фирмы выпускают эту микросхему в круглом металлическом корпусе. У схем других компаний некоторые параметры могут быть несколько иными. На рис. 4.2 показана эквивалентная схема ИС в том случае, если бы ее нужно было собрать на дискретных компонентах. Она содержит около 25 транзисторов, два диода и более десятка резисторов. Очевидно, что если собрать такую схему из отдельных компонентов, то она будет во много раз больше, чем монолитная микросхема.

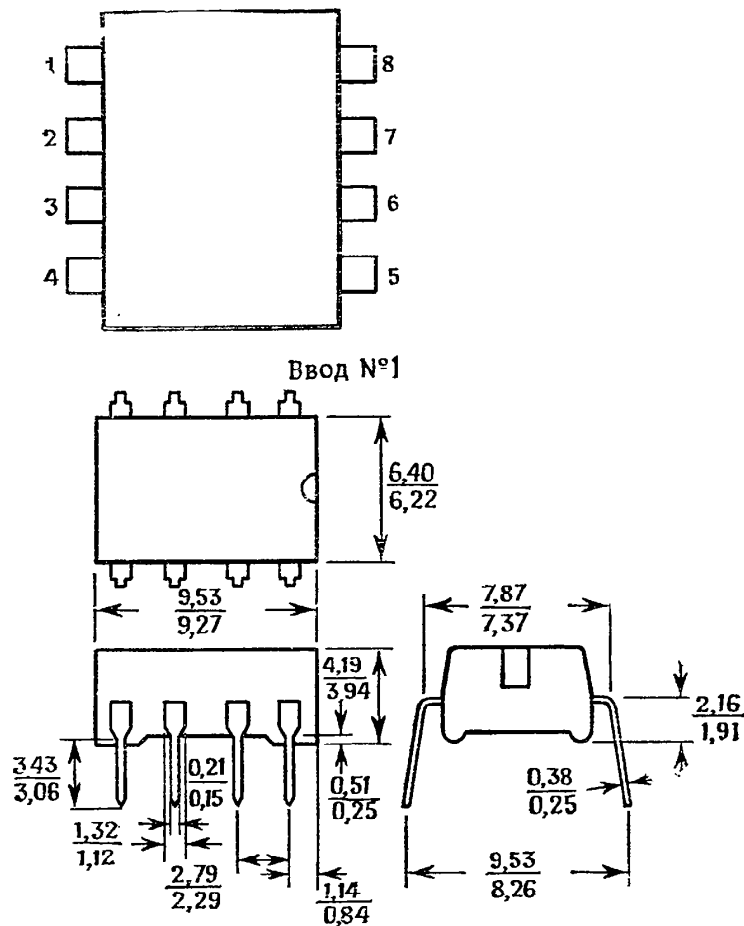


Рис. 4.1. Корпус интегральной микросхемы 555. 1 — земля, 2 — запуск, 3 — выход, 4 — сброс, 5 — управляющее напряжение, 6 — порог, 7 — цепь разряда, 8 — V_{CC} (напряжение питания). (С любезного разрешения фирмы *Philips ECG, Inc.*)

Таймер 555 может формировать временные интервалы длительностью от нескольких микросекунд до часов и может работать как в режиме автоколебаний, так и в режиме ждущего мультивибратора. Он позволяет регулировать скважность импульсных сигналов и может управлять ТТЛ-микросхемами. Его выходные каскады могут работать как в нормально включенном, так и в нормально выключенном режимах. Температурная стабильность частоты таймера 555 составляет 0,005 % на 1 °C.

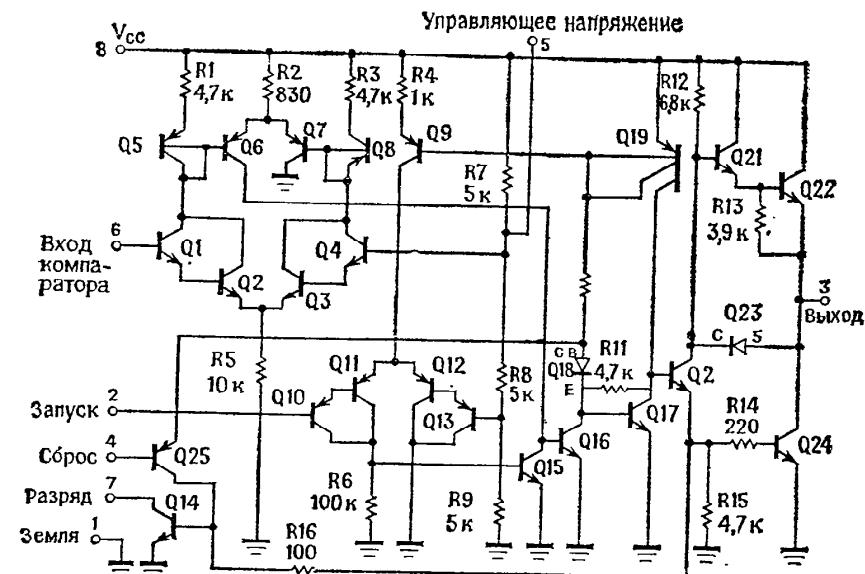


Рис. 4.2. Электрическая принципиальная схема таймера 555 содержит большое количество компонентов. (С любезного разрешения фирмы *Philips ECG, Inc.*)

Эта микросхема применяется в устройствах, предназначенных для точной синхронизации, генерации импульсов, широтно-импульсной модуляции, фазоимпульсной модуляции и последовательного тактирования, а также в устройствах, регистрирующих пропуски импульсов. В табл. 4.1 приведены предельно допустимые значения эксплуатационных параметров микросхемы ECG955M фирмы «Сильвания», а в табл. 4.2 — ее электрические характеристики.

Таблица 4.1

Предельно допустимые значения эксплуатационных параметров микросхемы ECG 955M. (С любезного разрешения фирмы *Philips ECG Inc.*)

Напряжение питания	+18 В
Рассеиваемая мощность	600 мВт
Диапазон рабочих температур	от 0 до +70°C
Диапазон температур хранения	от -65 до +150°C
Температура выводов (пайка 60 с)	+300°C

Таблица 4.2

Электрические характеристики микросхемы ECG955M.
(С любезного разрешения фирмы *Philips ECG Inc.*)
Электрические характеристики ($T_A = 25^\circ \text{C}$,
 $V_{CC} = \text{от } +5 \text{ до } +15 \text{ В}$, если не оговорено иное).

Параметр	Режим измерения	Мин.	Типичн.	Макс.
Напряжение питания, В		4,5		16
Потребляемый ток, мА	$V_{CC} = +5 \text{ В}$, $R_L = 0$		3	6
	$V_{CC} = +15 \text{ В}$, $R_L = 0$		10	15
	Низкий уровень напряжения на выходе. См. примечание 1			
Погрешность временного интервала	R_A, R_B от 1 до 100 кОм $C = 0,1 \text{ мкФ}$			
Исходная точность, %	См. примечание 2		1	
Температурный дрейф, $\%/^\circ\text{C}$			0,005	
Дрейф при изменении напряжения питания, $\%/V$			0,01	
Порог срабатывания			$2/3 V_{CC}$	
Амплитуда запускающего сигнала, В	$V_{CC} = +15 \text{ В}$ $V_{CC} = +5 \text{ В}$		5 1,67	
Потребляемый ток входа запуска, мА			0,5	
Амплитуда сигнала «сброс», мА		0,4	0,7	1,0
Потребляемый ток входа «сброс», мА			0,1	
Пороговый ток, мА	См. примечание 3		0,1	0,25
Правящий напряжение В	$V_{CC} = +15 \text{ В}$ $V_{CC} = +5 \text{ В}$	9,0 2,6	10 3,33	11 4
Выходной уровень	$V_{CC} = +15 \text{ В}$ $V_{CC} = 10$		0,1	0,25
уля (низкий уровень)	$V_{CC} = 10$		0,4	0,75
	$V_{CC} = 10$		2,0	5
	$V_{CC} = 10$		2,5	
	$V_{CC} = 10$		3	
	$V_{CC} = 10$		2,5	

Продолжение

Параметр	Режим измерения	Мин.	Типичн.	Макс.
Выходной уровень (высокий уровень), В	$I_S = 200 \text{ мА}$ $V_{CC} = +15 \text{ В}$ $I_S = 100 \text{ мА}$ $V_{CC} = +15 \text{ В}$ $V_{CC} = +5 \text{ В}$		12,5	
Время нарастания выходного сигнала, нс		12,75	13,33	
Время спада выходного сигнала, нс		2,75	3,3	
			100	
			100	

Примечания

1. Типовой потребляемый ток при высоком напряжении на выходе меньше на 1 мА.
2. Измерено при $V_{CC} = 5$ и 15 В.
3. Сопротивления R_A и R_B определяют максимальное значение суммы $R_A + R_B$ при напряжении питания 15 В. Максимальное полное сопротивление составляет 20 МОм.

Работа в ждущем режиме

Приведенные ниже примеры взяты из издания «*Philips ECG Linear Modules and Integrated Circuits Technical Manual*» («Техническое руководство по линейным микросборкам и интегральным схемам фирмы «Филипс»). ECG — торговая марка фирмы «Филипс И Си Джи Инк». В ждущем режиме таймер работает как ждущий мультивибратор. Как показано на рис. 4.3, в исходном состоянии внешний конденсатор разряжен через внутренний транзистор микросхемы. При подаче на вывод 2 отрицательного импульса триггер переключается, выключает цепь короткого замыкания внешнего конденсатора и устанавливает на выходе высокое напряжение. Напряжение на внешнем конденсаторе растет по экспоненциальному закону с постоянной времени $t = R_A C$.

Когда напряжение на конденсаторе достигает $2/3 V_{CC}$ (напряжения питания), компаратор сбрасывает триггер в исходное состояние, а триггер в свою очередь быстро разряжает конденсатор и переключает выходной каскад в состояние с низким напряже-

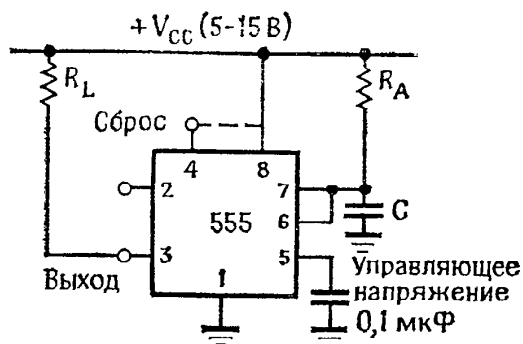


Рис. 4.3. Схема включения ИС 555 в режиме ждущего мультивибратора. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

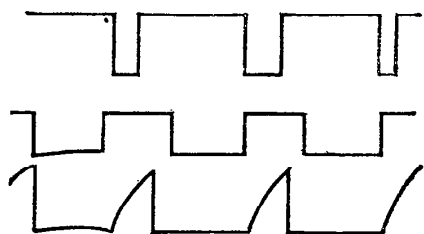


Рис. 4.4. Осциллограммы работы микросхемы 555 в режиме ждущего мультивибратора. $R_A = 9,1 \text{ кОм}$, $C = 0,01 \text{ мкФ}$, $R_L = 1 \text{ кОм}$ (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

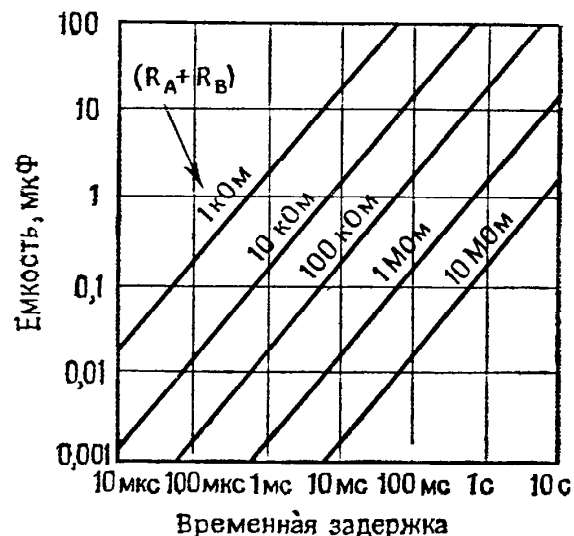


Рис. 4.5. Номограмма для определения времен задержки ждущего мультивибратора на микросхеме 555. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

нием. На рис. 4.4 приведены реальные осциллограммы работы в режиме ждущего мультивибратора.

Данная схема запускается отрицательным импульсом, когда его напряжение достигает $\frac{1}{3}V_{CC}$. После запуска схема сохраняет свое состояние в течение всего заданного интервала, даже если в это время придут другие запускающие импульсы. Время, в течение которого на ее выходе сохраняется высокое напряжение, определяется формулой $t = 1,1R_AC$, и его легко определить по рис. 4.5. Обратите внимание на то, что скорость заряда конденсатора и порог срабатывания компаратора прямо пропорциональны напряжению питания и, следовательно, длительность выходного импульса от напряжения питания не зависит. Если на вход «сброс» (вывод 4) микросхемы подать во время рабочего цикла отрицательный импульс, то внешний конденсатор разрядится и рабочий цикл начнется снова. При этом началом нового цикла является положительный фронт импульса сброса. Пока на вход «сброс» воздействует отрицательный импульс, на выходе микросхемы поддерживается низкое напряжение.

Если функция сброса не используется, то соответствующий вход следует соединить с положительным полюсом источника питания, чтобы избежать возможных ложных срабатываний схемы.

Работа в автоколебательном режиме

Если собрать схему, как показано на рис. 4.6 (т. е. соединив выводы 2 и 6), то такая схема будет запускать сама себя и будет работать в режиме автоколебаний как мультивибратор. Внешний конденсатор заряжается через резисторы R_A и R_B , а разряжается только через R_B . Это позволяет точно регулировать скважность импульсов, задавая соотношение между сопротивлениями этих резисторов. В данном режиме напряжение на конденсаторе меняется от $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$ напряжения питания. Как и в предыдущей схеме, времена заряда и разряда конденсатора и, следовательно, частота колебаний не зависят от напряжения питания. На рис. 4.7 показаны реальные осциллограммы работы микросхемы в этом режиме.

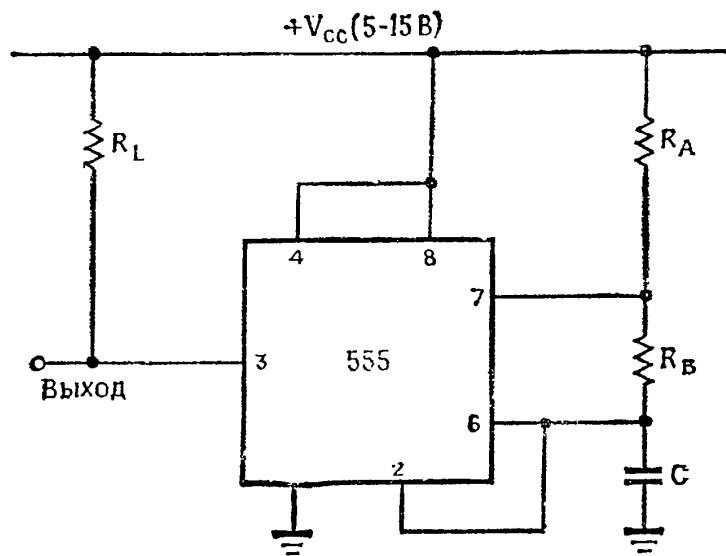


Рис. 4.6. Схема включения ИС 555 в режиме мультивибратора. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)



Рис. 4.7. Осциллограмма выходных сигналов мультивибратора, $R_A = 4 \text{ Ом}$, $R_B = 3 \text{ кОм}$, $R_L = 1 \text{ кОм}$. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

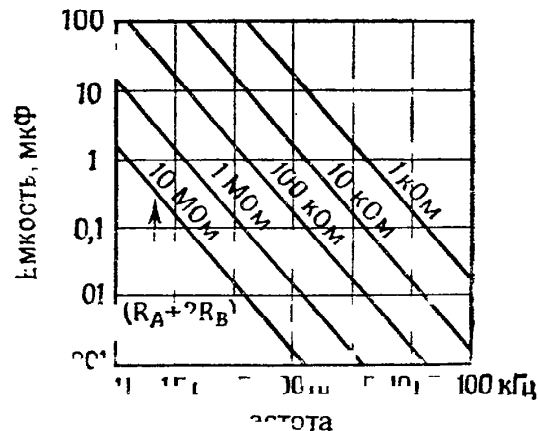


Рис. 4.8. На графике показаны пределы частоты колебаний мультивибратора в зависимости от суммарного сопротивления резисторов R_A и R_B . (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

Время заряда (в течение которого на выходе ИС действует высокое напряжение) определяется формулой $t_1 = 0,685(R_A + R_B)C$, а время разряда (низкое напряжение на выходе) — формулой $t_2 = 0,685 R_B C$.

Полный период колебаний, следовательно, равен $T = t_1 + t_2 = 0,685(R_A + 2R_B)C$, а частота колебаний равна $F = 1/T = 1,46/(R_A + 2R_B)C$, и ее легко найти по номограммам на рис. 4.8.

Скважность импульсов определяется формулой $D = R_B/(R_A + 2R_B)$.

Детектор пропущенных импульсов

На рис. 4.9 показана схема, рабочий цикл которой постоянно прерывается поступающими на вход «сброс» последовательными импульсами. Изменение частоты или пропуск импульса вызывает нормальное завершение рабочего цикла, в результате чего происходит изменение выходного уровня таймерной ИС. Для работы такой схемы задержка должна быть немного больше, чем период поступающих на схему

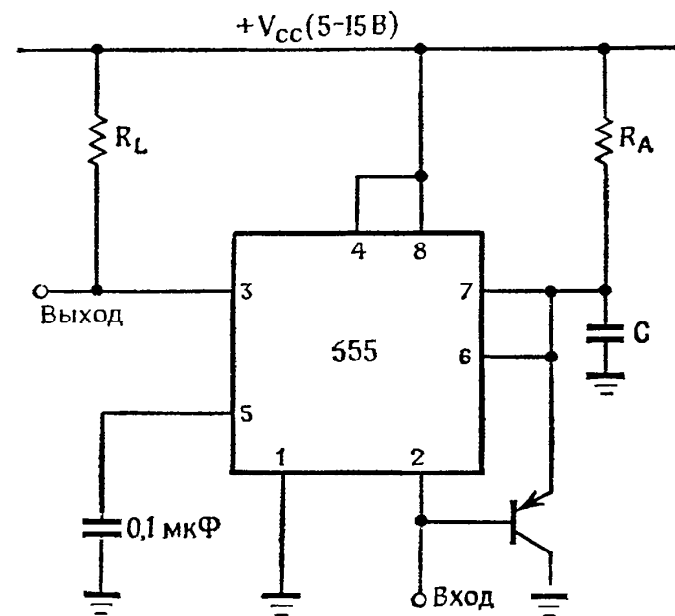


Рис. 4.9. Схема детектора пропуска импульсов. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)

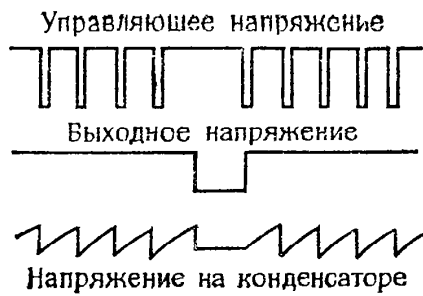


Рис. 4.10. Осциллограмма сигналов при работе детектора пропуска импульсов. $R_d = 1 \text{ кОм}$, $C = 0,9 \text{ мкФ}$. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)

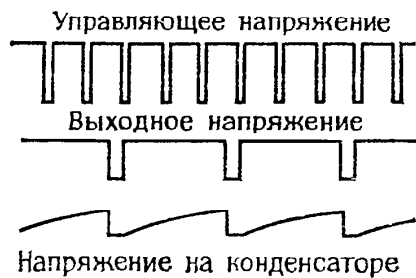


Рис. 4.11. Осциллограмма выходных сигналов делителя частоты на три. $R_d = 1250 \text{ Ом}$, $C = 0,2 \text{ мФ}$, $R_L = 1 \text{ кОм}$. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)



Рис. 4.12. Основная схема широтно-импульсного модулятора. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)

импульсов. На рис. 4.10 показаны реальные осциллограммы работы такой схемы.

Делитель частоты

Если частота входных импульсов известна, то таймер легко превратить в делитель частоты соответствующим подбором длительности его рабочего цикла. На рис. 4.11 показаны осциллограммы работы таймера рис. 4.3 в режиме деления частоты на три. Такое применение схемы основано на том, что она не может быть запущена повторным появлением входного импульса во время своего рабочего цикла.

Широтно-импульсная модуляция

Для реализации такого режима работы таймер включается по схеме одновибратора (рис. 4.12). Схема запускается непрерывной последовательностью импульсов, а ее пороговое напряжение, при котором

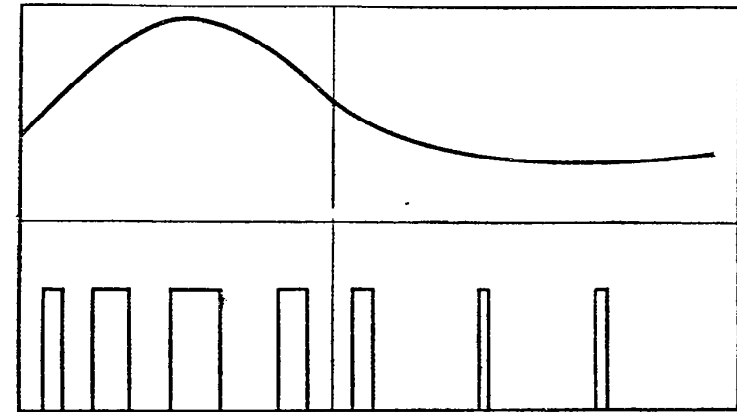


Рис. 4.13. Сигналы, формируемые широтно-импульсным модулятором. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)

срабатывает компаратор, модулируется напряжением на входе «управляющее напряжение» (вывод 5). При этом длительность выходных импульсов модулируется при изменении управляющего напряжения. Реальная форма сигналов для такой схемы показана на рис. 4.13.

Фазоимпульсная модуляция (ФИМ)

В режиме фазоимпульсного модулятора (рис. 4.14) таймер включается в автоколебательный режим (режим мультивибратора) а на его вход «управляющее напряжение» подается модулирующий сигнал. В этом случае при изменении модулирующего напряжения изменяется временное положение импульса, так как меняются пороговое напряжение и, следовательно,

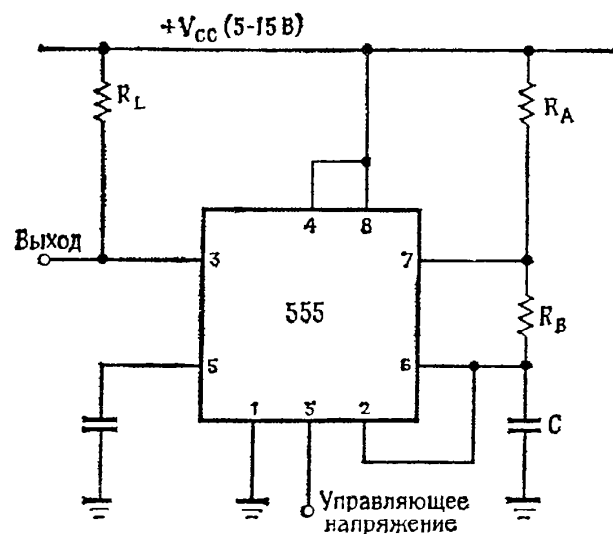


Рис. 4.14. Принципиальная схема фазоимпульсного модулятора. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)



Рис. 4.15. Осциллограммы сигналов фазоимпульсного модулятора при модулирующем напряжении треугольной формы. $R = 3 \text{ кОм}$, $R_B = 500 \text{ Ом}$, $C = 0,01 \text{ мкФ}$, $R_L = 1 \text{ кОм}$. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)

временная задержка в схеме. На рис. 4.15 показаны реальные осциллограммы сигналов для модулирующего напряжения треугольной формы.

Генератор тестовых последовательностей

На рис. 4.16 показано несколько таймеров, соединенных последовательно. Первый таймер запускается с помощью кратковременной подачи низкого напряжения на его вывод 2 и вырабатывает импульс дли-

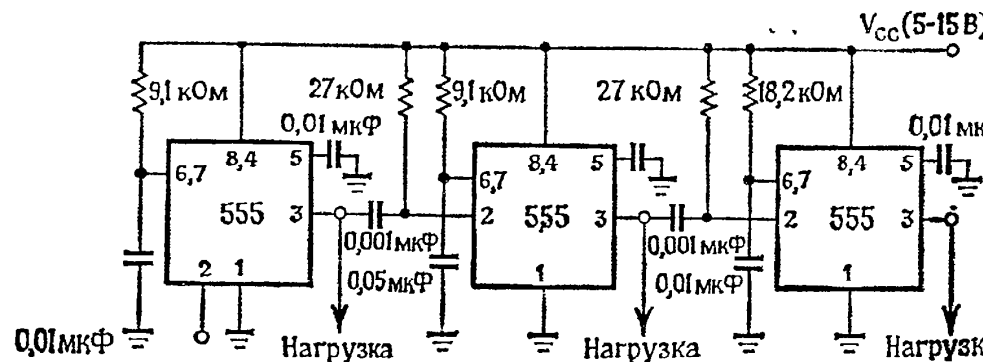


Рис. 4.16. Принципиальная схема генератора последовательностей импульсов на микросхеме 555. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)

тельностью 10 мс. По окончании этого импульса запускается второй таймер, рабочий цикл которого составляет 50 мс. По прошествии этого времени запускается третий таймер. Заметим, что времязадающие резисторы и конденсаторы можно программировать при помощи цифрового устройства управления, а каждый таймер можно использовать для запуска еще нескольких таймеров, тем самым иницируя несколько различных последовательностей импульсов.

Режимы работы ИС

Те несколько примеров, описанных выше, являются лишь начальными этапами работы с микросхемой 555. В дальнейшем анализ работы микросхемы 555 в различных режимах работы, а также в режиме мультивибратора, будет рассмотрен более подробно.

вырабатывает при подаче входного импульса одиночный импульс фиксированной длительности. При работе таймера 555 в режиме одновибратора после подачи на вход запускающего импульса на его выходе появляется высокое напряжение. Оно сохраняется в течение заданного периода времени, который определяется скоростью разряда конденсатора. Когда напряжение на конденсаторе снизится до определенного

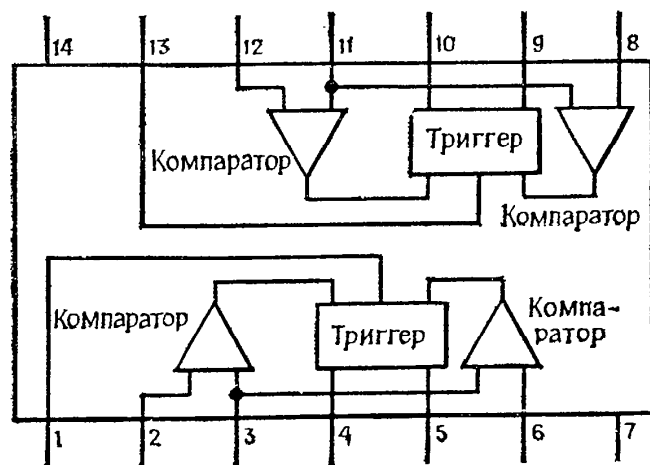


Рис. 4.17. Назначение выводов ECG 978 — аналога микросхемы 556, выпускаемой фирмой «Сильвания». 1 и 13 — разряд, 2 и 12 — порог, 3 и 11 — управляющее напряжение, 4 и 10 — сброс, 5 и 9 — выход, 6 и 8 — запуск, 7 — земля, 14 — напряжение питания. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG, Inc.)

уровня, на выходе таймера установится низкое напряжение, соответствующее его обычному состоянию. Это напряжение сохраняется на выходе одновибратора до тех пор, пока на его вход не поступит новый запускающий сигнал.

Автоколебательная схема имеет два неустойчивых состояния. Ее работа характеризуется постоянными колебаниями между этими двумя состояниями (с высоким и низким уровнями) с частотой, которая определяется параметрами компонентов схемы. Микросхема 555 может работать как автоколебательный мультивибратор. Подобное устройство иначе называется несинхронизованным мультивибратором. При работе в таком режиме выходной каскад микросхемы постоянно переключается между состояниями с высоким и

низким напряжениями с частотой, определяемой внешними резисторами и конденсатором. Частота таких колебаний может быть установлена в широких пределах — от звуковых частот до высоких частот радиодиапазона. Данный режим работы используется для построения автогенераторов. Вследствие того, что напряжение на выходе микросхемы резко меняется между высоким и низким уровнями, без специальных буферных схем невозможно получить правильные синусоидальные сигналы. Обычные несглаженные прямоугольные импульсы на выходе такого генератора содержат широкий спектр гармоник и их можно использовать для покаскадной проверки прохождения сигналов в различных схемах.

В некоторых электронных схемах, представленных в этой книге, применены также микросхемы 556. Поскольку книга в основном посвящена микросхеме 555, отметим, что микросхема 556 представляет собой два идентичных таймера 555, заключенных в одном корпусе. На рис. 4.17 показана цоколевка микросхемы ECG 978, которая выпускается фирмой «Сильвания» и является аналогом микросхемы 556. Хорошо видно, что один ряд выводов, с 1-го по 7-й, относится к одному таймеру, а выводы с 8-го по 13-й — к другому. Оба таймера имеют общие контакты напряжения питания V_{CC} и земли на выводах 14 и 7 соответственно. Микросхема 556 двояного таймера чаще всего выпускается в 14-контактном двухрядном корпусе. Ее можно использовать вместо микросхемы типа 555 при соответствующих изменениях схемы монтажа. Все рабочие характеристики микросхемы 556 совпадают с характеристиками таймера 555. Можно поставить две микросхемы 555 вместо одной 556, хотя применение двояного таймера 556 обойдется дешевле. Интегральная микросхема 556 имеет предельно допустимое напряжение питания 18 В и полную рассеиваемую мощность 600 мВт, или 0,6 Вт.

ПРИОБРЕТЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ

Многие потенциальные энтузиасты радиоэлектроники не решаются приступить к созданию своих собственных конструкций, поскольку полагают, что им негде взять многие необходимые для этого компоненты. Однако думать так нет совершенно никаких оснований, особенно если вы решили собрать схемы и устройства, приведенные в настоящей книге. Действительно, в ней можно встретить схемы, в которых используются один-два необычных компонента. Схемы, рассмотренные в данной книге, не содержат ни одного компонента, который было бы трудно приобрести. Многие компоненты могут быть заменены на аналогичные изделия других изготовителей.

Справочники по взаимозаменяемости компонентов

Одним из видов неоценимой помощи, которую можно получить от поставщиков полупроводниковых компонентов, является информация о соответствии их продукции изделиям других фирм. Каждый изготовитель издает свой собственный каталог или справочное руководство по взаимозаменяемости, в котором перечисляются практически все выпускаемые в настоящее время транзисторы, диоды и интегральные схемы и указываются компоненты данного изготовителя, которые могут их заменить. Необходимо или по крайней мере весьма желательно иметь справочные руководства по взаимозаменяемости от возможно большего числа фирм-изготовителей. Ниже на примере справочных руководств трех фирм — изготовителей полупроводниковых компонентов — «Сильвания», «Дженерал электрик» и RCA — показано, как может быть осуществлен выбор компонента для замены.

Предположим, что в электронной схеме используется транзистор 2N403. Обозначение 2N теперь встречается редко, а раньше оно означало принадлежность электронного компонента к классу транзисторов. В настоящее время большинство изготовителей применяют свои собственные системы обозначений для маркировки выпускаемой ими продукции. Начнем поиск эквивалента для транзистора 2N403 со справочника фирмы «Сильвания». Все компоненты в этом справочнике перечисляются в порядке возрастания цифровой части их обозначений. Сначала найдем элемент обозначения 2N, после чего продолжим поиск с этого места. Перемещаясь по списку, читаем: 2N399, 2N400, 2N401, 2N402 и, наконец, 2N403. Справа от обозначения 2N403 указан тип транзистора, выпускаемого фирмой «Сильвания» и являющегося аналогом транзистора типа 2N403. В итоге узнаем, что транзистор 2N403 можно заменить транзистором ECG 102.

Аналогичным образом с помощью каталога фирмы RCA можно установить, что транзистор SK 3003 является полным аналогом транзисторов 2N403 и ECG 102. В справочнике фирмы «Дженерал электрик» в качестве полного аналога всех упомянутых выше транзисторов указан транзистор GE-53. Если в конкретной схеме указан транзистор, выпускаемый одним изготовителем, то ему можно найти эквивалентную замену из числа транзисторов другой фирмы.

Предположим, что в схеме используется транзистор типа ECG 107 фирмы «Сильвания». В справочнике по взаимозаменяемости фирмы RCA в качестве его аналога указан транзистор SK 3203, а в справочнике фирмы «Дженерал электрик» — транзистор GE-11. По своим параметрам эти транзисторы идентичны друг другу. Подавляющее большинство транзисторов-аналогов имеют одинаковые корпуса и расположение выводов; однако не будет лишним удостовериться что выводы этих транзисторов действительно расположены одинаковым образом. Иногда идентичные параметры транзисторов достигаются в различных корпусах различных типов, в этом случае транзисторы имеют разные обозначения.

Огромное число транзисторов обозначается буквенными кодами, указывающими на их принадлежность к определенному классу.

только начинающих, но даже опытных радиолюбителей. Но если под рукой всегда имеются справочники по взаимозаменяемости, то можно быстро выбрать аналог необходимого транзистора из числа имеющихся новых или уже бывших в употреблении транзисторов*.

Радиолюбительский «ящик с хламом»

У каждого активно работающего радиолюбителя «ящик с хламом» наполняется очень быстро. Здесь следует заметить, что выражение «ящик с хламом» не совсем верно, поскольку многие хранимые в нем компоненты могут когда-нибудь пригодиться. «Ящиком с хламом» могут служить ящики, коробки или шкафы, забитые ненужными передатчиками, приемниками, старыми печатными платами, электрическими часами и т. д.

Иногда электронные компоненты покупаются без конкретной цели — просто потому, что они дешево стоят. Большую роль здесь играет интуиция, и в отдельных случаях подобные приобретения могут впоследствии пригодиться. Но чаще всего купленные таким образом компоненты в течение нескольких лет лежат без дела, затем обмениваются на другие детали у знакомых радиолюбителей, перепродаются или же просто выкидываются в настоящий ящик с хламом, т. е. в мусорный бак.

Новичку, решившему начать делать свой собственный запас деталей, порой бывает очень трудно удержаться от желания иметь их как можно больше независимо от того, пригодятся ли они ему в будущем. Это превосходный способ истратить деньги впустую. Не надо стремиться скупать все, что продается по смехотворно низкой цене. Некоторые компоненты так дешевы именно потому, что их практическая польза весьма мала.

Есть еще один недорогой или вовсе бесплатный

* Советскому читателю для этих целей мы рекомендуем следующее издание: Нефедов А. В., Гордеева В. И. Отечественные полупроводниковые приборы и их зарубежные аналоги: Справочник. — 2-е изд., переработанное и дополненное. — М.: Радиотехника, 1986, 288 с. ил. — Прил. 1.

способ наполнить «ящик с хламом». У многих радиолюбителей «хламом» уже давно забиты не ящики, а целые комнаты. Количество скопившегося «хлама» настолько велико, что они уже не в состоянии поддерживать в нем порядок. В этих случаях гораздо разумнее раздать бесплатно часть своих запасов, чем платить деньги за право выбросить их на свалку. Не пренебрегайте старой аппаратурой, выбрасываемой местными теле- и радиостанциями, а также расположенными поблизости предприятиями по ремонту телевизоров и стереоаппаратуры. Ведь сколько различных электронных компонентов можно извлечь из старого телевизора! Конечно, это довольно скучная и грязная работа, но часто она стоит того, чтобы ее проделать.

Для быстрого извлечения электронных компонентов из печатных плат я обычно вырезаю участки платы под ними. Для этого необходимы лишь кусачки и плоскогубцы-утконосы. Большинство материалов, применявшихся ранее для изготовления печатных плат, очень легко крошится.

Для разрушения печатных плат зеленого цвета, выполненных на эпоксидной основе, небольшие кусачки не годятся, и здесь необходим более крупный инструмент. Как правило, все компоненты удастся извлечь из платы без помощи паяльника. Остатки припоя с выводов компонентов легко удалить если сильно сжать их плоскогубцами с длинными губками. Печатные платы среднего размера, содержащие от 50 до 100 компонентов, можно демонтировать за 30—45 мин. Конечно, некоторые компоненты при извлечении таким грубым способом повреждаются, однако особо дефицитные детали можно извлечь заранее, выпаяв их из схемы. Во избежание перегрева выпаиваемых компонентов можно воспользоваться съёмными теплоотводами.

Не пренебрегайте приобретением различных электромеханических компонентов. Их можно найти в некоторых торговых предприятиях, торгующих электронными компонентами, а также в «ящиках с хламом» других радиолюбителей. Сюда входят переключатели, реле и механические таймеры, которые могут найти применение в различных электронных схемах.

Организация хранения электронных компонентов

После того как удастся сделать достаточный запас электронных компонентов, возникает проблема их хранения. Запас компонентов нужен для того, чтобы не заказывать каждую деталь всякий раз, когда вы решили собрать простую радиолюбительскую конструкцию. Но если вы не знаете точно, где хранится каждый из приобретенных компонентов, или не уверены в наличии каких-то деталей, то теряется сам смысл образования запаса деталей.

Наведение порядка среди хранящихся компонентов не составит большого труда и не потребует особых затрат — все можно сделать за два выходных дня, свободных от других дел. Хочу еще раз повторить — организация правильного хранения компонентов абсолютно необходима для успешной радиолюбительской деятельности.

Прежде всего начнем с крупных компонентов. Большие трансформаторы, дроссели и другие подобные устройства можно уложить в деревянный ящик или картонную коробку и поместить в закрытый шкаф или на полку. На боковой стороне коробки следует разборчиво написать перечень ее содержимого. Если имеется большое число трансформаторов различных типов, то, возможно, есть смысл сложить все низковольтные трансформаторы в одну коробку, а средне- и высоковольтные трансформаторы в две другие коробки. На каждой коробке следует сделать соответствующую надпись.

Коробки из-под сигар отлично подходят для хранения небольших компонентов — трансформаторов НЧ, переключателей, реле и т. п. На передней или боковой стороне коробки следует написать чернилами перечень ее содержимого. Целесообразно для каждого типа компонентов завести свою коробку, хотя бывает целесообразно хранить в одной коробке набор компонентов, относящихся к определенному типу.

Например, в коробке с надписью «Радиодетали для АМ-приемника» можно хранить конденсаторы, катушки индуктивности, резисторы, герметичные переключатели, реле, трансформаторы и т. д. В коробке с надписью «Радиодетали для АМ-приемника» можно хранить конденсаторы, катушки индуктивности, резисторы, герметичные переключатели, реле, трансформаторы и т. д.

АМ-приемников. Положенные одна на другую, такие коробки из-под сигар занимают довольно мало места. Они очень прочные и могут служить много лет, если хранить их в сухом месте.

Для хранения таких компонентов, как резисторы, конденсаторы и полупроводниковые приборы, можно приобрести специальные кассы с пластмассовыми

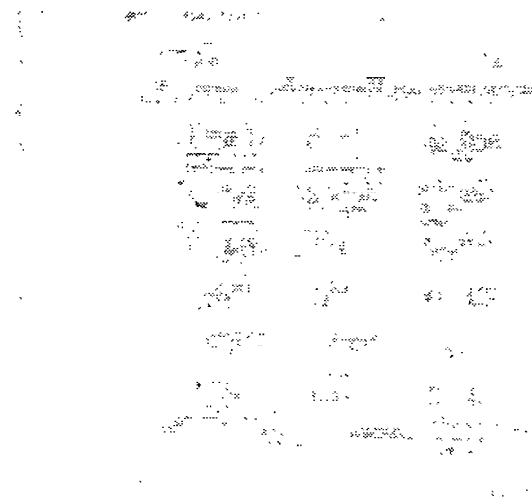


Рис. 5.1. Касса с пластмассовыми ячейками для хранения компонентов



Рис. 5.2. Небольшая касса из пластмассы; конструкция допускает установку нескольких касс друг на друга.

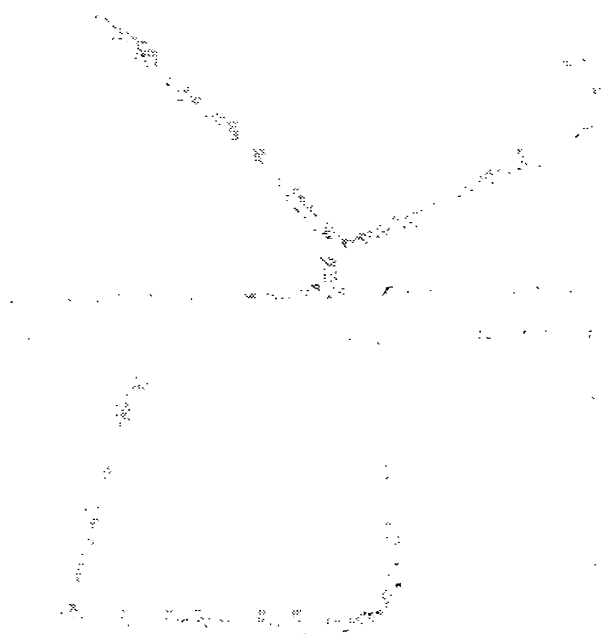


Рис. 5.3. Верхняя и нижняя панели кассы, изображенной на рис. 5.2.

ячейками. Они продаются в магазинах уцененных товаров, а также в других торговых предприятиях. Типовая касса (рис. 5.1) содержит от 12 до 40 пластмассовых ячеек. В каждой ячейке могут храниться транзисторы определенного типа. Часто внутреннее пространство ячейки можно разделить на три части с помощью пластмассовых перегородок. При этом в одной ячейке могут храниться отдельно друг от друга транзисторы, диоды и конденсаторы.

На рис. 5.2 показана касса для хранения небольших деталей, специально сконструированная так, чтобы несколько касс можно было поставить друг на друга. Особенности конструкции верхней и нижней панелей этой кассы хорошо видны на рис. 5.3. При

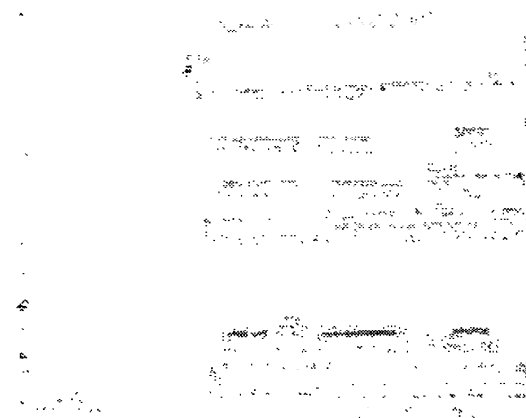


Рис. 5.4. Пример вертикального расположения двух касс.

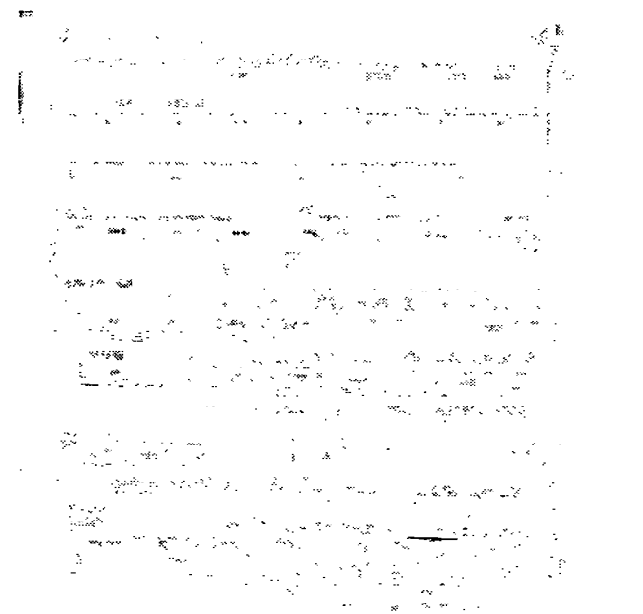


Рис. 5.5. Касса с промаркированными отделениями для хранения резистор.

установке касс друг на друга в углубление в нижней панели верхней кассы входит выступ, имеющийся на верхней панели нижней кассы. На рис. 5.4 показано, каким образом несколько таких касс ставятся друг на друга для экономии места в лаборатории радиолубителя.

Резисторы необходимо хранить в кассе в соответствии с их номинальными сопротивлениями. На рис. 5.5 изображена серийно выпускаемая касса для резисторов, в каждом ящике которой имеются несколько отделений. Для каждого отделения указано номинальное сопротивление. Номиналы сопротивлений углеродистых резисторов стандартизованы. Так например, выпускаются резисторы с номинальными сопротивлениями 2700 и 3000 Ом, но не бывает резистора с номинальным сопротивлением 2800 Ом.

Поскольку номинальные сопротивления резисторов имеют стандартные значения, то на отделения приобретаемых в магазинах готовых касс для хранения резисторов заранее наносятся номиналы сопротивлений углеродистых резисторов в соответствии с принятым рядом. По своему желанию вместо серийно выпускаемых касс для хранения резисторов можно использовать описанные выше кассы, ячейки которых можно промаркировать в соответствии с рядом номинальных сопротивлений резисторов.

Неплохо иметь в лаборатории несколько больших пластмассовых поддонов для хранения тех компонентов, которые пока не удалось систематизировать. Среди них окажутся и ненужные поврежденные детали, а также компоненты, которые никогда не найдут применения. Подобные детали имеют обыкновение накапливаться и смешиваться с рассортированными компонентами. Задача поддержания порядка заключается главным образом в том, чтобы решительно избавляться от всего ненужного, а отнюдь не в том, чтобы перебирать то, что уже хранится в определенном порядке. Если вы справитесь с первой задачей, вторая задача будет выполнена автоматически.

Две батареи можно легко хранить в металлических ящиках.

Ящик а — — — — —
пер — — — — —

и выбросить те батареи, которые «потекли». В противном случае могут быстро выйти из строя остальные батареи, а вытекший электролит может испортить другие компоненты и готовые схемы.

Принятая система хранения должна распространяться на большинство собранных деталей и компонентов. Однако всегда найдутся компоненты и детали схем, которые трудно отнести к какому-то определенному типу, и поэтому для их хранения следует завести специальный ящик или шкаф. В этом ящике также следует поддерживать порядок, насколько это возможно.

При подобной организации хранения значительно легче найти среди имеющихся компонентов те, которые необходимы для сборки выбранной вами электронной схемы. Поскольку в этом случае имеется полное представление об имеющемся запасе компонентов, довольно легко определить, каких компонентов недостает. Заказав эти компоненты, можно смело приступать к воплощению задуманного проекта.

Интегральная схема 555

Интегральная схема 555 представляет собой одну из первых ИС таймера, появившихся на рынке, и входит в группу компонентов, остававшихся относительно неизменными на протяжении многих лет. ИС 555 может иметь различные обозначения в зависимости от того, какой фирмой она выпущена. В местном магазине фирмы «Радио шак» таймер имеет обозначение 555 и стоит около 1 долл. Если же заказать эту ИС у фирмы «Нэшнл семикондактор корпорейшн», то она будет иметь обозначение LM555. Для ИС таймера, выпускаемой фирмой «Сильвания», принято обозначение ECG 955M, тогда как фирма RCA использует для этой схемы обозначение SK 3564/955M*.

ИС LM555 представляет собой высокостабильную интегральную схему, предназначенную для формирования прецизионных временных интервалов или гене-

Выпускаемый в Советском Союзе аналог этой интегральной схемы имеет обозначение КР1006З. — При ред.

рации колебаний. В ней предусмотрены дополнительные входы запуска или сброса. В режиме формирования задержки длительность временного интервала определяется номиналами подключаемых к схеме резистора и конденсатора. В режиме мультивибратора частота свободных колебаний и их скважность задаются двумя внешними резисторами и одним конденсатором. Имеется возможность запуска или сброса ИС отрицательными фронтами сигналов. Максимальный ток нагрузки ИС составляет 200 мА.

Можно встретить и другие обозначения данной ИС таймера — SE 666, NE 555, UA 555 и многие другие. Некоторые изготовители предлагают ИС таймера в различных корпусах. Так например, компания «Нэшенл семикондактор корпорэйшн» предлагает ИС LM555H в круглом металлическом корпусе. Та же компания предлагает ИС LM555J — тот же таймер, но в более распространенном 8-выводном корпусе с двухрядным расположением выводов. Обе ИС взаимозаменяемы, так как назначение выводов у них совпадает. Кроме того, компания «Нэшенл семикондактор» предлагает ИС типа LM555C, являющуюся полностью взаимозаменяемым усовершенствованным вариантом ИС типа LM555.

Таймер типа 555 выпускается уже столько лет, что сейчас его можно приобрести практически везде и весьма дешево. Несмотря на большое число разных обозначений, используемых различными изготовителями ИС 555, можно без труда найти необходимый компонент, воспользовавшись соответствующими справочниками по взаимозаменяемости. Если вы собираетесь использовать таймер в нескольких конструкциях, то имеет смысл приобрести сразу пять или более ИС. Это вполне реально благодаря крайней их дешевизне.

Во всех схемах для установки ИС таймера можно использовать 8-контактную панельку. ИС просто вставляется в гнезда этой панельки и так же легко может быть из нее извлечена и установлена в такую же панельку в другой схеме.

Промышленность выпускает несколько миллионов различных типов электронных компонентов. Многие из них по своим электрическим и функциональным

параметрам аналогичны друг другу, но имеют разные обозначения, присвоенные им различными изготовителями. Важно знать принципы работы этих компонентов, а также характер их работы в схемах. При конструировании схем, в которых применяются полупроводниковые приборы, необходимо иметь под рукой как можно больше справочников по взаимозаменяемости. Это даст возможность выбрать легко доступные компоненты по минимальной цене.

При сборке устройств по старым принципиальным схемам можно столкнуться с тем, что многие полупроводниковые приборы, указанные в них, больше не выпускаются. Однако они имеют современные аналоги, которые идентичны им или даже лучше. Следует заметить, что компоненты — аналоги одного изготовителя не всегда в точности идентичны изделиям других изготовителей. Для большинства схем это не имеет никакого значения, однако в отдельных случаях из-за этого могут возникнуть трудности. В подобных случаях необходимо использовать компоненты другого изготовителя или же внести изменения в схему, позволяющие использовать компонент другого типа.

Многие начинающие радиолюбители испытывают неуверенность в случае необходимости заменить один компонент другим. Осторожность здесь не является излишней, однако большинство таких замен можно проверить экспериментально без боязни повредить схему при условии, конечно, что радиолюбитель руководствуется здравым смыслом и паспортными данными на компонент, предоставляемыми изготовителем. Многие транзисторные схемы будут нормально работать с транзисторами сотен самых различных типов, большинство из которых даже не указано в качестве прямых аналогов в соответствующих справочниках. Цель этой книги и описанных в ней схем заключается в том, чтобы радиолюбитель получил удовольствие от своей работы, приобрел некоторый практический опыт и собрал схему, которая принесла бы ему некоторую практическую пользу.

ТРИДЦАТЬ ТРИ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ СХЕМЫ НА ИС 555

В этой главе описывается 33 устройства на интегральных схемах, которые могут быть собраны в домашней лаборатории радиолюбителя. При выборе электрических принципиальных схем и компонентов для сборки радиолюбительских конструкций с практической целью особое внимание уделялось тому, чтобы схемы были несложными, а используемые компоненты — недорогими.

Как уже упоминалось выше, собранные в соответствии с приведенными в этой главе электрическими принципиальными схемами устройства заведомо работоспособны и радиолюбитель может подвергнуть их дальнейшей самостоятельной модернизации. Большинство рассмотренных схем не критично к номиналам используемых в них дискретных компонентов, и поэтому допускается установка компонентов, номиналы которых отличаются до 10 % от указанных значений. Однако следует иметь в виду, что такое изменение номиналов компонентов в звуковых и высокочастотных схемах приведет к отклонению частоты их сигналов от требуемого значения. Так, например, если звуковой генератор предназначен для генерации колебаний частотой, точно равной 1000 Гц, то необходимо использовать компоненты именно с теми номиналами, которые указаны на электрической принципиальной схеме.

Все описанные здесь схемы собираются на небольших перфорированных платах. Выбор корпуса для каждого из предлагаемых устройств предоставляется самому радиолюбителю. Часто корпус вообще бывает не нужен и предпочтение отдается макетному варианту.

Многие из приведенных в этой главе схем представляют собой функционально законченные устрой-

ства. Другие предназначены для установки в существующую аппаратуру или для использования в качестве внешних испытательных или управляющих схем. Объединяя две или более схем из числа рассмотренных в этой главе, можно создавать совершенно новые устройства. Но, прежде чем приступать к значительному изменению любой из представленных здесь схем, необходимо сначала добиться ее правильного функционирования в том виде, в каком она приведена здесь. Экспериментирование с электронными схемами доставит большое удовольствие, если следовать этому правилу.

Схема 1. Миниатюрный передатчик

ИС 555 способна функционировать в качестве генератора колебаний в диапазоне от долей герца до радиочастот. Частота выходного сигнала, генерируемого схемой, изображенной на рис. 6.1, задается с

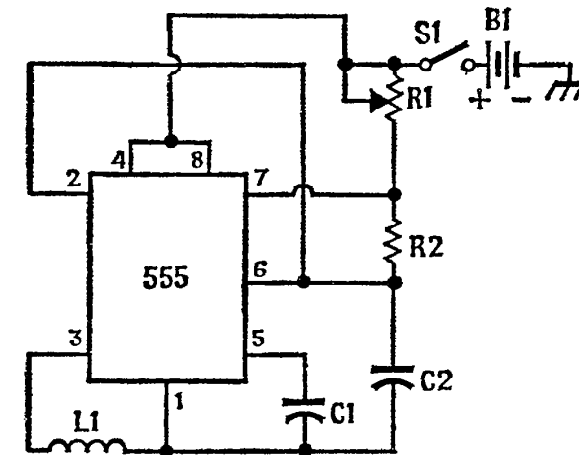


Рис. 6.1. Схема высокочастотного передатчика на ИС 555. В1 — 9-В батарея, C1 — конденсатор 0,01 мкФ, C2 — конденсатор 0,01 мкФ, L1 — дроссель 2,5 мГн, R1 — переменный резистор 5 кОм, 0,5 Вт, R2 — углеродистый резистор 1 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель.

толькошь переключателем R1. Выходная мощность такого устройства мала, однако достаточно для того, чтобы послужить в качестве внешнего АМ передатчика. Чтобы другие устройства работали с приемником. Для уверенного

приема сигнала необходимо использовать генератор биений, так как у такого передатчика на выходе будет непрерывная несущая. В качестве простого резонатора/антенны L1 в нем используется ВЧ-дроссель индуктивностью 2,5 мГн.

Схема работает от одной 9-В батареи, применяемой в транзисторных радиоприемниках, но сохраняет свою работоспособность и при других напряжениях питания. Ее выходная частота определяется сочетанием сопротивлений резисторов R1 и R2 и емкостью конденсатора C2. В качестве переменного резистора R1 можно использовать стандартный переменный резистор мощностью 0,5 Вт с линейной характеристикой изменения сопротивления, закрепленный на стенке пластмассового корпуса передатчика. Если корпуса нет, то в качестве R1 можно применить подстроечный переменный резистор, устанавливаемый прямо на перфорированной монтажной плате.

Переменный резистор R1' дает возможность подстраивать частоту выходного сигнала схемы, после того как нужная частота будет установлена, его можно заменить на постоянный резистор. Настраивать схему на заданную частоту удобнее с помощью переменного резистора. После того как требуемое значение частоты выставлено, следует отключить питание схемы, измерить сопротивление переменного резистора R1 и установить на его место в схеме углеродистый резистор номинальной мощностью 0,5 Вт, сопротивление которого равно или очень близко к измеренному.

Увеличение сопротивления резистора R1 вызывает уменьшение частоты выходного сигнала, а уменьшение сопротивления ведет к увеличению рабочей частоты передатчика. В качестве конденсатора C2 используется обычный конденсатор емкостью 0,01 мкФ. Это может быть дисковый керамический конденсатор, однако лучше использовать более качественный слюдяной конденсатор или конденсатор с металлизированной серебряной слюдой. Если настроить схему на требуемую частоту не удастся, то можно несколько изменить емкость конденсатора C2. Уменьшение емкости конденсатора C2 вызывает рост выходной частоты; подобную подстройку следует проводить ма-

лыми приращениями, так как даже при небольшом изменении емкости частота меняется значительно.

Все компоненты схемы можно смонтировать на перфорированной плате размером примерно 7×7 см. ИС 555 следует установить в центре платы и затем выполнить все монтажные соединения. Поскольку это высокочастотная схема, выводы у всех компонентов должны быть как можно короче. Небрежно выполненный монтаж может привести к тому, что частота выходного сигнала будет подвержена случайным крупным скачкам.

ВЧ-дроссель L1 должен быть установлен с одной стороны от ИС таймера, на удалении от остальных компонентов схемы. Его можно закрепить на поверхности платы с помощью нескольких капель эпоксидного или любого другого быстросхватывающегося клея. Следует убедиться, что положительный полюс 9-В батареи подключен к перемычке, соединяющей 4-й и 8-й выводы ИС, через выключатель, а отрицательный полюс — к земле схемы. При обратном подключении батареи к схеме последняя не будет работать и, более того, может выйти из строя ИС. Установка на плате обычного тумблера может оказаться затруднительной, поэтому его удобнее установить на стенке корпуса передатчика. Если корпуса нет, то следует использовать какой-либо миниатюрный выключатель, который можно установить на перфорированную плату наподобие транзистора или любого другого полупроводникового компонента.

Для проверки работоспособности схемы понадобится радиоприемник, настраиваемый в диапазоне частот от 1500 до 4000 кГц. Включите генератор биений и замкните выключатель S1. При этом через радиоприемник может сразу же прослушиваться сигнал радиопередатчика, однако может оказаться, что нужна дополнительная подстройка переменного резистора R1, для того чтобы выходная частота передатчика попала в диапазон частот, принимаемых радиоприемником. Вращая ручку настройки радиоприемника и ось резистора R1, добейтесь устойчивого приема сигнала передатчика. На этой начальной стадии настройки передатчика поместите антенну радиоприемника как можно ближе к 2,5-мГн дросселю. Конечно,

у такого передатчика не будет большого радиуса действия, однако его сигнал можно будет принимать в пределах 6 м.

Не расстраивайтесь, если на этой стадии настройки схемы ее выходная частота не будет отличаться особой стабильностью. Дело в том, что для завершения настройки схемы следует выполнить еще одну небольшую работу. Убедившись в ее работоспособности, с помощью нескольких капель клея приклейте каждый компонент к монтажной плате, чтобы придать схеме устойчивость к механическим воздействиям. Это особенно важно для таких компонентов, как L1 и C2. Но прежде еще раз удостоверьтесь в работоспособности схемы, так как после приклеивания будет очень трудно извлечь из платы неисправные или неверно смонтированные компоненты.

Если передатчик будет собран в корпусе, то имеет смысл конструктивно объединить компоненты S1 и R1. Для этого следует приобрести переменный резистор со встроенным выключателем, который применяется в большинстве радиоприемников, телевизоров и другой бытовой вещательной аппаратуре. Для этой цели можно также использовать стандартный переменный резистор и отдельный тумблер, которые устанавливаются на стенке корпуса передатчика.

Корпус передатчика нельзя делать из металла, так как в этом случае электромагнитное излучение дросселя L1 будет полностью или частично экранировано. В большинстве магазинов, торгующих товарами для радиолюбителей, имеются в продаже небольшие пластмассовые корпуса. Изолирующий материал, из которого они выполнены, свободно пропускает электромагнитное излучение. Кроме того, пластмассовый корпус упрощает задачу крепления перфорированной монтажной платы, поскольку в этом случае не нужны опорные изоляторы.

Пластмасса является диэлектриком, и поэтому монтажную плату можно прямо прикрепить к дну корпуса одним металлическим болтом. Важно, чтобы этот болт не закорачивал монтажные соединения. Для этого просверлите отверстие в монтажной плате и в дне корпуса. Затем пропустите болт через дно корпуса и плату и навинтите на него гайку.

Затяните гайку, но не слишком сильно, чтобы не повредить монтажную плату.

Описанную схему можно с успехом применять в качестве передатчика в домашнем варианте игры типа «охота на лис». Один из играющих включает передатчик и прячет его где-нибудь в комнате. Другой играющий с помощью радиоприемника с направленной антенной пытается как можно быстрее найти этот передатчик. Еще один пример использования схемы — ее применение в качестве источника сигнала при настройке и проверке радиоприемников. В этом случае такой передатчик может заменить другой высокочастотный генератор сигналов или генератор шума. Благодаря батарейному питанию он отлично подходит для проведения регулировочных работ там, где нет сетевого питания.

Минимальная частота этой схемы составляет приблизительно 50 кГц, максимальная — более 2 МГц. При установке требуемой выходной частоты с помощью переменного резистора R1 следует вращать его ось очень аккуратно, поэтому для работы передатчика на фиксированной частоте целесообразно заменить переменный резистор на 0,5-Вт углеродистый постоянный резистор с соответствующим сопротивлением. ВЧ-дроссель используется в качестве антенны, при этом его излучательное действие эффективно лишь в спектре радиочастот. По мере снижения частоты дроссель начинает действовать просто как электрический проводник, закорачивая сигнал на землю. По этой причине начинайте настройку передатчика, установив переменный резистор R1 в положение с максимальным сопротивлением и никогда не поворачивайте его ось до упора в противоположном направлении (минимальное сопротивление), так как это может вывести из строя ИС

Схема 2. Дверное устройство тревожной сигнализации

Окото... налад устрой... лож...
на изац... етые к дверны... пр...
ре кратковр...нную по...ярность. Их приобре... и
нер... пред... пр...в...м... по...в...в...в...в...

ствиях. Покупателям предлагались устройства, подключаемые к дверной ручке, и издававшие сигнал тревоги если кто-либо касался ручки в ночное время. В результате отпускники могли крепко спать в отведенных им гостиничных номерах, зная, что при

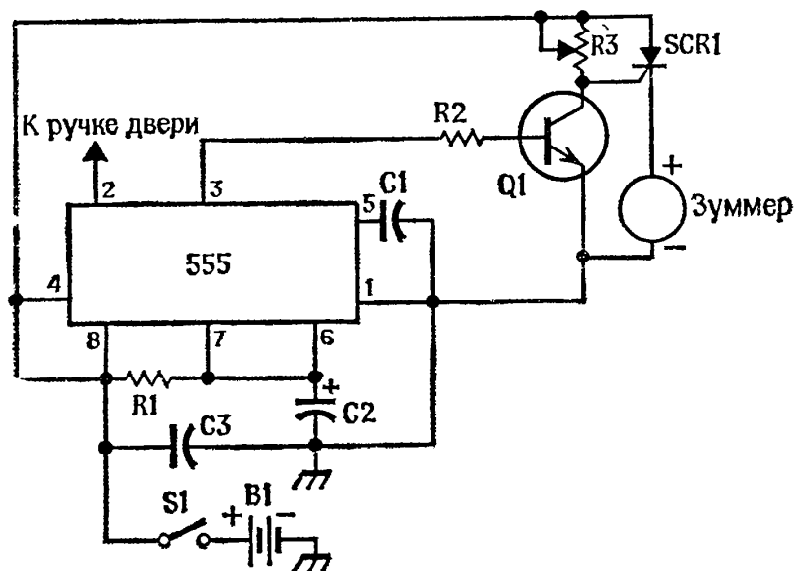


Рис. 6.2. Схема устройства тревожной сигнализации, подключаемого к дверной ручке. В1—9-В батарея, 9-В зуммер (позиция 854-6550 в каталоге компании «Эллайд радио»), С1—конденсатор 0,05 мкФ, С2—электролитический конденсатор 5 мкФ, 20 В, С3—конденсатор 0,12 мкФ, Q1—транзистор ECG 123A (фирма «Сильвания»); R1—углеродистый резистор 100 кОм, 0,5 Вт, R2—углеродистый резистор 3 кОм, 0,5 Вт, R3—переменный резистор 50 кОм, 0,5 Вт (с линейной характеристикой), S1—однопольный выключатель, SCR1—любой маломощный тиристор.

любой попытке проникновения в их номер зазвучит сигнал тревоги.

Непродолжительность популярности этих устройств объясняется тем, что срабатывали они не всегда. Сказанное относится и к схеме, изображенной на рис. 6.2. Ее можно рассматривать как полупроводниковый ключ, управляемый выходным сигналом ИС 555. Вывод 2 ИС подключается к металлической дверной ручке, которая служит проводником электрического напряжения, наводимого на теле человека от сетевой электропроводки здания напряжением 115 В

и частотой 60 Гц. Именно по этой причине такие схемы иногда не срабатывают. Мы часто забываем, что переменный ток, текущий в наших домах, является источником электромагнитной энергии, передаваемой другим предметам без непосредственного контакта. Надежность срабатывания схемы зависит от того, насколько близко от сетевого провода находится человек, пытающийся открыть дверь. Поэтому данное устройство совершенно бесполезно в лесу, где отсутствует электросеть переменного тока. Такая сеть не используется для питания этой схемы, она необходима лишь для ее срабатывания. Другой недостаток таких устройств заключается в том, что они постоянно срабатывают во время грозы и в другие периоды, когда повышен электрический заряд атмосферы.

При поступлении сигнала на вывод 2 ИС 555 на выводе 3 формируется сигнал длительностью около 1,5 с. Этот сигнал поступает на базу *npr*-транзистора Q1, который при этом включается. В результате отпирается маломощный тиристор SCR1 и включается 9-В зуммер. Через 1,5 с на выводе 3 восстанавливается низкий уровень напряжения, но тиристор остается во включенном состоянии до тех пор, пока схема не будет обесточена путем размыкания выключателя S1. Переменный резистор R3 служит для регулировки чувствительности схемы. Многие из предложенных ранее схем не имели этого резистора, что было одной из причин их ненадежного срабатывания.

Все компоненты схемы смонтированы на перфорированной плате размером примерно 10×10 см. ИС 555 устанавливается у левого края платы, а транзистор и тиристор — у ее правого края. В данном случае к монтажу особых требований не предъявляется, а единственным необычным компонентом является 9-В зуммер, который можно заменить звонком или любым другим сигнальным устройством, работающим от 9-В источника. Схему желательно поместить в пластмассовый корпус, который можно закреплять непосредственно на дверной ручке. В качестве электрического проводника, соединенного с выводом 2 ИС, может служить оголенный кусок провода, обмотанный несколько раз вокруг дверной ручки. На конце провода, идущего к выводу 2, можно закрепить боль-

шой зажим типа тех, которые используются на соединительных проводах аккумуляторов,— это обеспечит более надежное подключение схемы к дверной ручке. 9-В батарея может быть закреплена в пластмассовом корпусе с помощью обычного крепежного зажима. Выключатель питания и переменный резистор крепятся на одной из стенок корпуса.

Проверьте правильность соединения выводов ИС в соответствии с принципиальной схемой. Кроме того, убедитесь, что Q1 — транзистор *npn*-типа, а тиристор SCR1 включен в соответствии со схемой. Положительный контакт 9-В зуммера должен быть подключен к катоду тиристора, иначе он не будет работать.

Прежде чем включить схему, установите ось переменного резистора R3 в положение, соответствующее максимальному сопротивлению. Подключите провод, идущий от вывода 2, к дверной ручке и еще раз убедитесь, что отрицательный полюс батареи соединен с землей, а положительный подключен к выключателю S1. Если все сделано верно, то можно переходить к процедуре настройки.

Замкните выключатель S1 и возьмитесь за дверную ручку. Медленно уменьшайте сопротивление резистора R3. При некотором положении оси резистора зуммер прекратит издавать звук. Разомкните выключатель S1 и отпустите дверную ручку. Подождите примерно секунду и снова замкните S1. Зуммер должен молчать. Снова возьмитесь за дверную ручку, зуммер должен начать издавать звук. Если он не срабатывает, то необходимо немного увеличить сопротивление резистора R3. Следует настроить резистор R3 на минимальное сопротивление, лишь ненамного превышающее значение, при котором зуммер срабатывает. Эту регулировку нужно выполнять, убрав руку с дверной ручки. Если установленное сопротивление резистора R3 слишком мало, то сигнальное устройство будет издавать звук непрерывно. Настройку следует продолжать до тех пор, пока зуммер не будет срабатывать при каждом касании дверной ручки. Вся процедура настройки занимает около одной минуты. Во время настройки необходимо помнить, что после срабатывания схемы зуммер будет издавать звук до тех пор, пока выключатель S1 остается замк-

нутым. Если после прикосновения к дверной ручке и срабатывания сигнального устройства отпустить дверную ручку, то зуммер автоматически не выключается. Если же зуммер непрерывно издает звук даже, когда никто не касается дверной ручки, то следует увеличить сопротивление резистора R3.

Эту процедуру настройки придется повторять каждый раз при подключении сигнального устройства к другой дверной ручке. При изменении окружающих условий также необходимо менять сопротивление резистора R3, но при известном навыке подобная настройка занимает немного времени.

Схему можно усовершенствовать, убрав из нее зуммер и заменив его 6-В или 9-В реле постоянного тока. При прикосновении к дверной ручке реле срабатывает, а его контакты можно использовать для приведения в действие сигнальных устройств переменного тока, электрических ламп или других предупреждающих устройств. Но предварительно убедитесь, что протекающий через контакты реле ток не превышает максимально допустимого значения. Для большинства 9-В реле этот ток не должен быть больше 1 А, поэтому в мощных системах сигнализации такое реле следует использовать для управления током через обмотку более мощного силового реле, контакты которого рассчитаны на гораздо больший ток.

Для своего дверного устройства тревожной сигнализации автор использовал пластмассовый корпус, к верхней части которого был приклеен эпоксидным клеем крючок от пластмассовых плечиков для одежды. Такое устройство можно повесить на любую дверную ручку, а затем обмотать ее проводом, соединенным с выводом 2. Возможно, одна из основных причин того, что эти устройства быстро утратили популярность, заключается в том, что во многих гостиницах и мотелях на дверях сегодня стоят пластмассовые ручки. В результате описанное устройство становится совершенно бесполезным. Следует заметить, что такая схема не отличается высокой надежностью, но она и не предназначена для применения в качестве высоконадежного устройства тревожной сигнализации. Эта схема может служить прекрасным дополнением к более сложной системе сигнализации.

Схема 3. Еще одно устройство тревожной сигнализации

Приведем краткое описание еще одного тревожного сигнального устройства, подключаемого к дверной ручке. Оно предназначено для тех же целей, что и предыдущая схема, однако несколько отличается от нее способом включения ИС. Устройство является

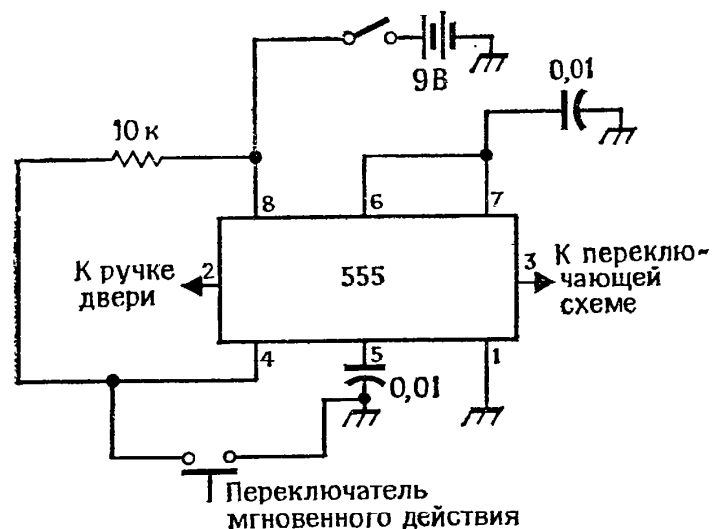


Рис. 6.3. Еще один вариант схемы устройства сигнализации, подключаемого к дверной ручке.

защелкивающимся и в нем предусмотрен сброс в исходное состояние. При прикосновении к дверной ручке на выводе 3 ИС устанавливается высокий уровень напряжения, который сохраняется до тех пор, пока не будет нажата кнопка сброса. При нажатии на эту кнопку на выводе 3 устанавливается нормальный низкий уровень напряжения. Данная схема может управлять маломощным тиристором без помощи транзистора. Как и в предыдущем случае, здесь для питания используется 9-В батарея. Эта схема значительно проще предыдущей, однако следует иметь в виду, что к ней необходимо добавить схему коммутации сигнального устройства. Принципиальная схема данного устройства сигнализации, которое можно использовать и для других целей, изображена на

рис. 6.3. Нагрузочная способность ИС 555 позволяет подключать к ней ТТЛ-схемы, поэтому описываемое устройство можно использовать для сенсорного включения многих разнообразных устройств. В этом случае оно играет роль обыкновенного выключателя. Схему можно также рассматривать как полупроводниковое реле с блокировкой, поскольку после касания пластины, дверной ручки и т. д. на выводе 3 ИС устанавливается высокий уровень напряжения, который сохраняется до тех пор, пока не отключено питание или не нажата кнопка сброса. Эта схема представляет собой альтернативный вариант описанного выше дверного устройства тревожной сигнализации.

Схема 4. Звуковой генератор на частоту 3500 Гц

Интегральная схема 555 чаще всего используется для генерации звуковых сигналов с высоким содержанием гармоник. Большинство генераторов вырабатывают колебания синусоидальной формы. Работа в переключательном режиме, ИС 555 генерирует сигнал прямоугольной формы. Выходной сигнал такого генератора, или точнее мультивибратора, хорошо подходит для контроля прохождения сигнала через низкочастотные схемы. Кроме того, это устройство можно использовать как простой и недорогой звуковой генератор.

В схеме, показанной на рис. 6.4, компоненты имеют постоянные номиналы, и поэтому частота ее выходного сигнала составляет приблизительно 3500 Гц (3,5 кГц). Питание схемы осуществляется от 9-В батареи, применяемой в транзисторных радиоприемниках, однако схема может работать и от 12-В источника. Частота ее выходного сигнала задается сопротивлениями резисторов R1, R2 и емкостью конденсатора C1. Частоту можно менять, увеличивая или уменьшая номиналы этих компонентов. Автор использовал эту схему в радиолубительском передатчике двенадцатого диапазона для манипуляции тестным ретранслятором. В этой схеме S1 представляет собой нормально разомкнутый кнопочный переключатель. Вывод 3 ИС подключен к цепи микрофона. После включения микрофона следует на короткое время

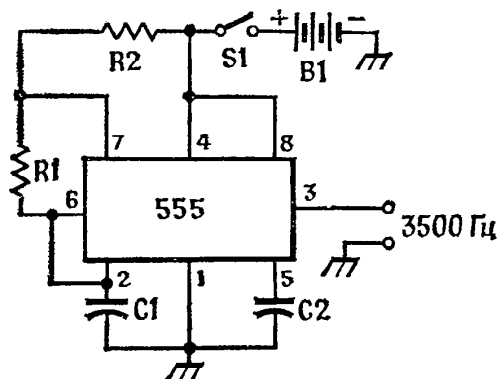


Рис. 6.4. Схема звукового генератора на частоту 3,5 кГц. В1 — 9-В батарея, С1 — конденсатор 0,012 мкФ, С2 — конденсатор 0,01 мкФ, R1, R2 — углеродистые резисторы 10 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель.

замкнуть переключатель S1, в результате чего сформируется тональный сигнал частотой 3500 Гц, который включит ретранслятор. Кнопку переключателя необходимо нажимать перед началом каждой передачи. Кроме того, к выходу этой схемы можно подключить громкоговоритель и использовать ее в качестве звукового генератора для тренировки операторов, обучающихся азбуке Морзе, хотя для этой цели частота 3500 Гц несколько велика.

Поскольку мой радиопередатчик имел весьма небольшие размеры, я постарался, чтобы звуковой генератор тоже занимал как можно меньше места. Для сборки звукового генератора я взял перфорированную монтажную плату размером примерно $7,5 \times 7,5$ см и в середине платы разместил ИС. Для экономии места панелька для установки ИС не использовалась, хотя ее можно применить, если позволяет площадь платы. Выводы всех компонентов были обрезаны до предела и припаяны непосредственно к выводам ИС. Кнопочный переключатель был выведен на переднюю панель передатчика, а источником питания служил внутренний 12-В источник питания радиопередатчика. Стандартный выключатель питания и 9-В батарейка, показанные на схеме, устанавливаются за пределами монтажной платы.

После сборки звукового генератора со всех четырех сторон перфорированной монтажной платы оста-

лось много неиспользованного места. Пустые участки платы были просто срезаны с помощью кусачек, и в итоге вся схема уместилась на участке платы размером около 4×4 см. Опыт показал, что лучше всего сначала брать монтажную плату большего размера, чем необходимо. Это позволит вносить изменения в схему в процессе сборки и наладки; затем лишние участки платы можно удалить. Собранный мною миниатюрный звуковой генератор был установлен на свободном месте в передатчике двухметрового диапазона и до сих пор работает там, хотя в большинстве радиолюбительских передатчиков подобный способ коммутации больше не применяется.

Для подключения к выходу этой схемы громкоговорителя соедините его с выводом 3 ИС через электролитический конденсатор, положительный вывод которого соединяется с выводом 3 ИС, а отрицательный — с одним из контактов 8-Ом громкоговорителя. Другой контакт громкоговорителя следует соединить с землей схемы (вывод 1 ИС). Частоту выходного сигнала можно регулировать, если вместо постоянного резистора R2 установить 50-кОм переменный резистор. С помощью этого переменного резистора, как показал опыт, можно обеспечить нормальное функционирование этой схемы в диапазоне напряжений питания от 5 до 15 В. Если требуется другое значение рабочей частоты, то следует изменить сопротивление R2 и (или) емкость C1. Уменьшение номиналов этих компонентов увеличивает, а увеличение уменьшает частоту выходного сигнала на выводе 3 ИС.

В целом описанное устройство представляет собой отличный универсальный генератор, который хорошо дополняет другие измерительные приборы в домашней лаборатории радиолюбителя. Конечно, форма генерируемого сигнала далека от синусоиды, однако наличие в сигнале большого числа гармоник весьма полезно при проверке с его помощью каскадов низкочастотных схем. Если соединить выход звукового генератора (вывод 3 ИС) со средним контактом регулятора громкости любого звукоусилительного устройства, то можно получить усилитель выходного сигнала ИС 555. Чтобы на работу данного звукового

генератора не влияли никакие постоянные токи, всегда соединяйте его с внешней схемой через разделительный конденсатор.

Схема 5. Метро Δ

Метроном — это устройство, с помощью которого музыканты устанавливают темп исполнения музыкального произведения. На протяжении сотен лет они использовали механический метроном, основным узлом которого является маятник регулируемой длины. При качании маятника издавались механические щелчки, темп которых можно было регулировать от быстрого (аллегро) до медленного (анданте). В нашем веке был изобретен электромеханический метроном, в котором используется электрический двигатель с регулируемой скоростью вращения. Вращаясь, вал двигателя взводит стальную пружину, которая при освобождении ударяет по стенке пустотелого деревянного ящика, издавая при этом щелчок. При увеличении скорости вращения электродвигателя темп, задаваемый метрономом, также возрастает.

В век электроники в моду вошли чисто электронные метрономы. Схема такого устройства изображена на рис. 6.5. Электронный метроном представляет собой генератор низких частот, выходной сигнал которого поступает на 8-Ом громкоговоритель. Здесь также темп исполнения музыкального произведения задается щелчками, однако подвижные детали отсутствуют.

Колебания генератора имеют такую низкую частоту, что никакого непрерывного тона не слышно и четко различается каждый звуковой щелчок. Регулируя $R1$, можно получить темп следования щелчков, необходимый для исполнения любого музыкального произведения.

В этой схеме вывод 5 остается свободным, что не должно вас волновать. Емкость конденсатора $C1$, определяющая частотный диапазон щелчков, выбрана равной 10 мкФ. Нужная частота следования звуковых щелчков устанавливается с помощью резистора $R1$. Если при емкости конденсатора $C1$ 10 мкФ частота щелчков метронома не укладывается в задан-

ный диапазон, то его следует заменить конденсатором другой емкости. Чем меньше емкость конденсатора, тем чаще будут щелчки метронома. Настройку метронома следует начать, взяв конденсатор $C1$ емкостью 10 мкФ, а затем путем подбора его емкости добиться, чтобы частота следования щелчков регулировалась в заданных пределах. Если частота очень велика (быстрый темп), то ее можно немного уменьшить,

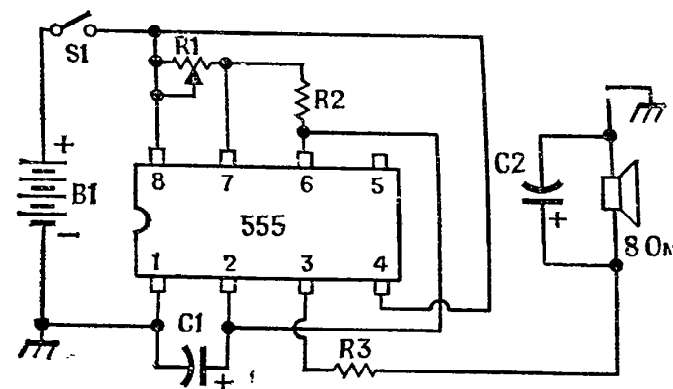


Рис. 6.5. Метроном на ИС 555. $B1$ — 9-В батарея, $C1$ — электролитический конденсатор 10 мкФ, 15 В, $C2$ — электролитический конденсатор 5 мкФ, 15 В, $R1$ — переменный резистор 1,5 МОм, $R2$ — углеродистый резистор 1 кОм, 0,5 Вт, $R3$ — углеродистый резистор 250 Ом, 0,5 Вт, $S1$ — однополюсный выключатель. Вывод 5 остается свободным.

подключив параллельно $C1$ конденсатор емкостью 5 мкФ.

Метроном, выполненный по этой схеме, настолько мал, что может без труда уместиться в футляре для скрипки или даже в кармане пальто. ИС 555 потребляет очень малый ток и поэтому 9-В батареи ей хватит на много часов работы. Не забывайте выключать $S1$, когда метроном не используется.

Следует отметить, что электролитический конденсатор $C1$ — далеко не лучший тип конденсатора для этой схемы. Дело в том, что такие конденсаторы имеют большие утечки. Если у вас есть неполярный конденсатор емкостью 2 мкФ, то лучше взять его, а в качестве $R1$ использовать переменный резистор сопротивлением 10 кОм. Электролитические конденсаторы очень легко приобрести, поэтому для данной схемы

предложен именно этот широко распространенный компонент.

Лучше всего поступить следующим образом. Сначала поставьте в схему электролитический конденсатор. Если при этом метроном будет удовлетворять предъявляемым к нему требованиям, то прекрасно, если нет, замените электролитический конденсатор. Вместо дефицитного неполярного конденсатора емкостью 2 мкФ можно попробовать использовать конденсатор с майларовым диэлектриком емкостью 0,1 мкФ, но при этом на место R1 следует установить переменный резистор сопротивлением 100 кОм. Рассмотренные варианты построения схемы позволяют собрать высококачественный метроном из легко доступных компонентов. Электролитический конденсатор вполне подходит, хотя из-за его утечек на очень низких частотах следования звуковых щелчков схема работает не очень устойчиво.

Если наряду со звуковыми щелчками требуется и визуальная индикация темпа, то включите последовательно с громкоговорителем обычный светодиод (СИД). Анод светодиода подключается к выводу 3 ИС, а его катод — к контакту громкоговорителя. Громкоговоритель можно вообще не подключать, а для задания темпа использовать мигающий СИД. Выходная (акустическая) мощность этой схемы невелика, и поэтому для увеличения громкости ее следует включить через усилитель низкой частоты. Для некоторого повышения качества звучания метронома можно уменьшить сопротивление резистора R3. Кроме того, R3 можно использовать в качестве регулятора громкости.

Схема 6. Генератор тонального сигнала для частной радиолинии

Частные линии радиосвязи были впервые предложены промышленностью средств связи для ведения служебных радиопереговоров. По мере увеличения количества радиопередающих устройств, работающих в диапазоне частот, выделенном для служебной радиосвязи, для них был разработан метод дистанционного включения схемы автоматической регулировки

усиления приемника, служащей для бесшумного приема; для этого одновременно с речевой информацией передается низкочастотный тональный сигнал. Низкая частота выбрана такой, чтобы она была практически неслышима на приемном конце радиолинии. Приемопередатчики, оснащенные устройствами опознавания частной линии радиосвязи, не будут срабатывать при приеме сигналов других служб радиосвязи, не содержащих этого тонального сигнала. Каждая частная линия радиосвязи имеет свою, несколько отличную от других частоту тонального сигнала. Например, в некоторых частных линиях радиосвязи используется тональный сигнал частотой 80 Гц, тогда как в других линиях эта частота составляет 90 или 100 Гц. В схеме автоматической регулировки усиления приемника, предназначенной для бесшумного приема, имеется специальный детектор, который отключит эту схему только тогда, когда будет принят тональный сигнал требуемой частоты. Этот тональный сигнал передается не в виде короткой посылки, а непрерывно в течение всего сеанса связи.

Поскольку радиолюбители в течение долгого времени были основными потребителями коммерческих средств радиосвязи, распродаваемых в виде товарных излишков, частные линии радиосвязи быстро укоренились в радиолюбительской практике и стали использоваться для дистанционного управления передатчиками ретрансляторов. Радиолюбители, имеющие разрешение на пользование УКВ-ретранслятором, оснастили свои приемопередатчики миниатюрными низкочастотными звуковыми генераторами, выходной сигнал которых подается непосредственно на вход микрофонной линии. Ретранслятор не включится до тех пор, пока им не будет принят тональный сигнал.

В настоящее время многие радиолюбительские УКВ-приемопередатчики имеют встроенные низкочастотные генераторы с регулируемой частотой выходного опознавательного сигнала. Во многих из них используется ИС 555.

На рис. 6.6 изображена схема генератора опознавательного сигнала частной радиолинии, выполненная на основе ИС 555 и питающаяся от встроенного 12-В источника питания приемопередатчика. Схема генери-

рует низкочастотные колебания, частота которых регулируется путем изменения сопротивления резистора R1. Кроме того, в схеме имеется регулятор уровня R3, с помощью которого можно установить минимальный уровень выходного сигнала, вызывающего включение ретранслятора. При установке описываемого устройства в приемопередатчик следует под-

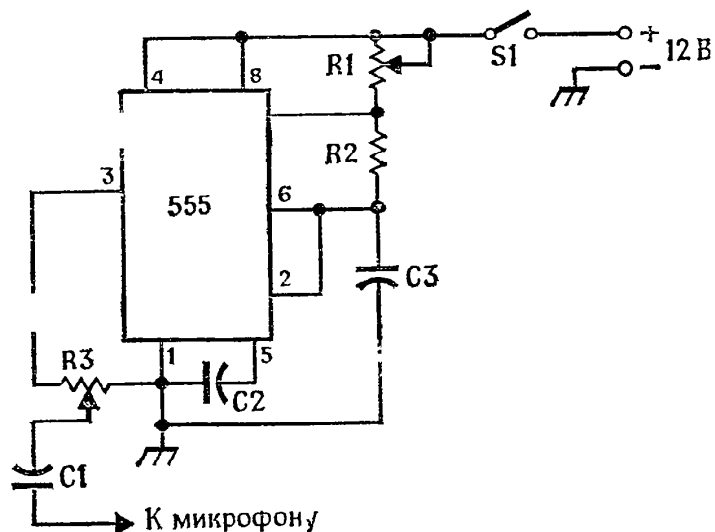


Рис. 6.6. Схема генератора тонального сигнала для частной линии радиосвязи. C1 — конденсатор 0,2 мкФ, C2 — конденсатор 0,01 мкФ, C3 — конденсатор 0,1 мкФ (прецизионный), R1 — прецизионный подстроечный резистор 100 кОм, R2 — углеродистый резистор 1 кОм, 0,5 Вт, R3 — переменный резистор 5 кОм, S1 — однополюсный выключатель.

ключить его к 12-В источнику питания, а его выход — на микрофонный вход. Самый простой способ заключается в том, чтобы припаять вывод конденсатора C1 к микрофонному входу. Тогда всякий раз при включении микрофона будет срабатывать и схема генератора опознавательного сигнала частной радиолинии, если выключатель S1 замкнут. Если тональный опознавательный сигнал не нужен, то достаточно просто разомкнуть выключатель S1.

В отличие от предыдущей схемы эта схема довольно критична к номиналам используемых в ней компонентов. Получение звуковых сигналов со стабильной частотой выше 250 Гц не составляет большого

труда. Однако на меньших частотах небольшие изменения параметров компонентов схемы могут вызвать значительный уход частоты выходного сигнала. По этой причине к нескольким компонентам схемы, а именно к C3 и R1, предъявляются особые требования, так как именно они определяют выходную частоту. Конденсатор C3 должен быть прецизионного типа, а в качестве R1 используется прецизионный подстроечный резистор. Подстроечный резистор выполняется в прямоугольном корпусе, в котором имеется фиксируемый винт со шлицом, предназначенный для регулировки сопротивления. Для изменения сопротивления такого резистора от минимального до максимального значения требуется повернуть винт несколько раз. Поскольку точность установки сопротивления резистора R1 крайне важна для этой схемы, возможность плавной регулировки весьма ценна.

Важно, чтобы выводы всех компонентов имели минимально возможную длину, а вся схема была сделана механически прочной. Как и в предыдущей схеме, после проверки работоспособности компоненты схемы необходимо жестко закрепить на перфорированной монтажной плате с помощью эпоксидного или любого другого быстросхватывающегося клея. Избегайте попадания клея на регулировочный винт переменного резистора, так как он понадобится в дальнейшем для настройки схемы на конкретные частоты различных частных радиолиний.

ИС 555 — далеко не лучший компонент для построения стабильного низкочастотного генератора. Тем не менее она довольно популярна у многих изготовителей УКВ-аппаратуры. Эта схема также может оказаться весьма полезной и в радилюбительской практике. В настоящее время у автора имеется серийный радилюбительский УКВ-приемопередатчик со встроенным генератором опознавательного сигнала частной радиолинии, выполненным на ИС 555. В ходе его эксплуатации не возникало никаких затруднений при связи с большинством радилюбительских ретрансляторов.

Неподалеку от моего дома имеется ретранслятор, который принадлежит и эксплуатируется радилюбителями. В нем использована серийная аппаратура, в

которой имеется высококачественная схема обнаружения тонального сигнала частной линии радиосвязи. Этот ретранслятор очень чувствителен к уходу частоты тонального сигнала даже на несколько герц в ту или другую сторону. Его полоса пропускания значительно уже, чем у большинства стандартных радилюбительских ретрансляторов. Пришлось подстраивать частоту тонального сигнала с помощью подстроечного резистора через каждые несколько месяцев. На стабильность выходной частоты генератора влияют также колебания температуры и сильные высокочастотные поля.

Подобное влияние дестабилизирующих факторов будет испытывать и описанная здесь схема, поэтому для обеспечения максимальной стабильности ее работы следует уделить большое внимание ее конструкции и монтажу. Поскольку эта схема предназначена для установки в уже существующую аппаратуру, важно, чтобы она имела минимальные размеры. Это требование будет выполнено автоматически, поскольку, чтобы схема была устойчивой к воздействию дестабилизирующих факторов, необходимо, чтобы все ее компоненты имели очень короткие выводы и были расположены как можно ближе друг к другу. Все компоненты данной схемы можно разместить на перфорированной монтажной плате размером 5×5 см. После окончания сборки лишние участки монтажной платы должны быть срезаны с помощью кусачек.

Для точной настройки схемы на заданную выходную частоту потребуются осциллограф или прецизионный частотомер. С другой стороны, ее можно подключить к приемопередатчику, и, выйдя в эфир, быстро регулировать выходную частоту до тех пор, пока ретранслятор не начнет срабатывать. Вероятно, лучше всего настраивать эту схему с помощью осциллографа, так как уровень ее выходного сигнала недостаточен для срабатывания большинства частотомеров. В любом случае вначале необходимо убедиться в том, что схема работоспособна. Это можно сделать с помощью вольтметра переменного тока. Удостоверившись в наличии сигнала на выводе 3 ИС, следует с помощью эпоксидного клея приклеить каждый компонент к монтажной плате для придания устройству

механической устойчивости. Свою схему автор полностью залил эпоксидным клеем, превратив ее в единый модуль. При этом, конечно, регулировочный винт подстроечного резистора остался свободным. Для подключения этого модуля к приемопередатчику были использованы небольшие отрезки изолированного монтажного провода.

Процедура настройки частоты существенно упрощается, если применяется измерительный прибор, дающий точные показания. В этом случае достаточно регулировать сопротивление $R1$ до тех пор, пока не будет получена требуемая частота выходного сигнала. Прецизионные подстроечные резисторы имеют довольно стабильные характеристики и их сопротивление не меняется при слабых механических ударах. Если впоследствии возникает необходимость изменить частоту тонального сигнала частной радиолинии, то это достигается простой регулировкой сопротивления $R1$. Имеет смысл установить выключатель $S1$ на передней панели приемопередатчика для включения/выключения сигнала доступа к ретранслятору. В частности, нет необходимости передавать тональный сигнал при обращении к уже включенному ретранслятору. Регулятор уровня выходного сигнала $R3$ можно установить внутри или снаружи корпуса приемопередатчика.

Если в УКВ-приемопередатчике установлена схема формирования тонального сигнала частной радиолинии, то для передачи необходимо настроиться на частоту соответствующего ретранслятора, а затем нажать кнопку включения микрофона. Если частота тонального сигнала установлена правильно, то ретранслятор включится. После этого можно уменьшать уровень выходного сигнала до тех пор, пока не будет достигнут минимальный уровень, при котором еще происходит надежное переключение ретранслятора. Другими словами, следует стремиться к тому, чтобы уровень тонального сигнала был минимальным. При обращении к остро настроенным ретрансляторам увеличение уровня тонального сигнала иногда вызывает небольшую девиацию частоты частной радиолинии и обеспечивает надежное включение ретранслятора. Однако при этом во время передачи речевого сообщения

через микрофон в приемниках будет прослушиваться низкочастотный тональный сигнал. При хорошей настройке частной радиолинии тональный сигнал на приемном конце практически не слышен.

Схема 7. Электронный таймер

На протяжении всей книги речь шла об ИС таймера 555. А что такое таймер? Согласно терминологии, принятой в электронике, таймером называется устройство, вырабатывающее импульсы через определенные, равные промежутки времени. Примерами таймера могут служить часы или какое-либо другое устройство, показывающее прошедшее время. Рассмотренные выше схемы мультивибратора и генератора формируют импульсы с частотой следования, доступной человеческому уху. Это соответствует диапазону частот от 100 до нескольких тысяч импульсов в секунду. Способности человека воспринимать длительность временных интервалов весьма ограничены. Минимальный временной интервал, который он в состоянии оценить без помощи приборов, измеряется секундами, максимальный — часами, сутками или годами. Наименьший воспринимаемый человеком отрезок времени составляет целую секунду или ее значительную долю.

На рис. 6.7 изображена схема, возможности которой по регистрации времени близки к человеческим. Она представляет собой электронную переключательную схему, которая замыкает контакты реле по истечении заданного интервала времени. Длительность этого интервала может составлять от двух минут до нескольких часов и более. Данную схему можно рассматривать как очень низкочастотный мультивибратор. Его минимальная частота соответствует одному колебанию в час, а максимальная — полколебания в минуту. Другими словами, если схема настроена таким образом, что реле срабатывает ровно через час, то период ее колебаний равен одному часу. Это означает, что через каждый час устройство будет вырабатывать импульс. Такая схема не удовлетворяет обычным техническим требованиям точности задания временных интервалов и служит лишь для пояснения принципа работы таймера.

Схема работает от 9-В батареек, применяемой в транзисторных радиоприемниках, но в составе серийно выпускаемой электронной аппаратуры может работать и от ее внутреннего 12-В источника питания. В этом случае в схему необходимо установить 12-В или другое реле в зависимости от фактического напряжения питания. Длительность временного интервала между выходными импульсами определяется но-

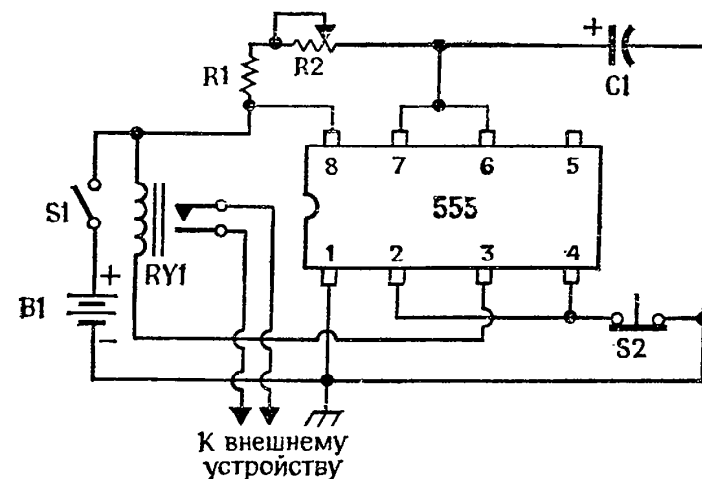


Рис. 6.7. Схема электронного таймера. B1 — 9-В батарея, C1 — конденсатор 120 мкФ, 20 В, R1 — резистор 1 МОм, 0,5 Вт, R2 — переменный резистор 5 МОм, RY1 — 9-В миниатюрное реле (ток срабатывания 200 мА или меньше), S1 — однополюсный выключатель, S2 — кнопочный переключатель с нормально разомкнутыми контактами. Вывод 5 остается свободным.

миналами компонентов R2 и C1. Последний представляет собой электролитический конденсатор емкостью 120 мкФ, что во много раз больше емкости конденсаторов, устанавливаемых в это место в предыдущих схемах. Необходимо помнить, что чем больше емкость конденсатора C1, тем меньше частота импульсов. Минимальная частота определяется емкостью этого конденсатора, а максимальная — переменным резистором R2 сопротивлением 5 МОм. При включении схемы C1 заряжается приблизительно до $\frac{2}{3}$ полного его напряжения, а затем разряжается через R2. При малом сопротивлении резистора R2 разряд происходит быстро. Если сопротивление резистора R2

велико, то заряд на конденсаторе будет убывать медленно. При разряде конденсатора до определенного уровня напряжения на выводе 3 ИС сформируется выходной импульс. Через обмотку реле потечет ток и его контакты замкнутся. К контактам можно подключить электронную аппаратуру, электролампу, зуммер и т. п. Это устройство можно также использовать для отключения работающей аппаратуры через определенный интервал времени. Для этой цели следует использовать реле с нормально замкнутыми контактами.

В отличие от предыдущей схемы данное времязадающее устройство не предъявляет особых требований к монтажу, поэтому его можно собрать на перфорированной монтажной плате достаточно больших размеров, на которой можно установить и реле. Многие радиолюбители захотят поместить это устройство в пластмассовый или алюминиевый корпус. Если в качестве материала корпуса используется алюминий, то заземлением для схемы может служить сам корпус. Провода, идущие от контактов реле, можно подключить к двухконтактному изолированному соединителю, закрепленному на одной из стенок корпуса. Компоненты S1, S2 и R2 также следует установить в отверстиях в стенках корпуса.

В случае алюминиевого корпуса при установке в него монтажной платы возможны некоторые затруднения. На рис. 6.8 проиллюстрирован один из вариантов крепления платы к корпусу. Для этого применяются четыре болта длиной около 40 мм. В корпусе просверливаются отверстия, совпадающие с отверстиями в монтажной плате. С помощью стопорных гаек болты надежно закрепляются на стенке или дне корпуса. Затем на все болты навинчиваются гайки на длину около 12 мм и на это крепежное приспособление устанавливается монтажная плата. Для ее закрепления на каждый болт навинчивается еще по одной стопорной гайке. Компоненты S1, S2 и R2 подключаются к схеме с помощью небольших отрезков изолированного монтажного провода.

Прежде чем установить собранную схему в корпус, следует убедиться в ее работоспособности. После окончания сборки схемы установите R2 в положение

с минимальным сопротивлением и замкните S1. Через несколько минут должно быть слышно, как сработают контакты реле. При нажатии кнопочного переключателя S2 схема будет сброшена в исходное состояние и готова к формированию следующего временного интервала. Увеличение сопротивления резистора R2 вызовет увеличение временной задержки. Для удобства установите на ось переменного резистора ручку с клювиком и нанесите на корпус шкалу



Рис. 6.8. Способ крепления монтажной платы в алюминиевом корпусе.

интервалов времени, соответствующих различным положениям ручки. Эта калибровка может отнять много времени, поскольку таймер способен формировать задержки длительностью в час и более.

Реле обязательно должно быть малогабаритным, так как максимальный выходной ток ИС 555 не превышает 200 мА. Ток срабатывания большинства миниатюрных 9-В реле составляет менее 20 мА, поэтому при большой площади схемной платы на нее можно установить и более крупные реле. Если необходимо использовать мощное силовое реле, то его обмотку следует просто подключить снаружи к контактам реле RY1 последовательно с подходящим источником питания. Для этих целей наиболее целесообразно использовать реле с механической блокировкой.

Если схема не работает, то следует проверить, чтобы положительный вывод обмотки реле был соединен с выключателем S1, а отрицательный — с выводом 3 ИС. Если схема по-прежнему не срабатывает, то временно замените C1 конденсатором емкостью 10—50 мкФ, а также убедитесь, что ось R2 установлена в положение минимального сопротивления. Замена C1 на конденсатор меньшей емкости существенно снизит время задержки и позволит настроить схему гораздо быстрее.

Схема 8. Звуковой генератор для обучения азбуке Морзе

Этот звуковой генератор представляет собой устройство, с помощью которого радиолюбители и другие лица могут обучаться азбуке Морзе. Он состоит из переключательной схемы, генерирующей звуковой сигнал при каждом замыкании ключа. Здесь в качестве ключа используется телеграфный ключ, который при отпускании автоматически возвращается в исходное положение. Звуковые генераторы для обучения операторов могут быть самого разного уровня сложности — от простейших, в которых к батарее последовательно подключаются зуммер и ключ, до сложнейших электронных устройств, позволяющих регулировать громкость звукового сигнала, автоматически варьировать частоту передачи кодовых посылок и выполнять многие другие функции.

В схеме, изображенной на рис. 6.9, ИС 555 вырабатывает тональный сигнал небольшой мощности; чтобы достичь достаточного уровня громкости, для его усиления применяется еще одна интегральная схема. Выход второй ИС через емкость соединен с 8-Ом громкоговорителем. В схеме отсутствует регулятор громкости, однако в случае необходимости можно включить последовательно с громкоговорителем переменный резистор 500 Ом.

Эта схема не отличается особой сложностью, особенно если условно разделить ее на два отдельных каскада, из которых она и состоит. Первый каскад содержит ИС 555, включенную по обычной схеме. Его выходная частота определяется номиналами R1

и C3. Емкость конденсатора C2 выбрана таким образом, чтобы тональный сигнал имел приятное звучание. Выходной сигнал ИС 555 подается через конденсатор на вход ИС усилителя низкой частоты типа LM386. С ее помощью этот малый сигнал усиливается и подается на 8-Ом громкоговоритель.

Поскольку в эту схему входят дв. ИС, для ее монтажа следует взять перфорированную плату большего размера по сравнению с описанными выше в этой главе устройствами. Для этой цели подойдет плата размером около 13 × 13 см, свободные участки которой затем можно срезать кусачками. Монтаж схемы можно выполнять достаточно произвольно, необходимо лишь обеспечить правильное соединение выводов обеих интегральных схем.

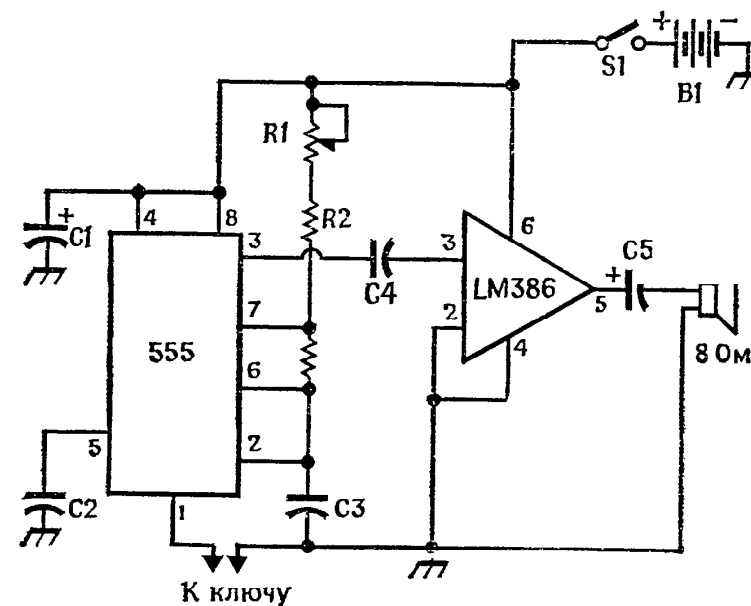


Рис 6.9. Схема генератора для обучения азбуке Морзе на ИС 555 и перечень компонентов. В1 — 6-В батарея для электрического фонаря, C1 — электролитический конденсатор 200 мкФ, 15 В, C2 — дисковый конденсатор 0,01 мкФ, C3 — майтаровый конденсатор 0,0047 мкФ, C4 — конденсатор 0,1 мкФ, C5 — электролитический конденсатор 10 мкФ; ИС LM 386 фирмы «Нэшнэл сикондактор», R1 — переменный резистор 500 Ом, R2 — углеродистый резистор 270 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель, R3 — углеродистый резистор 100 кОм, 0,5 Вт

Вначале соберите часть схемы, включающую ИС 555. Ее можно установить у левого края платы и соединить с остальными компонентами согласно схеме. Чтобы упростить сборку, можно использовать панельку для установки ИС. Переменный резистор R1 не надо монтировать на плату, так как его следует установить на передней панели корпуса. Затем следует установить на плату вторую ИС и несколько остальных компонентов. Оставшийся свободным вывод конденсатора С4 соединяется с выводом 3 второй ИС. Ее выводы 2 и 4 подключаются к земле, а вывод 6 соединяется с выводом 8 первой ИС. Положительный вывод выходного конденсатора следует подключить к выводу 5 второй ИС, а отрицательный вывод — к одному из контактов громкоговорителя. Громкоговоритель можно установить в корпусе устройства или же сделать на корпусе две выходные клеммы для подключения внешнего громкоговорителя.

После того как все компоненты схемы будут установлены на плату, ее можно отложить в сторону до тех пор, пока не будет готов корпус. Просверлите в корпусе установочные отверстия для компонентов R1 и S1 и закрепите их в этих отверстиях. В рассматриваемой схеме применена 6-В батарея от электрического фонаря, обеспечивающая большой срок работы устройства. Данная схема по сравнению с предыдущими потребляет несколько больший ток питания из-за наличия в ней дополнительной ИС усилителя. Для этого устройства можно использовать пластмассовый или алюминиевый корпус, но если применен алюминиевый корпус, то следует удостовериться, что схемная плата нигде не касается его проводящих стенок.

В корпусе можно также предусмотреть место для 8-Ом громкоговорителя. Кроме того, на одной из его стенок потребуется установить двухконтактный изолированный соединитель для подключения телеграфного ключа. С этой целью можно также использовать розетку, что позволит установить на соединительный шнур телеграфного ключа телефонный штекер. Это позволит быстро подключать и отключать телеграфный ключ. Для соединения компонентов R1 и S1 со

схемой следует использовать небольшие отрезки изолированного монтажного провода. Вероятнее всего, батарею придется разместить за пределами монтажной платы.

После того как схема собрана, подключите к ней телеграфный ключ и замкните выключатель S1. При этом никаких звуков быть не должно. Далее замкните контакты телеграфного ключа и регулируйте R1 до тех пор, пока не услышите звуковой сигнал. Частоту тонального сигнала можно изменить, если продолжить вращение оси переменного резистора R1. Многие операторы предпочитают использовать для тренировки тональный сигнал частотой от 800 до 1200 Гц.

Если схема сразу не заработает, то еще раз проверьте ее монтаж и удостоверьтесь, что полярность подключения батареи В1 соблюдена. Если все правильно, а схема не работает, то на время отключите вторую ИС, отпаяв провод от ее вывода 6. Кроме того, отключите конденсатор С4 от ее вывода 3. Затем включите между свободным выводом С4 и землей схемы миниатюрный высокоомный головной телефон. Снова включите питание схемы выключателем S1 и замкните контакты телеграфного ключа. Вращайте ось резистора R1 до тех пор, пока в головном телефоне не начнет прослушиваться звуковой сигнал. Если сигнал появляется, то неисправность находится во втором каскаде схемы. Если же сигнал не прослушивается, то неисправность следует искать в первом каскаде схемы (ИС 555). Устранив неисправность, снова подключите выводы 6 и 3 к схеме и продолжайте наладку.

Это хорошее устройство для обучения азбуке Морзе, обеспечивающее достаточно высокий уровень громкости сигнала для многих видов работ. Конечно, громкоговоритель можно подключить и непосредственно к выводу 3 ИС 555, но при этом звуковой сигнал в лучшем случае будет еле слышен. Повышенная громкость, обеспеченная ИС УНЧ типа LM386, на деле облегчает освоение азбуки Морзе. У этой схемы есть дополнительная возможность — можно просто замкнуть контакты телеграфного ключа и использовать ее в качестве звукового генератора

с регулируемой частотой. Конечно, форма ее выходного сигнала будет далека от идеальной, однако его вполне можно использовать как источник низкочастотного сигнала для настройки схем, работающих от микрофона и других звуковых преобразователей. Вторым каскадом схемы можно использовать как отдельный усилитель низкой частоты, к которому можно подключить самые разнообразные источники сигнала. Для этого достаточно отключить конденсатор С4 от вывода 3 ИС и подать сигнал непосредственно на ее вход от подходящего предусилителя или другого аналогичного устройства.

Схема 9. НЧ-модулятор для портативной дуплексной радиостанции

Предыдущий генератор для тренировки операторов позволяет им повышать свою квалификацию без выхода в эфир. В настоящее время многие радиолюбители хотят получить лицензию оператора и изучают азбуку Морзе, однако еще большее их число не стремится к этому, считая изучение азбуки Морзе довольно скучным занятием. У большинства из них с детских лет имеются портативные дуплексные радиостанции, и поэтому они заинтересовались радиообменом, особенно ведением переговоров с помощью этих радиостанций. Совместное обучение азбуке Морзе двух или нескольких молодых радиолюбителей может оказаться весьма результативным, поскольку в этом случае они будут стимулировать друг друга к достижению ощутимых успехов. Конечно, изучение азбуки Морзе — довольно скучное занятие. Генератор для обучения операторов является неплохим средством повышения квалификации, однако схема, изображенная на рис. 6.10, позволяет сделать подготовку операторов менее скучной и значительно ускорить обучение новичков азбуке Морзе. С ее помощью два человека могут обучаться азбуке Морзе в условиях, аналогичных условиям работы в эфире новичков, имеющих разрешение на радиообмен.

Схема рассчитана на использование в комплекте с двумя портативными радиостанциями. Однако ее запрещено применять совместно с подлежащими реги-

страции радиостанциями для личной и служебной радиосвязи. Она представляет собой генератор модулированных непрерывных колебаний, используемый в передатчиках с амплитудной модуляцией. Она по сути аналогична предыдущей схеме, только здесь выходной сигнал вместо громкоговорителя подается на микрофонный вход портативной радиостанции. В большинстве этих устройств встроенный громкоговоритель служит своему прямому назначению во время приема

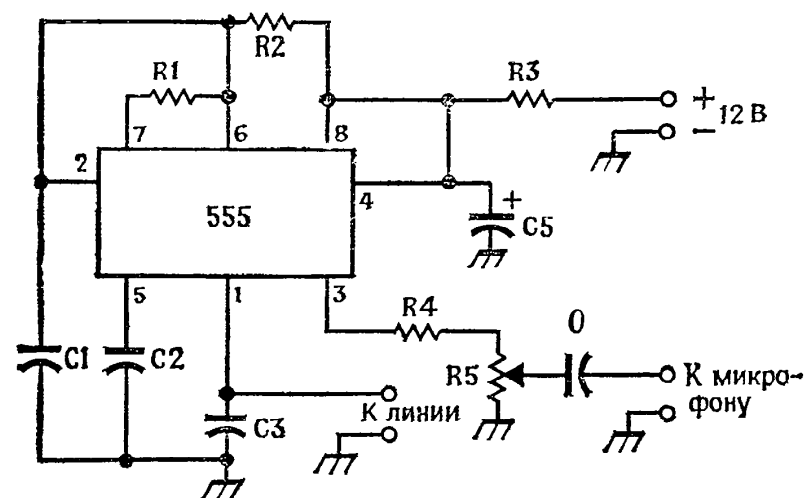


Рис. 6.10. Схема НЧ-модулятора для портативной дуплексной радиостанции С1, С4 — конденсаторы 0,1 мкФ, 20 В, С2, С3 — конденсаторы 0,01 мкФ, 20 В, С5 — конденсатор 25 мкФ, 25 В, R1, R2 — углеродистые резисторы 15 кОм, 0,5 Вт, R3 — углеродистый резистор 82 Ом, 0,5 Вт, R4 — углеродистый резистор 10 кОм, 0,5 Вт, R5 — переменный резистор 5 кОм.

и в качестве электродинамического микрофона в режиме передачи. Данная схема подключается к одному из выводов громкоговорителя, и поэтому при нажатой кнопке включения микрофона с помощью телеграфного ключа в эфир могут передаваться тональные послышки.

Конструктивно схема может быть достаточно небольших размеров и помещена внутри многих портативных радиостанций. Для подключения телеграфного ключа следует установить небольшое гнездо. В схеме имеется регулятор громкости R5, однако его при желании можно исключить.

Установите ИС 555 в центре перфорированной монтажной платы размером 8×8 см. Затем подключите к ней дискретные компоненты. Самым крупным компонентом будет, видимо, электролитический конденсатор С5 емкостью 25 мкФ. В описании схемы указаны резисторы мощностью 0,5 Вт, однако их можно заменить на резисторы мощностью 0,25 Вт. Для работы схемы требуется 12-В источник питания, однако 9-В батареи, применяемые в большинстве портативных передатчиков, также подойдут. В этом случае для увеличения выходной мощности схемы, возможно, придется исключить резистор R3. Единственным переменным компонентом в схеме является резистор R5. Для его установки необходимо просверлить отверстие в боковой стенке портативной радиостанции; в принципе этот компонент можно совсем исключить из схемы или заменить углеродистым постоянным резистором мощностью 0,5 Вт и сопротивлением 2500 Ом. Если громкость сигнала все же мала, то уберите этот резистор совсем.

С помощью кусачек срежьте пустые участки монтажной платы и установите ее на свободное место внутри портативной радиостанции. С другой стороны, схему можно разместить в отдельном корпусе, а в портативной радиостанции установить небольшое гнездо для подключения к выводу микрофона или громкоговорителя. Подключив схему к портативной радиостанции и, подав на нее питание, нажмите на кнопку включения микрофона и одновременно прослушайте эфир с помощью другой портативной радиостанции. При замыкании контактов телеграфного ключа на приемном конце радиолинии должен прослушиваться звуковой сигнал с частотой около 800 Гц. Если этот сигнал сильно искажен, то, по всей видимости, причина состоит в том, что выходной сигнал мультивибратора, выполненного на ИС 555, перегружает входной каскад микрофонного усилителя портативной радиостанции. Путем увеличения сопротивления резистора R5 добейтесь, чтобы искажения звукового сигнала были минимальными. Описанная схема генерирует звуковой сигнал постоянной частоты, однако частоту можно регулировать в

достаточно больших пределах, если заменить R2 50-Ом переменным резистором.

Эту же схему можно использовать и в радилюбительских УКВ-приемопередатчиках, не имеющих телеграфного режима работы. Большинство современных УКВ-приемопередатчиков, рассчитанных на работу в радилюбительских диапазонах частот, имеют лишь режим частотной модуляции, и хотя он является основным режимом связи на этих частотах, некоторые радилюбители иногда пытаются работать в УКВ-диапазоне и в телеграфном режиме. Описываемая схема рассчитана на работу с радиостанциями, функционирующими в диапазоне относительно низких частот (27 МГц), и поэтому при ее использовании в УКВ-приемопередатчиках могут возникать внешние радиопомехи. Устранить их можно путем уменьшения емкостей нескольких конденсаторов. Автор использовал эту схему в комплексе с УКВ-приемопередатчиком фирмы «Хиткит», и это не вызвало никаких затруднений. Другие системы и районы могут оказаться более интенсивными источниками внешних радиопомех, поэтому при их появлении следует установить в схему дополнительные развязывающие конденсаторы для УКВ-сигналов.

Схема 10. 9-В источник питания

Многие из рассмотренных в этой главе устройств, выполненных на основе ИС 555, работают от 9-В батареи, применяемой в транзисторных радиоприемниках. Эта батарея весьма популярна благодаря своим небольшим размерам и малой стоимости. В большинстве вариантов включения ИС 555 потребляет небольшой ток, и часто одной батареи хватает на много месяцев работы устройства. Однако многие радилюбители предпочитают применять вместо таких батарей стабилизированный источник питания постоянного тока, работающий от сети переменного тока. Сетевой источник питания никогда не «сядет», и его можно с успехом использовать для проверки самых разнообразных электронных схем и устройств.

Вполне возможно, что вашей первой самодельной радилюбительской конструкцией был простой

низковольтный источник питания. Скорее всего он содержал небольшой трансформатор, к вторичной обмотке которого была подключена выпрямительная схема. Для фильтрации пульсирующего постоянного выходного напряжения использовался электролитический конденсатор. С помощью трансформатора с 6-В вторичной обмоткой, к которой подключены двухполупериодный выпрямитель и сглаживающий конденсатор С1, можно получить постоянное напряжение около 9 В без пульсаций. К сожалению, выходное напряжение такого источника питания не имеет электронной стабилизации, и поэтому при увеличении тока нагрузки оно будет падать, а при его уменьшении вновь увеличиваться. Подобные флуктуации напряжения недопустимы для нормального функционирования многих устройств, выполненных на полупроводниковых приборах, в том числе и устройств с интегральными схемами.

Чтобы такой источник питания можно было использовать для устройств на основе ИС, необходимо усовершенствовать его схему. Несколько лет назад для построения схемы стабилизации напряжения, снимаемого со сглаживающего конденсатора С1, пришлось бы установить дополнительно два или более транзисторов и несколько стабилитронов и резисторов.

В настоящее время появились ИС стабилизаторов напряжения. Как правило, они имеют всего три вывода, однако внутри содержат большое число транзисторов, диодов и других электронных элементов. Эти миниатюрные полупроводниковые приборы легко заменяют целые устройства массой около 0,5 кг и более, собранные на дискретных компонентах. Их применение значительно упрощает задачу построения самодельного стабилизированного источника питания и позволяет уменьшить его стоимость до уровня, незначительно превышающего стоимость создания нестабилизированного источника питания.

На рис. 6.11 изображена схема простого стабилизированного источника питания постоянного тока с выходным напряжением 9 В. Высокая стабильность выходного напряжения достигнута здесь благодаря применению ИС стабилизатора напряжения типа

LM117. Левая часть этой схемы является стандартной. Первичная обмотка трансформатора включается непосредственно в сеть переменного тока напряжением 115 В. Переменное напряжение на вторичной обмотке этого трансформатора составляет 12,6 В при максимальном токе нагрузки 1 А. Вторичная обмотка трансформатора соединена с двухполупериодным мостовым выпрямителем, выполненным на основе

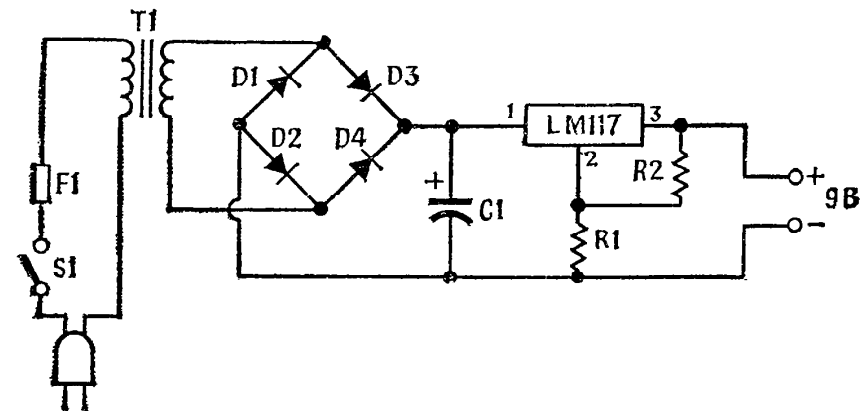


Рис. 6.11. Схема стабилизированного источника питания. С1 — конденсатор 1000 мкФ, 50 В, D1—D4 — диоды (максимальное обратное напряжение 50 В, максимальный прямой ток 1 А), F1 — предохранитель на 0,5 А, ИС LM 117 фирмы «Нэшенл семикондактор», R1 — углеродистый резистор 1,8 кОм, 0,5 Вт, R2 — углеродистый резистор 250 Ом, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель, T1 — трансформатор с 115-В первичной обмоткой и 12,6-В вторичной обмоткой, рассчитанной на максимальный ток 1 А.

1-А диодов, рассчитанных на максимальное обратное напряжение 50 В. С помощью этих диодов осуществляется преобразование переменного тока в пульсирующий постоянный ток. Конденсатор С1 накапливает заряд во время импульсов выходного напряжения, а после этого (через долю секунды) отдает его, сглаживая переменную составляющую постоянного выходного напряжения.

В цепи первичной обмотки трансформатора имеются небольшой тумблер и плавкий предохранитель на 0,5 А. При коротком замыкании в схеме источника питания предохранитель мгновенно сгорит и обесточит источник. Вместо четырех выпрямительных

диодов можно приобрести выпрямительный мостик, который представляет собой единый блок, содержащий внутри те же четыре выпрямительных диода, включенных по мостовой схеме. Такие мостики имеют по четыре вывода, два из которых соединяются с вторичной обмоткой трансформатора, а с двух других снимается постоянное напряжение. Применение выпрямительного мостика позволяет уменьшить габариты источника питания и сэкономить деньги. Часто выгоднее приобрести один выпрямительный мостик, чем купить четыре отдельных выпрямительных диода.

Емкость сглаживающего конденсатора не критична, однако должна быть достаточно большой. В спецификации к схеме указана емкость конденсатора С1, равная 1000 мкФ. Для нее подойдет и конденсатор емкостью 500 мкФ, однако конденсатор меньшей емкости ставить в схему не следует. Если есть два конденсатора емкостью по 500 мкФ каждый, то, соединив их параллельно, можно получить суммарную емкость 1000 мкФ.

Рассмотренная до сих пор часть схемы источника питания очень напоминает те нестабилизированные источники, которые вы, вероятно, уже собирали. Благодаря входному емкостному фильтру С1 нестабилизированное постоянное напряжение на выводе 1 ИС будет приблизительно в 1,4 раза больше напряжения на вторичной обмотке трансформатора, т. е. составит около 18 В. Это в два раза больше требуемого выходного напряжения, однако с помощью ИС стабилизатора на выходе будет получено нужное напряжение 9 В. ИС LM117 фирмы «Нэшнл семикондактор» представляет собой трехвыводный стабилизатор положительного напряжения, на выходе которого можно получить любое стабилизированное напряжение в пределах от 1,2 до 37 В при токе нагрузки до 250—300 мА. ИС этого типа весьма удобны в применении и требуют подключения лишь двух резисторов для задания необходимого выходного напряжения. ИС LM117 выпускаются в корпусах многих типов. В описываемой схеме применена ИС в небольшом круглом металлическом корпусе типа ТО-39 которую можно использовать без теплоотвода. Максимальное допустимое значение тока нагрузки для это-

го стабилизатора можно несколько увеличить, если приобрести ребристый радиатор для транзисторов и плотно установить его на корпус ИС. ИС стабилизатора напряжения фирмы «Нэшнл семикондактор», выпускаемая в корпусе ТО-39, имеет обозначение LM117H.

Этот стабилизатор напряжения можно установить на одной схемной плате с другими электронными компонентами, причем он займет столько же места, сколько маломощный транзистор. Вывод 1 ИС соединяется непосредственно с положительным выводом сглаживающего конденсатора С1, а с вывода 3 ИС снимается выходное положительное постоянное напряжение. Между выводами 2 и 3 ИС включается 0,5-Вт резистор сопротивлением 250 Ом, а между выводом 2 и землей схемы — резистор сопротивлением 1,8 кОм. Это и есть все навесные компоненты, необходимые для работы ИС стабилизатора. Выполнив эти несложные соединения, вы включаете в свой простой источник питания 26 транзисторов, 3 стабилитрона и 26 резисторов. Очевидно, что данная ИС стабилизатора напряжения — самый сложный компонент схемы, однако это незаметно радиолюбителю, поскольку все 50 с лишним элементов находятся внутри ИС, имеющей всего три внешних вывода.

Всю такую схему источника питания можно собрать на квадратной перфорированной плате размером 10×10 см. Самым крупным ее компонентом является конденсатор С1. Трансформатор и компоненты, входящие в цепь его первичной обмотки, на монтажную плату не устанавливаются, а крепятся непосредственно к пластмассовому или алюминиевому корпусу источника питания.

На рис. 6.12 показан один из возможных вариантов размещения компонентов на монтажной плате; при желании в эту монтажную схему можно внести изменения. Проверьте правильность включения диодов, так как их неправильное включение может вывести из строя источник питания. Кроме того, убедитесь что положительный вывод конденсатора С1 соединен с выводом 1 ИС, а отрицательный — с землей схемы. ИС стабилизатора имеет всего три вывода, но тем не менее следует удостовериться в том, что

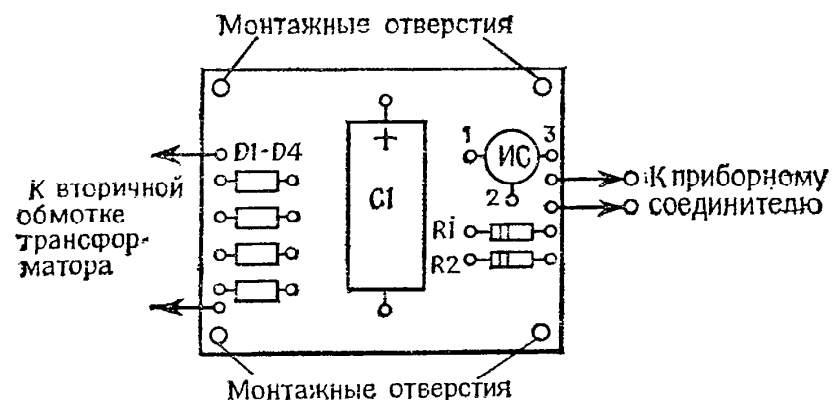


Рис. 6.12. Предлагаемый вариант размещения компонентов на плате источника питания

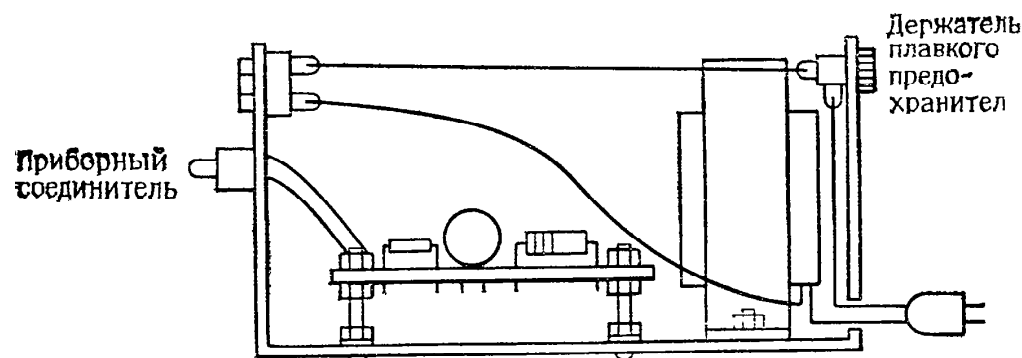


Рис. 6.13. Установка силового трансформатора и монтажной платы в корпусе источника питания

они соединены правильно. Ошибка в монтаже может вывести ИС из строя.

На рис. 6.13 показано крепление силового трансформатора и схемной платы к корпусу источника питания. В качестве корпуса для источника питания можно использовать небольшую алюминиевую коробку. При желании можно использовать и пластмассовый корпус. Для источника питания корпус обязателен, поскольку на контактах держателя предохранителя и выключателя и на выводах первичной обмотки трансформатора напряжение составляет 115 В. Выходное напряжение 9 В выведено на двухконтактную приборную розетку, установленную на передней панели корпуса. Если применяется алюминиевый кор-

пус, то он может служить землей, а также отрицательным контактом для выходного постоянного напряжения 9 В.

Прежде чем включить питание схемы, еще раз внимательно проверьте монтаж. Вначале осмотрите цепь первичной обмотки и убедитесь в отсутствии коротких замыканий на землю или на другие компоненты схемы. В цепи вторичной обмотки проверьте, не перепутана ли полярность включения компонентов и нет ли коротких замыканий. Если схема собрана правильно, то подключите к положительному и отрицательному выходным контактам вольтметр постоянного тока и включите S1. Вольтметр должен показать напряжение 9 В. На деле показание вольтметра может быть немного больше или меньше (на доли вольта) из-за небольшого разброса сопротивлений резисторов R1 и R2. Однако на работоспособность схем, подключенных к этому источнику питания, небольшое отклонение напряжения от номинального не будет оказывать практически никакого влияния. Кроме того, погрешность измерения может вносить и сам вольтметр в зависимости от его класса точности.

Если на выходе источника питания нет напряжения или оно заметно больше или меньше номинального значения, то выключите S1 и *выньте штепсель из сетевой розетки*. Последнее особенно важно в процессе наладки устройства, так как даже при выключенном S1 на его контактах присутствует напряжение 115 В. Вынув штепсель из розетки, вы тем самым исключаете возможность поражения электрическим током. На конденсаторе C1 может остаться небольшой заряд, однако при таких напряжениях он не опасен. (Последнее замечание не относится к высоковольтным источникам питания постоянного тока. В этих устройствах заряженный сглаживающий конденсатор может сохранять опасный для жизни человека заряд даже после выключения сетевого питания.)

Если выходное напряжение по-прежнему отсутствует, то следует проверить сетевой предохранитель. Если он перегорел, то это указывает на наличие короткого замыкания в первичной или вторичной цепях схемы. Кроме того, причиной может быть и неисправ-

ность трансформатора. Для проверки его работоспособности следует временно отключить концы его вторичной обмотки от выпрямительной схемы и подключить к ним вольтметр переменного тока. Если первичная цепь источника питания и трансформатор исправны, то при повторном включении S1 вольтметр должен показать 12,6 В.

Если при первом измерении выходное постоянное напряжение оказалось значительно больше или меньше номинального значения (на несколько вольт), то это указывает на неверное подключение ИС или, возможно, на включение в схему резисторов R1 и R2, сопротивления которых отличаются от заданных значений. Эти резисторы определяют выходное напряжение ИС, которое может находиться в пределах от 1,5 до 30 В, и поэтому именно их сопротивления определяют точность задания выходного напряжения. На деле в рассматриваемой схеме максимальное выходное напряжение не может превысить примерно 16 В, что определяется нестабилизированным напряжением. Еще раз проверьте номиналы резисторов и убедитесь, что они равны соответственно 250 Ом и 1,8 кОм. Кроме того, удостоверьтесь, что R1 и R2 не перепутаны местами.

Если напряжение на выходе источника питания по-прежнему отсутствует, а предохранитель цел, то это может свидетельствовать о неисправности интегральной схемы. Данное предположение можно проверить, отключив на время конденсатор C1 от вывода 1 ИС. Затем снова включите сетевое питание и измерьте постоянное напряжение на выводах конденсатора C1. Если эта часть схемы работоспособна, то вольтметр должен показать около 18 В. Тогда это указывает на неисправность стабилизатора. В данном случае следует заменить ИС или еще раз тщательно проверить монтаж. С другой стороны, если вольтметр не показывает нужное напряжение на выводах конденсатора C1, то это свидетельствует о том, что неисправность находится между входом первичной цепи источника питания и данной точкой схемы.

Это очень простой источник питания, и он должен заработать сразу. Возможно, что вы захотите использовать в источнике питания выходной соединитель,

который обычно применяется для подключения различных схем и устройств к 9-В батареям. Для этого можно взять два зажима и работать от источника питания как от батареи. Как отмечалось, максимальный ток нагрузки для этой схемы не должен превышать 300 мА, но он может быть и больше при установке на корпусе ИС подходящего радиатора. Но и в этом случае максимальный выходной ток источника питания не должен превышать 450 мА. Этого вполне достаточно для питания разнообразных электронных схем, включая описанные в этой главе.

Схема 11. Стабилизированный источник питания с регулируемым выходным напряжением

Предыдущий источник питания рассчитан на постоянное выходное напряжение 9 В и предназначен для замены 9-В батарей. Однако иногда для питания устройств, выполненных на основе ИС, требуются другие напряжения. Так, например, для питания некоторых схем, рассмотренных в этой главе, необходимы напряжения 12, 15 или 5 В. И хотя большинство из них может работать и при 9 В, целесообразно иметь источник питания, вырабатывающий все эти напряжения.

Изменяя в предыдущей схеме сопротивление резистора R1, можно регулировать выходное напряжение источника питания во всем диапазоне выходных рабочих напряжений ИС стабилизатора напряжения. При установке в схеме компонентов с постоянными номиналами источник питания будет вырабатывать лишь одно напряжение. Можно установить поворотный переключатель для подключения к интегральной схеме резисторов с разными сопротивлениями, и такое решение действительно применяется во многих источниках питания, выходное напряжение которых можно с его помощью устанавливать равным 7, 9, 12 или 15 В. В схеме, изображенной на рис. 6.14, использовано еще более простое решение. Здесь вместо R1 установлен переменный резистор сопротивлением 5 кОм. Когда R1 установлен в положение с минимальным сопротивлением, выходное напряжение составляет менее 1,5 В. Если повернуть ось резисто-

ра в другое крайнее положение, соответствующее максимальному сопротивлению, то выходное напряжение источника питания станет чуть больше 30 В. Используя переменный резистор с линейной характеристикой, можно получить на выходе источника питания любое необходимое напряжение в этих пределах. Так например, можно установить на выходе источника напряжение 8,1, 9,3, 12,6 В и т. д. Это может оказаться удобным для небольшого повышения

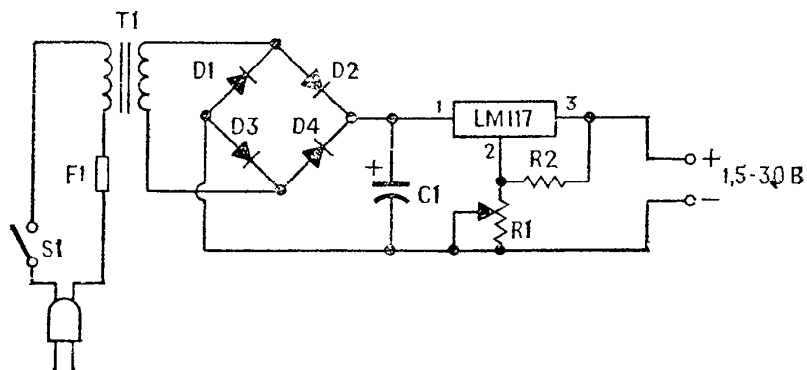


Рис. 6.14. Схема регулируемого стабилизированного источника питания. C1 — конденсатор 1500 мкФ, 50 В, D1—D4 — диоды (максимальное обратное напряжение 50 В, максимальный прямой ток 1 А), F1 — предохранитель на 0,5 А, ИС LM 117 фирмы «Нэшенл семикондактор», R1 — переменный резистор 5 кОм с линейной характеристикой, R2 — углеродистый резистор 240 Ом, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель, T1 — трансформатор с 25-В вторичной обмоткой, рассчитанной на максимальный ток 2 А.

выходной звуковой мощности устройств, способных функционировать в широком диапазоне напряжений питания.

Схема такого источника питания аналогична предыдущей. Однако в данном случае необходимо установить переменный резистор R1 в стенке корпуса и соединить его контакты со схемой с помощью коротких изолированных монтажных проводов. После выпрямления и фильтрации нестабилизированное напряжение будет равно примерно 35 В, что вполне достаточно для получения максимального стабилизированного выходного напряжения около 30 В. Здесь применена та же ИС стабилизатора напряжения, что и в пре-

дыдущей схеме: одинаково и большинство остальных компонентов, за исключением трансформатора. Поскольку этот источник питания можно использовать для получения очень малых выходных напряжений, примененный в нем сглаживающий конденсатор C1 имеет повышенную емкость. В остальном обе схемы совершенно одинаковы.

Для проверки работоспособности схемы подключите щупы вольтметра постоянного тока к выходным клеммам и поверните ось переменного резистора R1 в крайнее положение, соответствующее минимальному сопротивлению. Установите на вольтметре предел измерений, на котором можно точно измерить напряжение примерно 1,5 В. Если это напряжение есть, медленно увеличивайте сопротивление резистора R1. Напряжение должно возрастать линейно, что контролируется с помощью вольтметра. По мере увеличения напряжения потребуется переключать пределы измерений вольтметра до тех пор, пока напряжение не достигнет максимального значения. Если схема функционирует неверно, то поиск неисправности следует вести по той же методике, что и для предыдущей схемы.

Многие радиолюбители хотели бы иметь в регулируемых источниках питания встроенный вольтметр, чтобы постоянно контролировать их выходное напряжение. Это легко осуществить, если подключить вольтметр прямо к выходу источника питания и установить его в стенке корпуса. Однако для большинства случаев применения источника питания достаточно установить на ось переменного резистора ручку-кювик, а на корпус источника — прокалиброванную шкалу выходных напряжений. Можно отметить положения ручки, соответствующие 5, 7, 9, 10, 12 В и т. д. Если требуется выходное напряжение между этими значениями, то следует установить кювик ручки между соответствующими делениями шкалы.

При работе с этим источником питания следует соблюдать меры предосторожности. Прежде чем подключить к нему любое электронное устройство, следует убедиться, что ось переменного резистора установлена в положение, соответствующее необходимому напряжению питания. Если случайно подать на

устройство, выполненное с применением ИС 555, на напряжение более 18 В, то оно может выйти из строя.

Этот источник питания имеет много различных областей применения и может заменять целый ряд различных батарей. Не превышайте максимально допустимого тока нагрузки 300 мА, и источник будет служить безотказно в течение долгого времени.

Схема 12. Электронный испытательный пробник

При настройке низкочастотной аппаратуры часто необходим портативный НЧ-генератор, сигнал которого можно подавать в различные участки настраиваемой схемы. Это дает возможность подобрать компоненты схемы в режиме усиления малого испытательного сигнала. Генератор звукового сигнала постоянной частоты особенно полезен при настройке аппаратуры, в которой в качестве источника сигнала используются микрофоны. Подобную аппаратуру трудно хорошо настроить, лишь говоря или насвистывая в микрофон. Более целесообразно на этапе коррекции и настройки подключить к ее входу пробник, генерирующий сигнал звуковой частоты.

В схеме, изображенной на рис. 6.15, ИС 555 используется в качестве генератора сигнала с частотой 1000 Гц. Благодаря прямоугольной форме выходного сигнала в нем присутствует большое число гармоник, что является достоинством для испытательного входного сигнала. К выходу этой схемы подключен испытательный щуп, в качестве которого можно использовать щуп от старого омметра или другого аналогичного измерительного прибора. Отрицательный провод пробника соединяется с землей настраиваемой схемы. Весь пробник можно разместить в старом щупе от осциллографа. Для этого придется заменить стандартную батарею В1 от транзисторного радиоприемника на 8,2-В круглую батарею, которую можно приобрести во многих магазинах для радиолюбителей. Диаметр этой батареи достаточно мал, и она помещается внутри такого трубчатого щупа.

Схема рассчитана на генерацию сигнала частотой около 1000 Гц, если необходимо изменить частоту, то вместо R1 следует использовать переменный резистор

сопротивлением 1 МОм. Однако частота 1000 Гц является стандартной испытательной звуковой частотой, а применение переменного резистора создаст больше проблем чем решит. Чтобы пробник имел небольшие размеры, нужно постараться разместить все компоненты на монтажной плате размером $2,5 \times 2,5$ см, тогда его можно будет поместить внутрь щупа. Не-

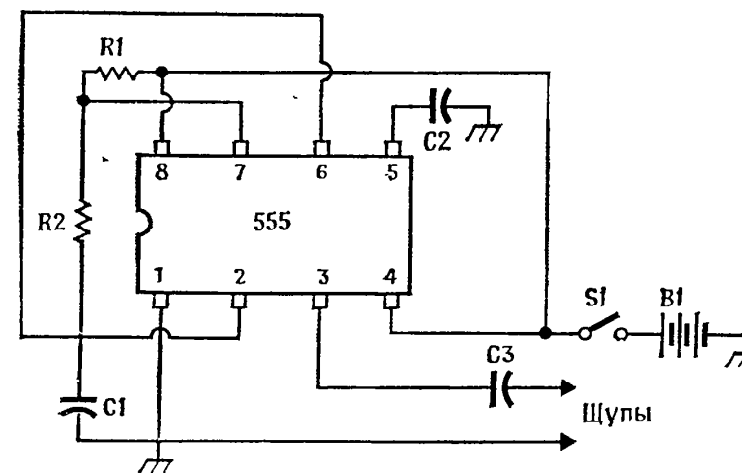


Рис. 6.15. Схема электронного испытательного пробника. В1 — 9-В батарея, С1 — дисковый конденсатор 0,001 мкФ, С2 — дисковый конденсатор 0,01 мкФ, С3 — майларовый конденсатор 0,1 мкФ, R1 — резистор 470 кОм, 0,5 Вт, R2 — резистор 510 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель.

смотря на то что в спецификации указана 8-выводная ИС в корпусе с двухрядным расположением выводов, ее можно заменить на ИС LM555 в круглом металлическом корпусе фирмы «Нэшенл семикондактор». Максимальный диаметр этого корпуса составляет 9,3 мм, тогда как длина двухрядного корпуса равна 10,2 мм. Конечно, различие невелико, однако даже миллиметры играют роль, когда требуется уместить весь пробник в корпусе щупа. В качестве R1 и R2 можно использовать резисторы мощностью 0,25 Вт, которые вдвое меньше 0,5-Вт резисторов, указанных в спецификации. Это позволит еще немного уменьшить размеры пробника. Если же использовать микроминиатюрные конденсаторы, то всю схему

можно разместить на монтажной плате размером с ноготь большого пальца.

Для большинства приложений компоненты пробника могут иметь обычную точность, поскольку сигнал частотой 950 или 1050 Гц в равной мере подходит для настройки низкочастотной аппаратуры. После того как схема готова, поместите ее в ручку щупа или же подключите к ней щуп, если пробник выполнен в отдельном корпусе. На конце земляного провода, идущего от вывода 1 ИС, можно закрепить небольшой зажим типа «крокодил» для независимого подключения к настраиваемой схеме.

Самый простой способ проверки устройства заключается в том, чтобы соединить его земляной зажим с землей настольного радиоприемника и прикоснуться щупом испытательного пробника к среднему контакту регулятора громкости приемника. При этом из громкоговорителя должен быть слышен звуковой сигнал частотой 1000 Гц. Если частота тона значительно отклоняется от номинального значения 1000 Гц, то, вероятно, допущена ошибка при монтаже компонентов R1, R2 и C1.

При автономном монтаже схемы в пластмассовом корпусе щупа, выполненном в виде ручки, ее можно постоянно носить с собой в кармане и использовать при ремонте аппаратуры в самых различных условиях. Некоторые компании, торгующие уцененными товарами, предлагают испытательные щупы от мультиметров, представляющие собой пустотелые пластмассовые корпуса с установленным на боковой стенке переключателем, который можно использовать в качестве S1. Возможно, что этот переключатель придется вынуть и с помощью изолированных монтажных проводов соединить щуп со схемой пробника и с батареей. Размещение всей схемы внутри корпуса щупа может оказаться крайне трудным делом, однако усилия будут вознаграждены, так как в итоге вы станете обладателем испытательного пробника, не требующего внешнего источника питания и облегчающего процессы настройки низкочастотной аппаратуры. Если существенно уменьшить сопротивления резисторов R1 и R2, а конденсатор C3 заменить дисковым керамическим конденсатором емкостью 0,005 мкФ, то

данный НЧ-пробник легко превращается в ВЧ-пробник. Подобное устройство может заменить громоздкий генератор сигналов высокой частоты.

Схема 13. 100-кГц частотный калибратор

Частотный калибратор представляет собой настроенную схему, генерирующую ВЧ-сигнал с большим числом гармоник. Обычно выходной сигнал подобных устройств имеет частоту 100 кГц, однако из-за наличия в нем многочисленных гармоник его можно устойчиво принимать во всем спектре радиочастот. Эти устройства используются для калибровки шкал радиоприемников. Гармонические составляющие выходного сигнала частотного калибратора будут слышны через каждые 100 кГц, т. е. на частотах 100, 200, 300, 400 кГц и т. д. вплоть до верхней границы диапазона. Радиоприемник, имеющий диапазон частот от 3 до 4 МГц, будет принимать сигналы калибратора на частотах 3,1, 3,2, 3,3 МГц и т. д. Достоинством большинства частотных калибраторов является то, что они не требуют непосредственного подключения к радиоприемнику. Эти устройства обычно имеют выходные провода, которые просто располагаются рядом с антенным входом радиоприемника. После этого можно настроить радиоприемник круговой шкалой, например, на частоту 3,1 МГц. Затем следует включить частотный калибратор и, слегка регулируя положение круговой шкалы радиоприемника, добиться слышимости его сигнала. Шкалу надо поворачивать до тех пор, пока сигнал не будет прослушиваться точно на частоте 3,1 МГц по ее делениям. На этом процесс настройки заканчивается.

На рис. 6.16 изображена схема простого кварцевого частотного калибратора на основе ИС 555. Частота его выходного сигнала задается 100-кГц кварцем. Кварцевые резонаторы выпускаются в различных корпусах. Наиболее часто кварцы продаются в небольшом алюминиевом корпусе с двумя проволочными выводами

Поскольку схема предназначена для использования в качестве прецизионного калибровочного средства, ее монтаж должен быть выполнен очень

компактно и тщательно. Выводы всех компонентов должны иметь минимальную длину, а паянные соединения должны быть выполнены очень надежно. В этой схеме имеется всего один переменный компонент — конденсатор С1 емкостью 12 пФ, который представляет собой высококачественный подстроечный конденсатор. Он служит для калибровки частотного калибратора по прецизионному эталонному сигналу, например по

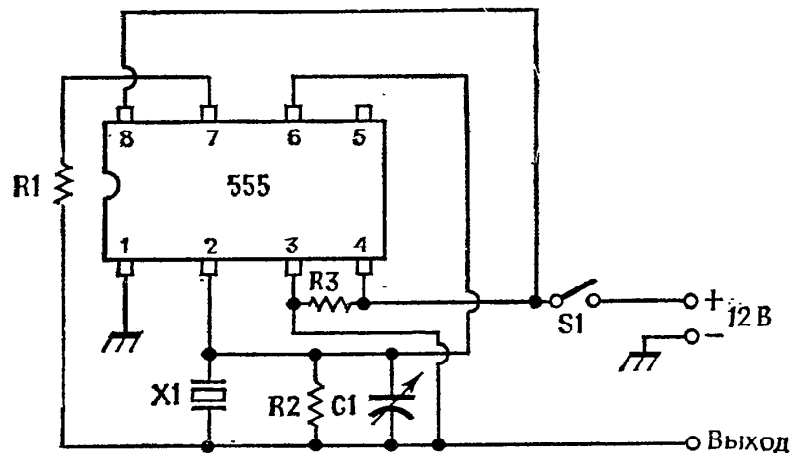


Рис. 6.16. Схема 100-кГц частотного калибратора. С1 — подстроечный конденсатор 0—12 пФ, R1, R3 — резисторы 1,5 кОм, R2 — 1 %-ный углеродистый резистор 1,5 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель, X1 — 100-кГц кварцевый резонатор. Вывод 5 остается свободным.

сигналу единого времени радиостанции WWV Национального бюро стандартов. Сигналы этой радиостанции, передаваемые на прецизионных радиочастотах 2,5, 5, 10 и 15 МГц, а также сигналы ее филиала WWVH, расположенного на Гавайях, уже в течение длительного времени используются для точной настройки радиоприемников*.

После того как схема собрана, установите С1 в среднее положение и включите S1; сигнал частотного калибратора следует принимать с помощью радиоприемника, оснащенного генератором биений и настроенного на 100 кГц выше нижней границы диапазона

* В СССР калибровку частоты можно выполнять по сигналам радиовещательных станций, ориентируясь на вочное расписание (см., например, еженедельник «Говорит и показывает Москва»). — *Прим. ред.*

длинных волн. Лучше всего начать настройку с радиовещательного АМ-диапазона, если он есть в вашем коротковолновом радиоприемнике. Калибратор может быть неточно настроен, и радиоприемник тоже может иметь уход настройки, поэтому вначале необходимо настроить радиоприемник просто на прослушивание сигнала. Для настройки вставьте в антенный вход радиоприемника небольшой кусок изолированного монтажного провода и скрутите его с изолированным выходным проводом частотного калибратора. В результате на вход радиоприемника будет гарантировано поступать мощный сигнал. Оба провода изолированы и связаны между собой лишь индуктивно, а связи по постоянному току между ними при этом нет.

Если сигнал прослушивается, то это значит, что схема функционирует. Теперь следует приступить к ее настройке. Если радиоприемник позволяет принимать сигнал единого времени радиостанции WWV, то настройте его на частоту 2,5 МГц и начните вращать подстроечный конденсатор С1. Выходной сигнал частотного калибратора должен прослушиваться как высокочастотный тональный сигнал. Продолжайте вращать С1 до тех пор, пока частота тонального сигнала не начнет уменьшаться и сигнал наконец не пропадет. Подобная процедура называется настройкой по нулевым биениям. Частота тонального сигнала калибратора будет снижаться до тех пор, пока слышимость не исчезнет вообще. При небольшом повороте ручки настройки радиоприемника тональный сигнал должен появиться снова. После того как калибратор настроен по откалиброванному радиоприемнику или с помощью сигнала единого времени, он готов к практическому использованию. Теперь разедините скрученные вместе антенный провод радиоприемника и выходной провод частотного калибратора и разнесите их на расстояние около 30 см. Положите выходной провод калибратора таким образом, чтобы он по-прежнему находился поблизости от антенного входа радиоприемника. Уровень сигнала может при этом немного уменьшиться, однако сигнал все равно должен быть хорошо слышен. Если сигнал отсутствует, то соедините проводом землю радиоприемника (шасси) и землю калибратора (вывод 1 ИС).

В этом случае выходной провод от вывода 3 ИС действует в качестве передающей антенны. Произведите повторную настройку частотного калибратора с помощью откалиброванного радиоприемника или сигнала единого времени. Дело в том, что при скручивании выходного и антенного проводов мог возникнуть эффект затягивания частоты, и поэтому при их разъединении настройка могла измениться.

После окончания настройки приклейте все компоненты к монтажной плате эпоксидным клеем. Это придаст калибратору механическую устойчивость и прочность, так что небольшие механические удары не будут вызывать уход частоты его выходного сигнала.

Достоинством этой схемы является ее полная автономность и отсутствие электрических соединений с радиоприемником. Готовую схему можно установить в небольшой пластмассовый корпус. Можно использовать и алюминиевый корпус, однако в этом случае придется вывести выходной провод через отверстие с резиновой изоляционной уплотнительной втулкой. Длинный провод не нужен — вполне достаточно отрезка длиной 15 см. При использовании алюминиевого корпуса настройку схемы следует проводить после того, как она окончательно установлена в корпусе. Дело в том, что металл влияет на емкость подстроечного конденсатора. Следовательно, если настроить схему калибратора до установки в корпус, то в дальнейшем его выходная частота может немного уйти из-за близости алюминиевых стенок корпуса к конденсатору C1.

Рекомендуется приблизительно каждые шесть месяцев повторять процедуру настройки частотного калибратора. Атмосферные и температурные изменения, а также старение компонентов могут иногда влиять на частоту его выходного сигнала.

Схема 14. Устройство для прослушивания передаваемых телеграфных сигналов

Рассмотрим еще одну схему, представляющую интерес для радиооператора-любителя увлекающегося передачей телеграфных сообщений. На рис. 6.17 изображена схема, так называемого генератора с само-

слышимостью. Она представляет собой простой мультивибратор на базе ИС 555, вырабатывающий тональный сигнал переменной частоты. Способ запуска этой схемы дает основание отнести ее к классу устройств для контроля телеграфных сигналов.

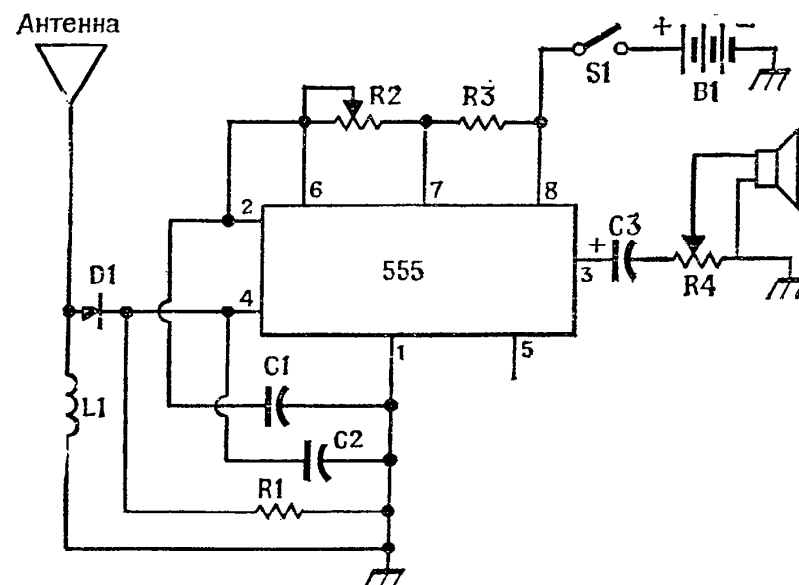


Рис. 6.17. Схема для прослушивания передаваемых телеграфных сообщений. Антенна — монтажный провод длиной около 25 см или штыревая антенна от портативного приемопередатчика, B1 — 9-В батарея, C1 — конденсатор 0,05 мкФ, C2 — дисковый конденсатор 0,005 мкФ, C3 — электролитический конденсатор 10 мкФ, 25 В, D1 — диод ECG 109 (фирма «Сильвания»), R1 — углеродистый резистор 12 кОм, 0,5 Вт, R2 — переменный резистор 100 кОм, R3 — углеродистый резистор 3,3 кОм, 0,5 Вт, R4 — переменный резистор 10 кОм, S1 — однополюсный выключатель. Вывод 5 остается свободным.

Многие передающие устройства не позволяют прослушивать телеграфные сигналы в ходе передачи. Эти сигналы принимает на приемном конце другой радиооператор, однако он может находиться за тысячи километров. Чтобы быстро и точно передавать сообщения с помощью азбуки Морзе, радиооператору необходимо самому слышать передаваемые им точки и тире.

Это не такая простая задача, как кажется на первый взгляд хотя большинство современных прие-

мопередатчиков имеют встроенные устройства самослышимости телеграфных сигналов. Применение отдельного радиоприемника для контроля телеграфных сигналов связано с определенными трудностями, потому что его входные каскады будут перегружаться мощным высокочастотным сигналом, излучаемым радиопередатчиком. Устройство самослышимости телеграфных сигналов представляет собой отдельный генератор, который запускается высокочастотным сигналом при каждом замыкании телеграфного ключа. Он приводится в действие несущей частотой радиопередатчика.

При работе в телеграфном режиме для получения точки ключ замыкается на короткое время. На это же время включается и радиопередатчик. Тире образуется, если удерживать ключ в замкнутом состоянии несколько дольше, при этом и радиопередатчик включается на более длительное время. При каждом отпускании телеграфного ключа радиопередатчик выключается.

Рассматриваемая схема представляет собой звуковой генератор, манипулируемый несущей радиопередатчика. Непосредственное электрическое соединение между радиопередатчиком и данным устройством самослышимости телеграфных сигналов на ИС 555, не требуется. Небольшая антенна устройства улавливает некоторую часть высокочастотного сигнала, которая затем выпрямляется и используется в качестве управляющего импульса, подаваемого на вывод 4 ИС. Во время действия этого импульса ИС 555 вырабатывает сигнал, воспроизводимый 8-Ом громкоговорителем. Схема детектирует принимаемый высокочастотный сигнал радиопередатчика, но не демодулирует его. Через громкоговоритель прослушиваются не передаваемые радиопередатчиком сигналы, а равные им по длительности сигналы, формируемые ИС 555.

Основу схемы составляет мультивибратор с переменной частотой выходного сигнала. 8-Ом громкоговоритель подключается к выходу ИС 555 через конденсатор С3, а переменный резистор R4 служит регулятором громкости. Другой регулируемый компонент — переменный резистор R2 — задает частоту вы-

ходного сигнала и может быть использован для получения наиболее приятного тона.

Схема детектирования высокочастотного сигнала состоит из диода D1, катушки индуктивности L1 и короткой гибкой штыревой антенны. Ее можно заменить отрезком изолированного монтажного провода длиной около 25 см или телескопической штыревой антенной от ненужной портативной дуплексной радиостанции. В большинстве случаев необходимый уровень принимаемого высокочастотного сигнала будет получен с помощью только катушки L1, и антенна вообще не понадобится. Для запуска ИС 555 требуется небольшой выпрямленный ток. Антенна принимает высокочастотный сигнал, а L1 используется для настройки устройства. Благодаря ее индуктивности в схему попадет больше высокочастотной энергии. Диод D1 выпрямляет высокочастотный сигнал, который затем поступает на вывод 4 ИС 555 в виде положительного импульса. При этом происходит запуск ИС, которая начинает генерировать звуковой сигнал, слышимый через громкоговоритель, длительность этого сигнала равна длительности передаваемого сигнала. Конденсатор С2 представляет собой дисковый керамический конденсатор емкостью 0,005 мкФ, служащий в качестве высокочастотного развязывающего конденсатора. Он закорачивает вход запуска ИС на землю по переменному току, однако для постоянного тока этот конденсатор представляет собой очень большое сопротивление.

Все компоненты этой схемы можно разместить на перфорированной монтажной плате размером 10 × 10 см, которую следует установить в надежно заземленный алюминиевый корпус, чтобы исключить влияние высокочастотных помех на работу схемы. Антенна выводится наружу через небольшое отверстие в корпусе с резиновой изолирующей втулкой. К монтажу схемы особых требований не предъявляется, однако компоненты L1 и D1 следует смонтировать на небольшом расстоянии от остальных компонентов схемы, чтобы снизить уровень высокочастотных помех. Высокочастотный сигнал должен присутствовать только в антенне катушке индуктивности L1, на аноде диода D1.

Если выбрать корпус достаточно большого размера, то громкоговоритель можно установить на одну из его стенок и в результате получится полностью автономное устройство. Между передатчиком и устройством для контроля телеграфных сигналов не требуется никаких электрических соединений, так как высокочастотная часть схемы служит в качестве детекторного радиоприемника, принимающего сигналы из эфира.

Для проверки работоспособности схемы поместите ее рядом с передатчиком и замкните телеграфный ключ. Удерживая ключ в замкнутом состоянии, отрегулируйте сопротивление R2 так, чтобы был слышен звуковой сигнал. Теперь разомкните телеграфный ключ, и звуковой сигнал громкоговорителя должен пропасть. При повторном замыкании ключа звуковой сигнал должен снова появиться. Если устройство работает неустойчиво, то попробуйте удлинить антенну или приблизить ее к радиопередатчику или передающей антенне.

Устройство не будет, по всей видимости, срабатывать от высокочастотного сигнала, излучаемого маломощными радиопередатчиками с выходной мощностью всего несколько милливатт. Оно предназначено для совместной работы с радиопередающими станциями мощностью не менее 5 Вт. При работе с мощными радиолюбительскими передатчиками может потребоваться существенно укоротить антенну, чтобы не перегружать схему высокочастотным сигналом, иначе может сгореть диод D1 или даже выйти из строя ИС 555.

Возможно, что вам не понравится то звучание точек и тире, которое вы услышите из громкоговорителя. В этой главе не делалось различий между терминами «генератор» и «мультивибратор», хотя между этими схемами существуют огромные различия. Мультивибратор вырабатывает прямоугольный выходной сигнал, который воспринимается на слух как «хриплый» звук по сравнению с синусоидальным выходным сигналом настоящего звукового генератора. В следующей схеме будет показано, каким образом можно отчасти усовершенствовать это устройство и улучшить качество звука.

Схема 15. Другое устройство для прослушивания передаваемых телеграфных сигналов

Читателям, желающим улучшить качество звука описанного устройства самослышимости телеграфных сигналов с помощью нескольких дополнительных компонентов, можно предложить схему, показанную на рис. 6.18. Она аналогична предыдущей схеме, и в ней используются такая же схема детектирования

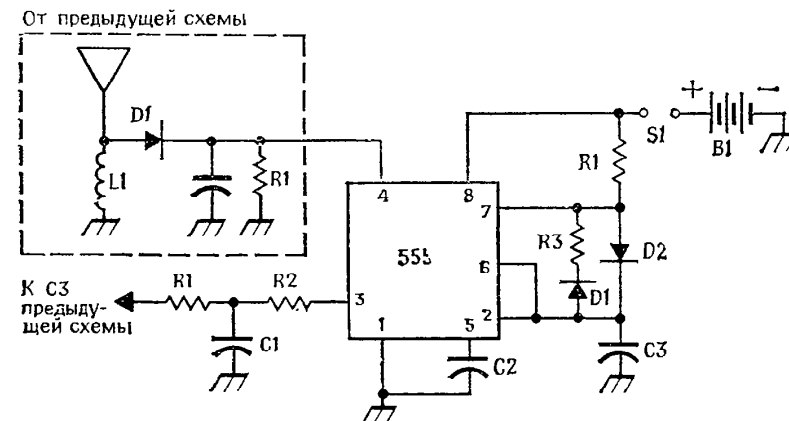


Рис. 6.18. Схема для прослушивания передаваемых телеграфных сообщений. B1—9-В батарея, C1—майларовый конденсатор 0,022 мкФ, C2—конденсатор 0,01 мкФ, C3—конденсатор 0,1 мкФ, D1, D2—диоды типа ECG 178 (фирма «Сильвания»), R1—R4—углеродистые резисторы 10 кОм, 0,5 Вт, S1—однополюсный выключатель.

высокочастотного сигнала и такая же выходная схема. Однако здесь сигнал подвергается некоторой фильтрации и поэтому звучит гораздо приятнее. По форме он приближается к сигналу, генерируемому многими настоящими звуковыми генераторами. Схема фильтрации включает в себя диоды D1 и D2, срезающие броски на фронтах сигнала. Эти броски и являются причиной хрипов, обычно присутствующих в звуковых сигналах большинства мультивибраторов звуковых частот.

Данная схема настроена на генерацию звукового сигнала с частотой около 1000 Гц. Заменяв R4 (рис. 6.17) на переменный резистор сопротивлением 25 кОм, можно регулировать громкость звукового сигнала. Диоды D1 и D2 представляют собой германие-

вые, или малосигнальные, диоды, которые следует включить, как показано на схеме. Не перепутайте полярность диодов, иначе схема не будет работать. К выводу 3 ИС подключен выходной фильтр, состоящий из компонентов R1, R2 и C1, который также улучшает качество звука. Диоды D1 и D2 обеспечивают симметрию формы сигнала, а схема фильтра, подключенная к выводу 3 ИС, удаляет многие гармоники, из-за которых сигнал имеет «скрежещущий» звук.

К выводу 4 ИС подключена аналогичная входная схема, и, следовательно, все устройство будет работать точно так же, как и предыдущее устройство самослышимости телеграфных сигналов. Выводы всех компонентов должны иметь минимальную длину, чтобы на работу схемы не влияли высокочастотные помехи. Если звуковой сигнал в приемнике сильно искажен, то причина, вероятно, состоит в проникновении высокочастотного сигнала в цепь громкоговорителя. В этом случае включите между каждым выводом громкоговорителя и землей схемы дисковые керамические конденсаторы емкостью 0,005 мкФ или просто зашунтируйте его одним таким конденсатором.

Процедура проверки работоспособности и настройки этой схемы аналогична описанной выше. Если схема не срабатывает от высокочастотного сигнала, то временно отключите схему приема высокочастотного сигнала и соедините с выводом 4 ИС резистор сопротивлением 10 кОм. Затем свободным выводом этого резистора коснитесь положительного полюса 1,5-В батареи. Отрицательный полюс этой батареи должен быть соединен с землей схемы. Подавайте напряжение на схему в течение примерно 1 с. Если при этом звуковой сигнал будет слышен, то это означает, что не срабатывает высокочастотная схема запуска и, возможно, необходимо удлинить антенну. Если же звуковой сигнал отсутствует, то допущена ошибка в монтаже или есть неисправность в схеме мультивибратора.

Схема 16. Внешний усилитель низкой частоты

При построении устройств на таких маломощных интегральных схемах, как таймерная ИС 555, многие

сетуют на их малую выходную акустическую мощность, что особенно ощущается при пользовании ими в шумной обстановке. Поэтому для многих радиолубительских устройств, выполненных на основе ИС 555, а также для других маломощных звуковых устройств желательно иметь отдельный усилитель низкой частоты для усиления слабого сигнала.

Схема такого усилителя низкой частоты изображена на рис. 6.19. Он выполнен на основе ИС уси-

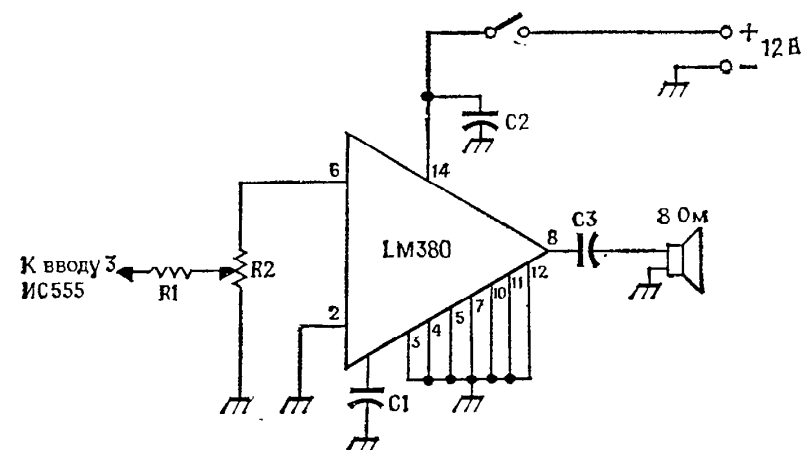


Рис. 6.19. Схема усилителя низкой частоты. C1 — конденсатор 0,5 мкФ, C2 — электролитический конденсатор 100 мкФ, 25 В, C3 — электролитический конденсатор 480 мкФ, 25 В, ИС LM 380 фирмы «Нэшенл семикондактор», R1 — резистор 25 кОм, 0,5 Вт, R2 — переменный резистор 25 кОм, S1 — однополюсный выключатель.

теля НЧ типа LM380 фирмы «Нэшенл семикондактор» и обеспечивает выходную мощность около 1 Вт при подключении 8-Ом громкоговорителя и питании от 12-В источника питания. Этого более чем достаточно для большинства приложений. Если поместить эту схему в отдельный корпус со встроенным громкоговорителем, то в результате получится удобное устройство, на вход которого можно подавать выходные сигналы самых различных звуковых схем. Автор обнаружил, что выходные сигналы большинства звуковых схем на основе ИС 555 достаточны для их непосредственного подключения к выводу 6 УНЧ. На входе усилителя предусмотрены последовательный резистор и регулятор громкости, служащий для

регулировки входного сигнала и, следовательно, уровня громкости. В некоторых случаях может оказаться необходимым увеличить или уменьшить сопротивление последовательного резистора, однако указанный в схеме номинал будет приемлем для большинства устройств на базе такого усилителя.

Микросхема LM380 имеет 14 внешних выводов, но восемь из них соединены друг с другом и подключены к земле схемы. В этой простой ИС фактически задействовано всего четыре вывода. Ее можно эксплуатировать без теплоотвода, устанавливая в 14-контактную панельку для ИС, смонтированную на небольшом участке перфорированной монтажной платы.

Для питания этого усилителя требуется 12-В источник, рассчитанный на максимальный ток около 1 А. Для этой цели может подойти описанный выше регулируемый источник питания при условии, что уровень громкости усилителя таков, что потребляемый им ток не превышает максимальный допустимый ток источника питания. Кроме того, усилитель можно запитать от автомобильного аккумулятора и даже от двух 6-В батарей для электрического фонаря, соединенных последовательно. Минимальное напряжение питания для этой схемы составляет 10 В. В принципе для нее можно использовать и 9-В батарею, однако из-за довольно большого потребляемого тока ее надолго не хватит.

Схема усилителя отличается крайней простотой. После окончания ее сборки соедините вход усилителя с выходом ИС 555 и включите питание обеих схем. Ось регулятора громкости, предварительно установленную в положение, соответствующее минимальному сопротивлению, следует начать медленно вращать, увеличивая громкость сигнала. Если громкость растет недостаточно плавно, то попробуйте увеличить в два раза сопротивление резистора R2 и (или) R1. Различные схемы будут иметь различные уровни выходного сигнала, однако приведенные для схемы номиналы компонентов наиболее оптимальны для большинства практических случаев.

Этот усилитель можно также использовать для усиления выходных сигналов других устройств, вы-

пущенных на ИС, и поэтому он необходим в лаборатории радиолюбителя. Хотя его максимальная выходная мощность составляет приблизительно 1 Вт, на практике она наверняка никогда не будет полностью использоваться. В большинстве случаев оказывается вполне достаточно выходной мощности 0,25 или 0,5 Вт.

Схема 17. Генератор звуковых эффектов

Даже с помощью одного таймера 555 можно получить множество различных звуковых эффектов, а если для этого использовать сразу два таких таймера, то число возможных звуковых эффектов возрастет

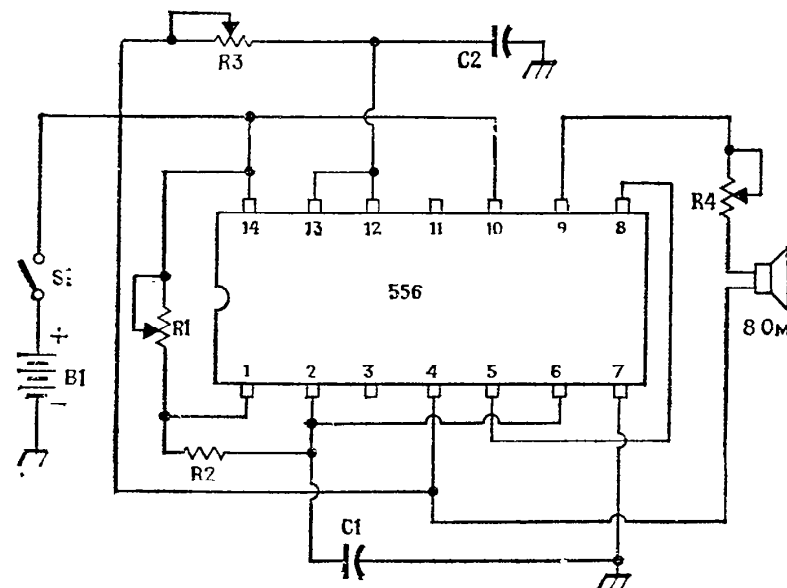


Рис. 6.20. Схема генератора звуковых эффектов. B1—9-В батарея, C1—конденсатор 0,012 мкФ, C2—конденсатор 0,012 мкФ, R1, R3—переменные резисторы 1 МОм, R2—углеродистый резистор 1 кОм, 0,5 Вт, R4—переменный резистор 2,5 кОм, S1—однополюсный выключатель.

многократно. В схеме, изображенной на рис. 6.20, применена ИС 556, которая представляет собой два таймера 555 в одном корпусе, имеющих общие выводы питания и земли. Конечно, такое устройство можно собрать, используя две ИС 555, однако это

повлечет за собой лишние расходы и усложнение монтажа, что связано с установкой второй 8-выводной ИС.

ИС 556 выпускается в 14-выводном корпусе с двухрядным расположением выводов. Первая (нижняя) группа из семи выводов (1—7) относится к одному таймеру 555, а вторая (верхняя) группа из семи выводов — к другому. Хотя эта схема выглядит несколько сложнее, чем предыдущие, она содержит всего несколько внешних компонентов, и ее можно быстро собрать. Конденсаторы С1 и С2 вместе с резисторами R1 и R3 определяют те причудливые звуки, которые издает громкоговоритель. Изменяя сопротивления переменных резисторов R1 и R3 во всем их диапазоне, можно получить целую гамму всевозможных звуковых эффектов — от низкочастотного гула до высокочастотных завываний. Другой переменный резистор R4 служит для регулировки громкости звучания 8-Ом громкоговорителя генератора звуковых эффектов. Схема питается от одной 9-В батареи от транзисторного радиоприемника, однако лучше включить параллельно две такие батареи, чтобы увеличить продолжительность работы устройства. Это не значит, что данная схема потребляет большой ток, просто генераторами звуковых эффектов обычно пользуются очень часто, и поэтому одной батарее надолго не хватает.

Для сборки схемы следует использовать перфорированную монтажную плату размером $7,5 \times 5$ см, на которую автор настоятельно рекомендует установить 14-контактную панельку для ИС. Вставьте выводы панельки в отверстия платы, сделайте с помощью паяльника все необходимые соединения и только после этого вставьте ИС в панельку. Это исключит возможность повреждения нежного кристалла ИС из-за перегрева во время пайки. Собранный схему можно установить в пластмассовый или алюминиевый корпус, в стенках которого следует закрепить три переменных резистора и выключатель S1. Желательно 8-Ом громкоговоритель также поместить в этот корпус, однако если устройство должно иметь минимальные размеры, то лучше вывести выходные провода на двухконтактный приборный соединитель

или розетку, к которым уже будет подключен наружный громкоговоритель.

Прежде чем приступать к проверке схемы убедитесь, что громкоговоритель подключен, а ось переменного резистора R4 находится в крайнем положении, соответствующем максимальному сопротивлению. Установите оси переменных резисторов R1 и R3 в среднее положение и включите S1. При этом должен сразу появиться низкочастотный звуковой сигнал. Если сигнал отсутствует, то слегка поверните ось R4, пока не услышите звуковой сигнал приемлемой громкости. Теперь вращайте ось резистора R1 или R3. Это должно вызвать немедленное изменение частоты выходного сигнала. Затем убедитесь, что второй переменный резистор также оказывает влияние на частоту выходного сигнала.

На проверку схемы может потребоваться около шести месяцев, поскольку ее суть заключается в переборе всевозможных сочетаний сопротивлений резисторов R1 и R3, при которых возникают самые различные звуковые эффекты. Внешне это напоминает забаву, однако вы можете убедить своих друзей и домочадцев в том, что заняты сложным процессом настройки.

Это устройство может найти самые разнообразные применения. Например, автор забавляется со своим генератором во время отдыха, и генератор несколько ему не наскучил. Он быстро утихомирит шумную ватагу детей, которые могут часами с упоением крутить ручки генератора и восторгаться издаваемыми им звуками. Остается только поспевать менять батареи.

Для усиления звуков, издаваемых этим устройством, можно использовать описанный выше усилитель низкой частоты. Кроме того, к выходу генератора вместо громкоговорителя можно подключить согласующий трансформатор (с 8-Ом первичной обмоткой) и обеспечить тем самым возможность его подключения к радиотрансляционным системам. Тогда этот генератор звуковых эффектов можно использовать в театре или других зрелищных учреждениях. Для создания новых звуковых эффектов можно установить в схему компоненты R1, R3, С1 и С2 с другими номиналами. Если же установить поворотные

переключатели, то с их помощью к схеме можно подключать различные компоненты с постоянными номиналами. Это особенно удобно, когда нужно получать определенные звуковые эффекты. При использовании переменных резисторов следует установить на их оси ключообразные ручки и отметить на корпусе генератора их положения, соответствующие определенным звуковым эффектам.

Схема 18. 10-с таймер

Таймер, рассмотренный выше в этой главе, рассчитан на задание интервалов времени средней и большой длительности. Подобные таймеры являются универсальными устройствами, которые можно использовать для оповещения об истечении заданного интервала времени в самых различных ситуациях. Например, с его помощью любительский радиопередатчик может передавать свои позывные через каждые 10 мин. Таймер может запускаться кнопкой включения микрофона, и в этом случае он выдаст звуковой сигнал, когда время передачи превысит 10 мин. Минимальный интервал времени, задаваемый этим таймером, составляет около 2 мин.

Для других областей применения даже короткий двухминутный интервал времени слишком велик. Схема, показанная на рис. 6.21, представляет собой таймер для задания коротких фиксированных интервалов времени, по окончании которых приводится в действие звуковой сигнал. После запуска схемы таймер 555 начнет формировать временную задержку, по истечении которой он выработает входной импульс, поступающий на базу *npr*-транзистора Q1; при этом транзистор откроется. В результате через зуммер пойдет ток, и зуммер зазвучит. Вместо зуммера можно использовать любое другое слаботочное 9-В устройство звуковой или световой сигнализации.

Единственное назначение ИС — это формирование импульса, поступающего на базу транзистора Q1, который работает как переключатель. В качестве переключателя можно также использовать маломощный тиристор (или триак для коммутации цепи переменного тока) однако *npr*-транзистор типа ECG 123A

очень дешев, и его можно без труда приобрести практически в любом магазине. Для этой цели подойдет практически любой маломощный *npr*-транзистор, поэтому, если такого прибора фирмы «Сильвания» у вас не оказалось, обратитесь к справочникам

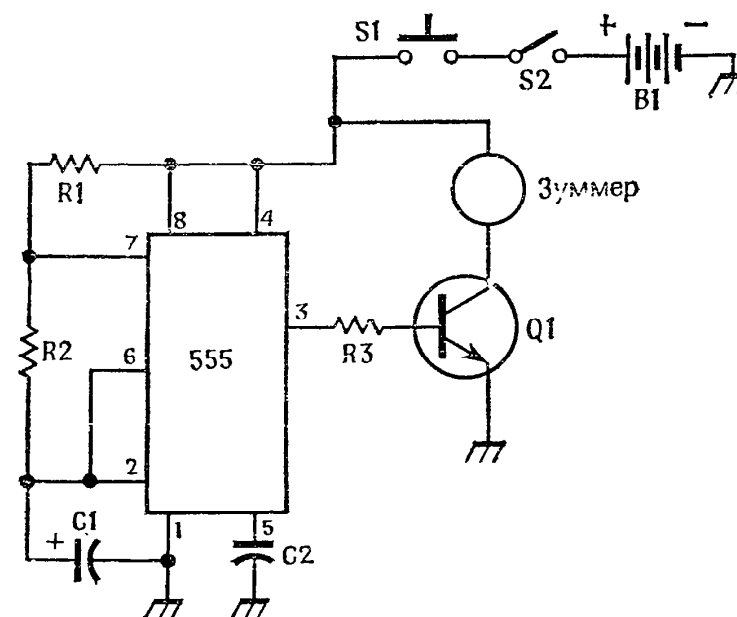


Рис. 6.21. Схема 10-с таймера. Зуммер «Соналерт» (позиция 854-6575 в каталоге фирмы «Этлайд электроникс»), B1 — 9-В батарея, C1 — неполярный конденсатор 1 мкФ, C2 — майларовый конденсатор 0,01 мкФ, Q1 — транзистор ECG 123A, R1, R2 — углеродистые резисторы 4,7 МОм, 0,5 Вт, R3 — углеродистый резистор 3,9 кОм, 0,5 Вт, S1 — кнопочный переключатель с нормально замкнутыми контактами, S2 — однополюсный выключатель.

по взаимозаменяемости для выбора эквивалентного компонента.

В качестве сигнального устройства в этой схеме можно использовать импульсную электрическую лампочку на 6—12 В, вспышка которой будет свидетельствовать о том, что 10 с истекли. Кроме того, вместо зуммера можно установить 6- или 9-В реле (слаботочное), являющееся переключательным устройством механического типа.

Данная схема срабатывает точно через 10 с. Длительность временного интервала определяется сопро-

тивлениями резисторов R1 и R2 и емкостью конденсатора C1. В качестве C1 можно взять электролитический конденсатор, хотя неполярные конденсаторы обеспечивают большую точность задания временных интервалов. Может оказаться, что неполярный конденсатор емкостью 1 мкФ имеет довольно большие размеры, однако для его установки на монтажной плате места вполне достаточно.

Чтобы можно было менять длительность временного интервала, вместо R1 следует установить прецизионный подстроечный резистор сопротивлением 5 МОм. Если высокая точность задания длительности временного интервала не требуется, то можно использовать стандартный 5-МОм переменный резистор. Увеличение емкости конденсатора C1 вызовет увеличение длительности временного интервала.

Для запуска схемы просто замкните выключатель S2. Напряжение питания поступит на ИС и на один из контактов зуммера, однако цепь питания последнего не замкнется до тех пор, пока на базу транзистора Q1 не поступит управляющий импульс с выхода ИС 555 и транзистор не откроется. Чтобы зуммер перестал звучать, достаточно нажать на нормально замкнутый кнопочный переключатель S1. Этот переключатель можно вообще исключить из схемы, а для ее сброса в исходное состояние достаточно выключить и включить S2. Однако для срабатывания переключателя кнопочного типа достаточно слегка на него нажать, тогда как S2 нужно сначала выключить, а затем снова включить.

Все компоненты схемы можно смонтировать на участке перфорированной платы размером 7,5 × 5 см. Монтаж может быть произвольным, но если длительность временного интервала должна составлять точно 10 с, то номиналы компонентов должны соответствовать спецификации. Следует иметь в виду, что истинное значение параметра компонента может немного отличаться от ее номинального значения, и поэтому для получения заданной длительности необходимо предусмотреть возможность регулировки сопротивлений резисторов R1 и R2 в небольших пределах. Для этого можно включить в схему дополнительный переменный резистор последовательно с ре-

зисторами R1 и R2 или параллельно выводам 2 и 8 ИС.

Свой 10-с таймер автор использовал в фотографии, но, кроме того, автор установил внешний переключатель, с помощью которого вместо резисторов R1 и R2 в схему включаются переменные резисторы. В результате таймером можно пользоваться двояким образом: 1) задавать точный временной интервал длительностью 10 с, 2) задавать с помощью переменных резисторов временные интервалы различной длительности при менее жестких требованиях к точности.

Схема 19. Генератор тактовых импульсов с частотой следования 100 Гц

Мультивибраторы часто применяются в качестве управляющих элементов или тактовых генераторов во многих различных видах сложной электронной аппаратуры. Например, основным узлом частотомера является высокостабильный генератор импульсов, с помощью которых измеряется частота сигнала на входе частотомера. В ЭВМ также используются сложные генераторы тактовых импульсов, хотя в большинстве случаев они работают с высокой частотой.

Схема, изображенная на рис. 6.22, делит каждую секунду на 100 тактов. Другими словами, каждую секунду она вырабатывает 100 импульсов. Для достижения высокой точности частоты следования тактовых импульсов в схеме используются резисторы с однопроцентным допуском; для подстройки частоты в небольших пределах вместо R1 можно установить прецизионный подстроечный резистор. Схема рассчитана на работу от 5-В стабилизированного источника постоянного тока, так как напряжение 5 В чаще всего используется для питания тактовых генераторов.

Видно, что схема крайне проста и содержит лишь пять компонентов, включая ИС и выключатель питания. В большинстве случаев выключатель S1 не нужен, так как схема подключается непосредственно к источнику питания постоянного тока, имеющему свой собственный выключатель. Два резистора и один конденсатор в этой схеме должны быть высококачественными компонентами с очень малыми разбросами.

Схема предназначена для формирования стабильных тактовых импульсов для сложной электронной аппаратуры, содержащей множество других блоков. Она должна быть устойчива к механическим воздействиям, так как вибрация и другие механические воздействия могут вызвать сдвиг частоты. Каждый импульс или промежуток между импульсами служит в

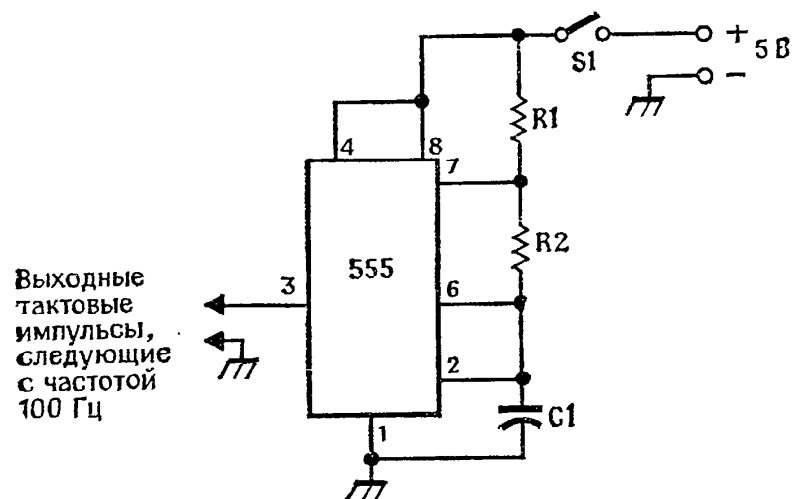


Рис. 6.22. Схема генератора тактовых импульсов с частотой 100 Гц. C1 — майларовый конденсатор 0,01 мкФ, R1 — 1%-ный углеродистый резистор 1 МОм, 0,5 Вт, R2 — 1 %-ный углеродистый резистор 10 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель.

качестве эталона времени, с помощью которого частотомер или другой измерительный прибор выполняет измерения и выдает их результаты. Если тактовая частота неверна, то все последующие показания также будут неправильными, поскольку даже небольшая погрешность тактовой частоты может возрасти в тысячи или даже миллионы раз.

Для экспериментальных целей данную схему можно собрать на обычной перфорированной монтажной плате, однако лучше использовать высококачественную печатную плату, обеспечивающую высокую устойчивость схемы к механическим воздействиям. В радиолюбительской практике устройство, вырабатывающее стабильный 100-Гц тональный сигнал,

можно использовать для включения радиолюбительских ретрансляторов. Этот вопрос уже был рассмотрен выше в данной главе.

Схема 20. Генератор тактовых импульсов с частотой следования 1 Гц

На рис. 6.23 показана схема еще одного низкочастотного генератора тактовых импульсов с частотой следования в 100 раз меньшей, чем у предыдущей

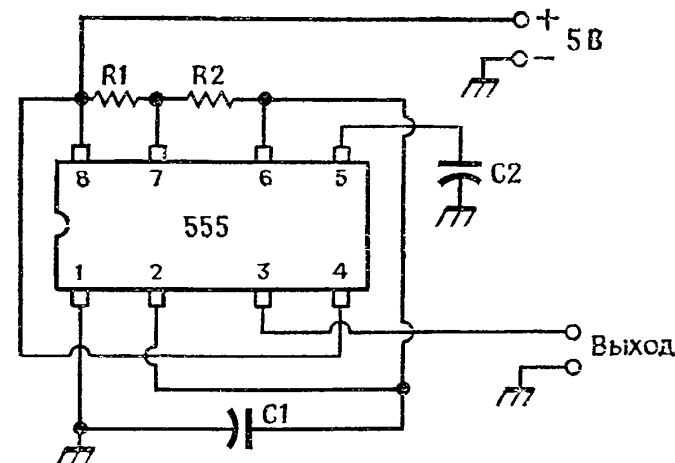


Рис. 6.23. Схема генератора тактовых импульсов с частотой 1 Гц. C1 — майларовый конденсатор 0,47 мкФ, C2 — конденсатор 0,01 мкФ, R1, R2 — 1 %-ные резисторы 1 МОм.

схемы. Он вырабатывает один импульс в секунду и поэтому может служить в качестве основного функционального элемента электронных часов.

За 60 с схема вырабатает 60 импульсов; подходящую схему подсчета импульсов можно использовать для управления индикатором, выполненным на светоизлучающих диодах или жидких кристаллах. Индикатор может также работать в реверсивном режиме, обеспечивая обратный отсчет времени. Как и предыдущая схема, этот генератор питается от 5-В источника, но может работать и от 9-В батареи, что обеспечивает его совместимость с большинством радиолюбительских устройств, в которых широко применяются 9-В батарейки. Для достижения большей точности следует укоротить выводы всех компонентов, а

в качестве R1 и R2 использовать высококачественные однопроцентные резисторы. В качестве C1 следует установить высококачественный майларовый конденсатор емкостью 0,47 мкФ; недорогие дисковые керамические конденсаторы для этой схемы не годятся. Импульсы с вывода 3 ИС можно использовать для ежесекундного включения переключательной схемы, выполненной на транзисторе, тиристоре или другом активном приборе. Кроме того, эти импульсы можно использовать для управления другими мультивибраторными схемами, причем некоторые из них могут срабатывать не на каждом импульсе.

Две последние схемы предназначены для применения в качестве функциональных узлов сложной электронной аппаратуры и сами по себе приносят мало пользы. Для построения более сложных устройств практического назначения эти схемы можно объединять с другими схемами, описанными в этой главе.

Схема 21. Пробник электрических цепей

Пробником электрических цепей называется любое устройство, с помощью которого можно проверить цепь на отсутствие обрывов. С этой целью часто применяется омметр. Если щупами омметра прикоснуться к двум различным точкам схемы, то малое сопротивление, показываемое омметром, свидетельствует об отсутствии обрывов между этими точками схемы. В общем случае омметр представляет собой источник питания постоянного тока, в котором источником тока служат батареи. Измерительный прибор, включенный последовательно с источником питания и щупами, измеряет ток в цепи. Если щупы не соединены друг с другом, то цепь разомкнута и тока в ней нет; если же щупы соединить непосредственно или через электрическую цепь, то потечет ток, который измеряется прибором.

Вместо омметра можно использовать устройство, состоящее из батареи и электрической лампочки. Последняя играет роль индикатора и загорается, если цепь между щупами не имеет обрывов. Конечно, омметр позволяет лучше судить о целостности цепи,

поскольку он дает показания в единицах сопротивления, т. е. в омах. Во многих случаях вполне достаточно иметь устройство, которое указывало бы лишь на наличие или отсутствие обрыва в цепи. Такое устройство удобно при проверке схем, поскольку оно

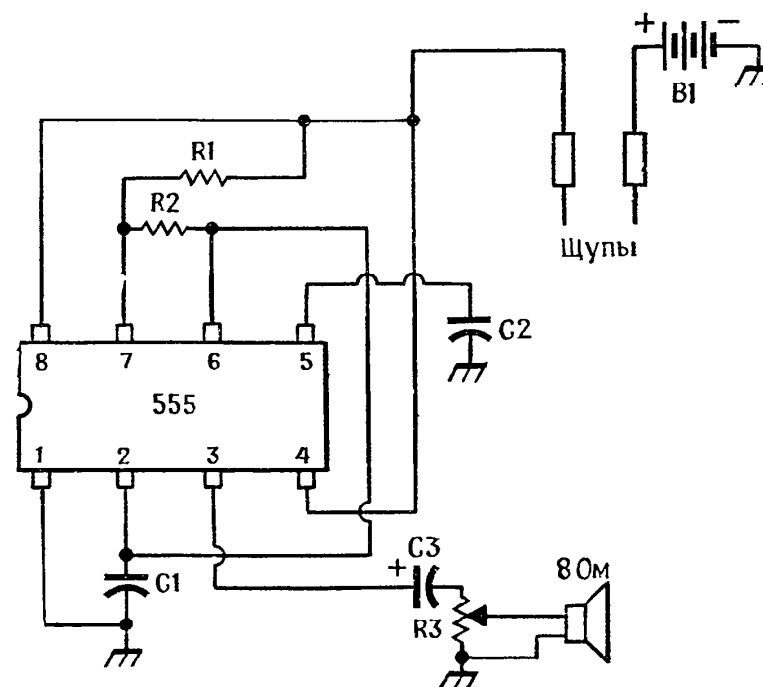


Рис. 6.24. Пробник электрических цепей. B1 — 9-В батарея, C1 — конденсатор емкостью 0,12 мкФ, C2 — конденсатор емкостью 0,01 мкФ, C3 — электролитический конденсатор емкостью 15 мкФ, 25 В, R1, R2 — углеродистые резисторы 3,3 кОм, 0,5 Вт, R3 — переменный резистор 10 кОм.

помогает обнаружить обрыв провода или короткое замыкание в цепи. Для этого необходим пробник, с помощью которого можно было бы проверить электрическую цепь на обрыв или короткое замыкание.

На рис. 6.24 изображена схема звукового пробника для проверки целостности цепей, выполненного на основе ИС 555, работающей в режиме мультивибратора. Она ничем не отличается от стандартной схемы, только вместо выключателя питания в ней предусмотрены два испытательных щупа. Если щупы не

соединены, то электрического контакта между положительным полюсом батареи и выводом питания ИС нет и схема не работает. При соединении щупов цепь питания схемы замыкается и из встроенного 8-Ом громкоговорителя раздается звуковой сигнал.

При использовании данного устройства отсутствие звука указывает на обрыв цепи. Это означает, что электрический ток не течет в проверяемой цепи от одного щупа к другому. Если же из громкоговорителя слышен звук, то это свидетельствует о том, что проверяемая цепь не имеет обрывов. Предлагаемый пробник не годится для проверки относительно высокоомных цепей, и поэтому его нельзя использовать непосредственно вместо омметра. Он служит для выполнения простейших проверок типа «годен/не годен», «разомкнуто/замкнуто» и т. п.

Схема не критична к параметрам компонентов; изменяя номиналы компонентов R1 и C1, можно менять частоту звукового сигнала. При установке в схему компонентов, указанных в спецификации, она будет вырабатывать резкий звуковой сигнал частотой около 1200 Гц. Если вместо R1 установить переменный резистор сопротивлением 5 кОм, то можно плавно менять частоту звукового сигнала. Компоненты схемы можно разместить на перфорированной плате размером 5×5 см, которую следует установить в небольшой корпус вместе с громкоговорителем и регулятором громкости. Во многих магазинах, торгующих товарами для радиолюбителей, есть в продаже пластмассовый прямоугольный корпус с металлической лицевой панелью, в котором уже вырезано отверстие для миниатюрного 8-Ом громкоговорителя. В этом случае остается лишь просверлить в корпусе отверстие для установки регулятора громкости R3, хотя в принципе этот компонент можно вообще исключить из схемы или заменить постоянным резистором. Кроме того, в корпусе следует просверлить еще два отверстия для установки гнезд, в которые будут вставляться щупы. Для этого можно также использовать телефонное гнездо, а к соединительным проводам щупов припаять телефонный штекер. Провода, идущие от щупов, можно впаять прямо в схему без использования каких-либо разъемных соединений.

Во многих магазинах, торгующих товарами для радиолюбителей, имеются в продаже недорогие наборы испытательных щупов. В данном пробнике можно использовать щупы с зажимами на концах проводов, однако в простых испытательных пробниках для проверки цепей чаще всего применяются стандартные щупы штыревого типа.

Кроме ИС в схеме есть еще два компонента, при установке которых следует соблюдать полярность включения,— батарея В1 и конденсатор С3. Убедитесь в том, что положительный вывод электролитического конденсатора подключен к выводу 3 ИС. Отрицательный вывод С3 соединяется с одним из крайних контактов переменного резистора.

9-В батарею следует поместить внутрь корпуса и соединить со схемой с помощью стандартной контактной колодки для 9-В батарей. Существуют специальные зажимы для крепления батарей к шасси устройств. Установка такого зажима не вызовет затруднений и гарантирует надежное крепление 9-В батареи.

Если используется пластмассовый корпус, то следует просверлить небольшое отверстие в свободной части монтажной платы и закрепить ее болтом непосредственно на непроводящей поверхности корпуса. Если корпус выполнен из алюминия, то плату следует установить на изоляционные втулки, исключаяющие ее соприкосновение с металлической поверхностью. С другой стороны, собранную плату можно просто обмотать изоляционной лентой и поместить в корпус. В этом случае надо убедиться, что все оголенные проводники полностью закрыты изоляцией.

Для проверки работоспособности схемы достаточно соединить испытательные щупы. При этом в громкоговорителе должен прослушиваться звуковой сигнал. Если громкоговоритель молчит, то немного поверните ось резистора R3 от положения, соответствующего минимальному сопротивлению. Если и в этом случае звуковой сигнал не появится, то есть ошибка в монтаже схемы или в ней имеется неисправный компонент. Удостоверьтесь также, что для питания схемы используется свежая батарея, которая правильно подключена. Неверное подключение батареи

может вывести из строя ИС 555. Еще раз убедитесь в правильности включения конденсатора СЗ, а также в том, что не перепутаны выводы ИС.

Готовая схема пробника представляет собой весьма дешевое и полезное устройство. Более всего оно подходит для проверки электрических и электромеханических устройств. Его также можно использовать для проверки некоторых электронных схем, однако в этом случае следует помнить, что через любую цепь, к которой подключается пробник, будет течь ток от его 9-В батареи. Напряжение батареи или ток питания могут превысить максимально допустимые значения для некоторых электронных компонентов, поэтому соблюдайте осторожность при работе с таким пробником. Кроме того, схему можно использовать в качестве источника звукового сигнала при проверке радиопередатчиков, звуковоспроизводящих систем и других устройств, имеющих микрофонный вход. При настройке этих устройств включите микрофон и положите его рядом с громкоговорителем. Ток питания этой схемы весьма мал, и благодаря ее эпизодическому применению батарея будет служить очень долго.

Схема 22. Простое устройство охранной сигнализации

Электрическая схема устройств охранной сигнализации весьма проста, а наибольшие практические трудности связаны с их установкой и прокладкой сигнальной проводки. Большинство этих систем по своему принципу действия близки к омметру, одним из примеров построения которого является предыдущая схема. Устройство охранной сигнализации можно рассматривать двояко в зависимости от того, какой тип системы используется. Если продолжить аналогию с омметром, то для построения устройства охранной сигнализации достаточно заменить измерительный прибор зуммером. При разомкнутых щупах ток питания через зуммер не течет и зуммер молчит. При закорачивании щупов цепь замыкается, через зуммер начинает течь ток, и раздается сигнал тревоги.

Некоторые системы охранной сигнализации работают аналогичным образом. Зуммер и источник питания располагаются в удобном месте, а сигнальная

проводка подводится к переключателю, установленному на окне или двери, который в этом случае играет роль щупов. Этот переключатель нормально разомкнут, однако при подъеме (открывании) окна или открывании двери он срабатывает, замыкая цепь, и включает сигнал тревоги.

В системах другого типа используются нормально замкнутые переключатели, поэтому цепь остается замкнутой до тех пор, пока система не сработает. При попытке проникновения через дверь или окно нормально замкнутый переключатель размыкается, устройство реагирует на это и включает сигнал тревоги, управляемый отдельной ветвью схемы, питающейся от того же источника. Подобным образом функционирует схема, описанная в следующем разделе, а рассматриваемая здесь схема относится к первому типу систем.

Поскольку эта книга посвящена ИС 555, в предлагаемом устройстве именно она используется в качестве источника пускового сигнала. На рис. 6.25 приведены принципиальная схема и список компонентов устройства охранной сигнализации, в котором в качестве сигнального прибора применен 9-В зуммер.

ИС 555 функционирует в этой схеме как ждущий мультивибратор, который вырабатывает выходной импульс, поступающий на управляющий вход тиристора SCR. При подаче в схему питания путем замыкания S1 электрический ток в ней не течет, так как схема не соединена с землей через нормально разомкнутый переключатель охранной сигнализации S3. Система находится в дежурном режиме в состоянии готовности, ожидая замыкания переключателя S3 при попытке проникнуть в помещение. В этом режиме ток потребления схемы крайне мал, и поэтому срок службы батареи В1 близок к сроку ее саморазряда при обычном хранении.

При попытке проникновения в помещение срабатывает переключатель S3, цепь питания схемы замыкается, и на управляющий вход тиристора поступает импульс, который включает его. При этом начинает протекать ток через другую ветвь схемы, включающую 9-В зуммер. После того как устройство тревожной сигнализации сработало, размыкание S3 не

вызывает прекращения звукового сигнала. Эту схему в целом можно рассматривать как электронное реле с блокировкой. В дежурном режиме тиристор SCR просто ожидает импульса с вывода 3 ИС 555, кото-

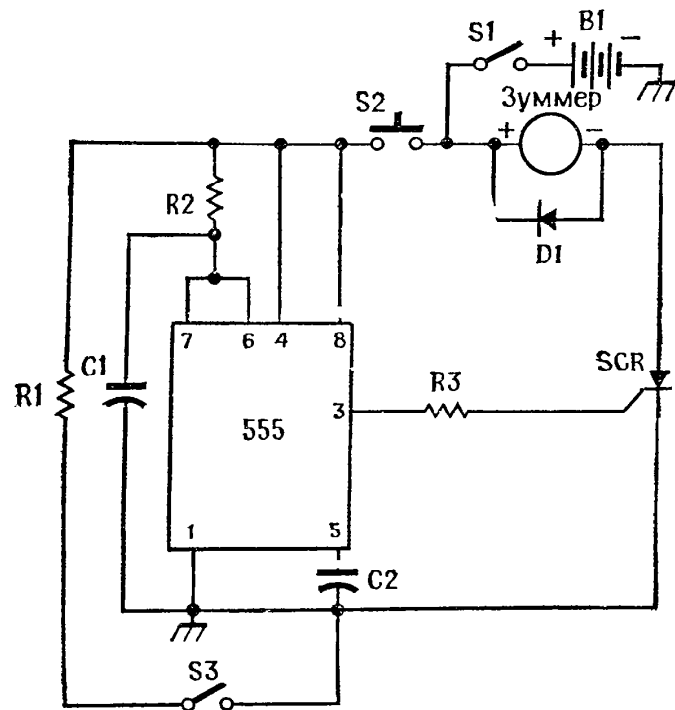


Рис. 6.25. Схема устройства охранной сигнализации и перечень компонентов. В1 — 9-В батарея, 9-В зуммер или сигнализатор, С1 — конденсатор 0,12 мкФ, С2 — конденсатор 0,01 мкФ, D1 — диод (максимальное обратное напряжение 50 В, максимальный прямой ток 1 А), R1, R2 — углеродистые резисторы 10 кОм, 0,5 Вт, R3 — углеродистый резистор 100 Ом, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель, S2 — кнопочный переключатель с нормально замкнутыми контактами, S3 — магнитный переключатель охранной сигнализации с нормально разомкнутыми контактами, SCR — тиристор (максимальное обратное напряжение 100 В, максимальный прямой ток 1 А).

рый включает его. По приходе импульса через тиристор потечет ток, и далее он работает уже независимо от ИС.

Это позволяет устранить один недостаток, присущий более ранним системам охранной сигнализации, — раньше злоумышленник, услышав сигнал тревоги, успевал закрыть дверь или окно еще до того, как

кто-либо в доме проснулся. В отличие от прежних данная схема будет издавать звуковой сигнал до тех пор, пока не будет отключено ее питание путем размыкания S1 или нажатия S2. Переключатель S2 представляет собой нормально замкнутый переключатель кнопочного типа, который используется для сброса сработавшей схемы в исходное состояние. Часто его устанавливают рядом с зуммером, тогда как S1 располагается около источника питания, который может находиться совсем в другом помещении. Выключатель S1 можно вообще исключить из схемы, подключив батарею прямо к одному из контактов S2. В этом случае схема будет постоянно находиться в дежурном режиме, а кнопочный переключатель S2 будет использоваться для приведения сработавшей схемы в исходное состояние.

Все компоненты схемы можно расположить в одном корпусе, к которому с помощью гибких проводов нужной длины следует подключить переключатель охранной сигнализации S3. Зуммер тоже можно установить на некотором расстоянии от самого устройства. Для его подключения также следует использовать длинные гибкие провода. Все остальные компоненты можно собрать на плате размером 10 × 10 см. К монтажу не предъявляется особых требований, однако необходимо проверить полярность включения компонентов В1, D1, SCR и зуммера.

Готовую схему можно установить в пластмассовый или алюминиевый корпус и разместить его в укромном месте квартиры. Переключатели охранной сигнализации могут иметь самую различную конструкцию, однако автор отдал предпочтение переключателю на основе магнитного реле, который состоит из двух отдельных частей. В одном прямоугольном корпусе находятся контакты реле, в другом — магнит. Если магнит расположен поблизости от реле, то устройство сигнализации не включено. При удалении магнита переключатель реле срабатывает и включает сигнальную цепь.

Обычно реле крепится на верхний косяк дверной коробки. Непосредственно напротив реле на двери устанавливается маленький магнит. В охранном переключателе этого типа используется не электромеха-

нический, а магнитный принцип переключения. Внутренние контакты реле (переключателя) металлические, и поэтому внешний магнит переводит их в определенное положение. При удалении магнита подпружиненные контакты переходят в другое положение и замыкают электрическую цепь. Отсюда следует, что нормально разомкнутый переключатель охранной сигнализации будет разомкнут, когда магнит находится рядом с ним, и замкнут, когда магнит удален. Это может показаться странным, так как большинство нормально разомкнутых переключателей или реле находятся в этом состоянии при отсутствии питания. Что касается нормально разомкнутого переключателя охранной сигнализации данного типа, то его нормальному состоянию соответствует действие магнитного поля.

Для проверки работоспособности схемы включите S1, а затем замкните контакты охранного переключателя S3. При этом зуммер должен немедленно зазвучать. Если зуммер молчит, то проверьте батарею, а также полярность включения зуммера, диода и тиристора. В качестве SCR можно использовать любой маломощный тиристор с допустимым током до 1 А. В этом режиме максимальное обратное напряжение не важно, поскольку для любого тиристора оно значительно больше 9 В.

Нажмите кнопку S2 после того, как зуммер начал звучать. При этом звук не должен прекратиться. Затем снова разомкните S3 и нажмите S2. Зуммер должен продолжать звучать при разомкнутом S3, но сразу же выключиться после нажатия S2.

На этом процедура проверки заканчивается. Описанное устройство удобно для охраны небольших помещений, где надо блокировать только одну дверь или окно. Если же необходимо установить тревожную сигнализацию на нескольких окнах и дверях, то следует использовать схему 23.

Схема 23. Более сложное устройство охранной сигнализации

На рис. 6.26 изображена схема другого устройства охранной сигнализации, выполненная на основе ИС 555. В нем применены нормально замкнутые переключатели,

благодаря чему одно такое устройство может одновременно блокировать несколько дверей и окон. Размыкание контактов любого из переключателей вызовет включение сигнала тревоги. В этой схеме используется электронная сирена, которая начнет издавать громкий резкий звук, когда тиристор SCR будет включен запускающим импульсом с вывода 3 ИС. Схема питается от двух параллельно включенных 12-В аккумуляторных батарей для электрического фонаря. Конечно, можно использовать и одну аккумуляторную батарею, однако при наличии двух батарей существенно увеличивается интервал времени между их перезарядками. С этой целью можно использовать две небольшие 12-В батареи, допускающие многократный перезаряд. Можно также приобрести батарею большой емкости, предназначенную для небольших транзисторных телевизионных приемников. На рис. 6.27

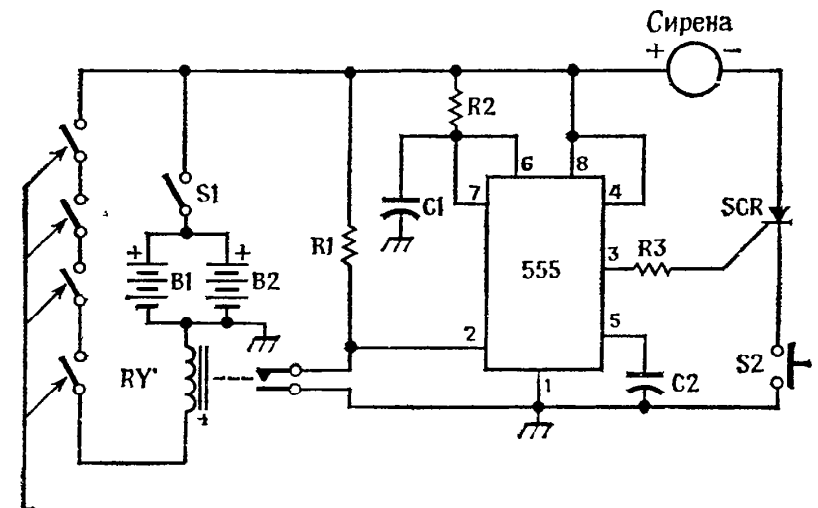


Рис. 6.26. Схема более сложного устройства охранной сигнализации. B1, B2 — 12-В аккумуляторные батареи для электрического фонаря, C1 — конденсатор 0,1 мкФ, C2 — конденсатор 0,01 мкФ, R1 — углеродистый резистор 10 кОм, 0,5 Вт, R2 — углеродистый резистор 12 кОм, 0,5 Вт, R3 — углеродистый резистор 120 Ом, 0,5 Вт RY — 12-В слаботочное реле с нормально замкнутыми контактами, S1 — однополюсный выключатель, S2 — кнопочный переключатель с нормально замкнутыми контактами, SCR — тиристор (максимальное обратное напряжение 100 В, максимальный прямой ток 1 А), сигнализатор — электронная сирена (позиция 910-5255 по каталогу фирмы «Эллайд электроникс»).



Рис. 6.27. Малогабаритная аккумуляторная батарея типа GEL/CELL.

изображена батарея типа GEL/CELL емкостью 4,5 А·ч. При включении схемы реле RY с нормально замкнутыми контактами находится под током и его контакты разомкнуты. В дежурном режиме устройство потребляет ток от батареи. Если использовать самое маленькое 12-В реле, то суммарный ток потребления устройства в дежурном режиме будет не более 15 мА.

Остальная часть схемы практически совпадает со схемой предыдущего устройства. Причина использования более высоковольтного источника питания заключается в том, что в схеме задействована электронная сирена, которая работает при напряжении 12 В и потребляет во включенном состоянии ток около 750 мА. Максимальный допустимый прямой ток для тиристора в этой схеме должен составлять не менее 1 А.

По сути дела это устройство тревожной сигнализации состоит из двух независимых схем, работающих от одного источника питания. Одну схему образуют ИС и сигнальный прибор, другую — магнитные переключатели тревожной сигнализации и обмотка реле. При попытке проникновения в помещение, когда хотя

бы один из нормально замкнутых переключателей размыкается, через обмотку реле RY перестает течь ток и его нормально замкнутые контакты замыкаются, в результате чего вывод 2 ИС соединяется с землей схемы. Ждущий мультивибратор немедленно вырабатывает запускающий импульс, который поступает на управляющий вход тиристора и включает его; при этом через электронную сирену начинает течь ток.

После того как сигнал тревоги включился, он остается в этом состоянии, питаясь от аккумуляторных батарей В1 и В2, независимо от дальнейшего состояния магнитных переключателей охранной сигнализации и наличия или отсутствия импульсов на выходе ИС 555. Устройство можно вернуть в дежурный режим, если замкнуть контакты всех переключателей сигнализации и нажать на S2 — нормально замкнутый кнопочный переключатель, контакты которого размыкаются при нажатии кнопки и снова замыкаются, если убрать палец.

Схему можно собрать на перфорированной монтажной плате тех же размеров, что и в предыдущем устройстве, если использовать миниатюрное реле. Аккумуляторные батареи, переключатели сигнализации и электронная сирена устанавливаются отдельно в укромных местах. При попытке открыть окно или дверь один из охранных переключателей разомкнется и сигнал тревоги сработает. Для выключения системы в целом просто выключите S1.

Проверьте полярность включения сигнального прибора, иначе устройство не будет работать. При проверке схемы убедитесь в том, что все переключатели охранной сигнализации замкнуты, затем включите S1. При этом должно быть слышно, как сработало реле. В зависимости от скорости переключения конкретного реле сигнал тревоги может сразу включиться. В этом случае просто нажмите на кнопку S2. После установки устройства в дежурный режим разомкните один из переключателей сигнализации. При этом должна немедленно зазвучать сирена. Снова замкните переключатель и убедитесь, что сирена звучит по-прежнему. Теперь для возврата схемы в дежурный режим нажмите S2. Еще раз проверьте, что

применяемое реле имеет нормально замкнутые контакты. Большинство реле имеют одну или две пары контактов на два возможных направления. Это значит, что один из контактов будет соединен с подвижным контактом, когда через обмотку реле не протекает ток. Именно эти контакты следует задействовать в данной схеме.

Это устройство может работать от сетевого вторичного источника питания с выходным напряжением 12 В постоянного тока. Однако лучше для этой цели использовать одну аккумуляторную батарею, постоянно подключенную к зарядному устройству. Конечно, сетевые источники питания весьма удобны, но при отключении сетевого напряжения вся система охранной сигнализации оказывается бесполезной. Аккумуляторные батареи, подключенные к зарядному устройству, всегда будут заряжены и будут питать систему тревожной сигнализации даже при отключении квартирного сетевого напряжения. Таким образом, схема оказывается полностью независимой от сетевого напряжения, которое используется лишь для подзарядки аккумуляторной батареи.

Схема 24. Таймер с двумя выходами

С помощью рассмотренных выше в этой главе таймерных схем можно задавать интервалы времени в широких пределах, однако все они имеют только один выход для управления переключательными устройствами различных типов. В некоторых случаях для управления самыми разнообразными устройствами — от простейших до сложных — могут понадобиться два или более таймеров. Например, в фотографии иногда требуется включить какое-либо устройство через определенный период, а спустя еще некоторое время его выключить. Существует большое число и других областей, где мог бы найти себе применение таймер, задающий два различных интервала времени.

Схема, изображенная на рис. 6.28, вырабатывает два выходных импульса. Длительность интервала времени до момента появления импульса на выходе 1 будет в восемь раз больше, чем время до появления

импульса на выходе 2. Например, если импульс на выходе 2 вырабатывается через 10 с, то импульс на выходе 1 появится через 80 с. В этом устройстве используются две интегральные схемы. Первая ИС представляет собой таймер 555, работающий в обычном режиме ждущего мультивибратора; эту часть схемы (и ее выход 2) можно использовать как любой

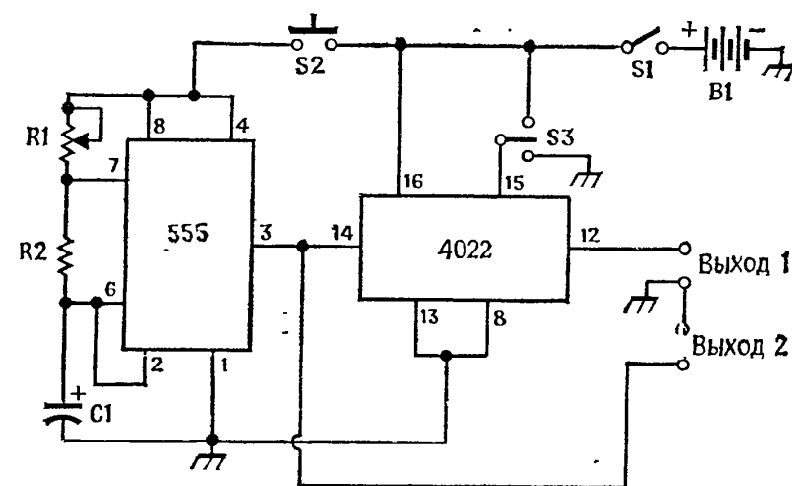


Рис. 6.28. Схема таймера с двумя выходами и перечень компонентов. B1 — 9-В батарея, C1 — электролитический конденсатор 15 мкФ, 25 В, R1 — переменный резистор 1 МОм, R2 — углеродистый резистор 1 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель, S2 — кнопочный переключатель с нормально разомкнутыми контактами; S3 — однополюсный переключатель на два положения.

другой таймер из числа описанных выше в этой главе. Выходной импульс с вывода 3 ИС 555 одновременно подается на вход счетчика — делителя на 8 ИС 4022. Это устройство делит частоту входных импульсов, поступающих с вывода 3 ИС 555, на 8. В результате импульс на выходе 1 устройства появляется значительно позже, чем на выходе 2.

Обе интегральные схемы работают от одного 9-В источника питания. С помощью S2 осуществляется повторный запуск всей схемы, S3 сбрасывает в исходное состояние ИС 4022, в результате чего она может сработать по очередному импульсу, вырабатываемому

ИС 555. В данной схеме задействована лишь малая часть ИС 4022. Она представляет собой 16-выводную ИС, однако в рассматриваемом устройстве задействовано лишь шесть ее выводов.

Расположение компонентов и монтаж могут быть достаточно произвольными. Следует тщательно выполнять соединения с ИС 4022, поскольку она имеет довольно большое число выводов. Для установки этого прибора автор рекомендует использовать 16-контактную панельку для ИС. Это даст возможность без труда извлечь ИС из данной схемы и установить в другое устройство.

Настройку схемы можно выполнять по методике, предложенной для других таймеров, рассмотренных в этой главе. Однако в данном случае необходимо убедиться в наличии импульсов на каждом из выходов таймера. Эта схема может функционировать в широком диапазоне питающих напряжений, в частности ее можно установить в аппаратуру с встроенным 12-В источником питания.

При необходимости деления частоты импульсов в большее число раз следует использовать несколько ИС 4022. Добавление второй ИС 4022 позволит разделить частоту выходных импульсов первой ИС счетчика 4022 на 8, чем обеспечивается деление частоты исходных импульсов, снимаемых с вывода 3 ИС 555, на 64. Переменный резистор R1 задает длительность интервала времени до момента появления импульса на выходе первой ИС и, следовательно, позволяет регулировать значения интервалов времени для каждого из выходов.

К выходам устройства можно подключить транзисторные ключи или другие устройства для управления дополнительными схемами.

Для изготовления этой схемы возьмите перфорированную монтажную плату размером $12,5 \times 12,5$ см. После того как устройство будет собрано, оставшиеся пустыми участки платы срежьте с помощью кусачек. Собранный схему можно установить в пластмассовый или алюминиевый корпус, в котором просверлены отверстия для установки компонентов R1, S1, S2, S3 и прямоугольного соединителя для обоих выходов таймера. При желании на этой же плате с помощью

зажима можно закрепить и 9-В батарейку. В другом варианте зажим и батарейку можно прикрепить к стенке корпуса.

Схема 25. Сирена на ИС 556

Выше были рассмотрены две схемы охранной сигнализации с электромеханическими сигнализаторами. Однако можно пойти дальше и изготовить сирену, управляемую интегральной схемой, которая при подключении к усилителю низкой частоты будет издавать очень громкий звуковой сигнал.

В данном устройстве используется ИС 556, однако его можно построить и на двух ИС 555, хотя в этом случае она обойдется несколько дороже. Два таймера 555, входящие в состав ИС 556, работают как мультивибраторы, каждый из которых вырабатывает звуковой сигнал своей частоты. Один из этих сигналов используется для переключения контактов реле, в результате чего меняется частота колебаний второго мультивибратора. Благодаря непрерывному переключению реле устройство издает звуковой сигнал, напоминающий звучание сирены.

Схема, изображенная на рис. 6.29, выглядит довольно сложной, однако в ней используется всего несколько компонентов больше, чем в схеме однонального устройства, выполненного на одной ИС 555. Верхняя часть схемы генерирует один сигнал звуковой частоты, а нижняя часть — другой. В каждой из них используется один из двух таймеров, входящих в состав ИС 556. На вывод 14 ИС подается напряжение питания обоих таймеров, а вывод 7 является их общей землей.

Необходимо иметь в виду, что выходной низкочастотный сигнал, подаваемый на вход усилителя низкой частоты, вырабатывается лишь одним таймером 555 этой двояной ИС. Другой таймер вырабатывает сигнал очень низкой частоты, используемый для переключения контактов реле каждые несколько секунд. При срабатывании реле конденсатор С3 подключается к частотоподающим элементам первого таймера 555, в результате чего изменяется частота его выходного сигнала. Через несколько секунд происходит

размыкание контактов реле, конденсатор С3 отключается от схемы и выходная частота возвращается к прежнему значению. Этот процесс все время повторяется, в результате чего имитируется эффект завывания, свойственный сирене. Транзистор Q1 управляется НЧ-генератором устройства и открывается при поступлении на его базу импульса с вывода 5 ИС.

Перечень используемых в схеме компонентов приведен в подписи к рис. 6.29, однако номиналы компонентов R4 и С3 можно подобрать по своему усмотрению. При замене R4 переменным резистором сопротивлением 500 кОм появляется возможность менять частоту выходного звукового сигнала. Кроме того, можно изменить сопротивление R1, чтобы реле

переключалось с другой частотой. Чем меньше сопротивление R1, тем больше частота переключения реле, и обратно.

Для изготовления этой схемы нужна перфорированная плата размером 10 × 10 см, на которой установлена 14-контактная панелька для ИС. Это позволяет выполнить весь монтаж без установки ИС в схему, в результате чего исключается возможность выхода ИС из строя из-за перегрева во время пайки. В этой схеме можно использовать любое миниатюрное 6-В или 9-В реле. Надо только убедиться в том, что это реле имеет малый ток срабатывания. Максимальный допустимый ток, коммутируемый контактами реле, здесь не важен, поскольку в данном устройстве этот ток будет весьма малым.

Для проверки работоспособности схемы необходимо соединить ее выход с входом подходящего усилителя низкой частоты. Можно просто подключить к выводу 9 ИС положительный вывод электролитического конденсатора емкостью 10 мкФ, а между его отрицательным выводом и землей схемы включить громкоговоритель. При этом не будет большой громкости звучания, однако ее вполне хватит для проверки. При включении S1 будет прослушиваться звуковой сигнал. Через 2—4 с частота звукового сигнала снизится. Спустя такой же период времени частота звукового сигнала снова повысится, и этот процесс должен повторяться и далее.

Если частота звукового сигнала не меняется, то причину этого следует искать в нижней части схемы (имеется в виду принципиальная электрическая схема). Могут оказаться неисправными транзистор или реле. Кроме того, может быть допущена ошибка при подсоединении выводов 1—6, что является причиной отсутствия сигнала на базе транзистора Q1. Для большинства типов реле легко убедиться в их функционировании. Если через каждые две секунды частота звукового сигнала не меняется, то это указывает на то, что реле RY не управляется. Я вынужден ограничиться общими соображениями, касающимися процедуры проверки схемы, потому что на практике может произойти все, что угодно, и поэтому следует отметить, что если случилось невозможное и реле

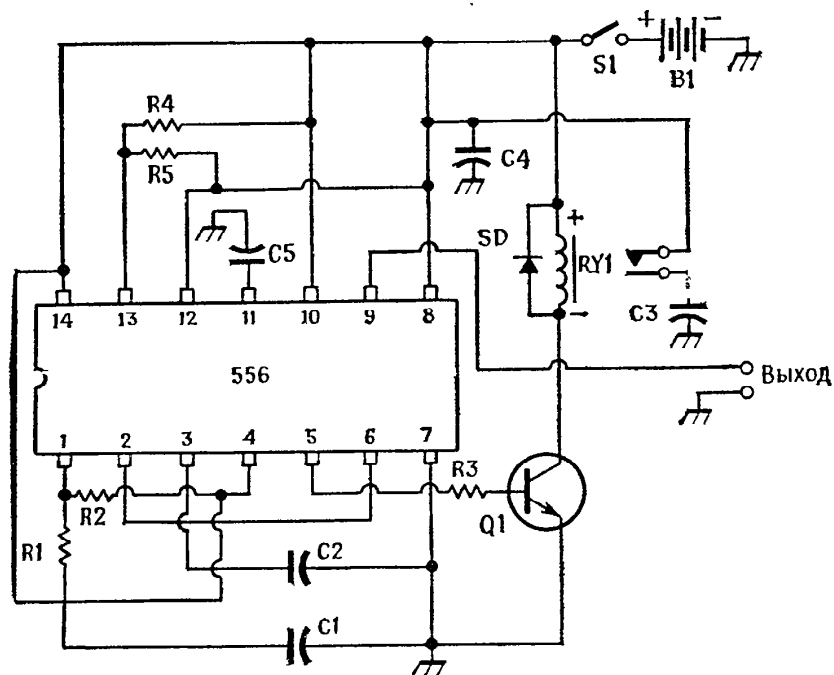


Рис. 6.29. Схема электронной сирены и перечень компонентов. B1 — 9-В батарея, C1 — танталовый конденсатор 1 мкФ, C2, C4, C5 — конденсаторы 0,01 мкФ, C3 — конденсатор 0,007 мкФ, Q1 — транзистор LC6123A (фирма «Сильвания»), R1 — углеродистый резистор 1,5 МОм, 0,5 Вт, R2 — углеродистый резистор 1,8 МОм, 0,5 Вт, R3 — углеродистый резистор 4,2 кОм, 0,5 Вт, R4 — углеродистый резистор 100 Ом, 0,5 Вт, R5 — углеродистый резистор 82 Ом, 0,5 Вт, RY — 9-В реле, S1 — однополюсный выключатель, SD — кремниевый диод (максимальное обратное напряжение 50 В, максимальный прямой ток 1 А),

РУ срабатывает, а частота звукового сигнала тем не менее не меняется, то это свидетельствует о наличии разрыва в цепи конденсатора СЗ.

При подключении этой схемы к усилителю низкой частоты ее звуковой сигнал будет звучать так же громко, как полицейская сирена. Она представляет собой прекрасный и недорогой вариант серийно выпускаемой сирены и издает такой же звук, формируемый с помощью электронной схемы.

Схема 26. Электронный орган

Старинные церковные органы обладают богатейшей звуковой палитрой, порождаемой огромными механическими резонаторами (трубами). С наступлением электронного века эти величественные и хитроумные сооружения были в значительной мере вытеснены небольшими устройствами, выполненными на полупроводниковых приборах и интегральных схемах. Современный электронный орган представляет собой чрезвычайно сложное электронное устройство, в которое входит огромное количество самых различных простых схем.

Электронные органы довольно дороги, однако орган, схема которого изображена на рис. 6.30, обойдется всего в несколько долларов. Более того, значительную часть компонентов для его изготовления можно найти в «ящике с хламом»; подобный электронный орган доставит много приятных часов. Справедливости ради следует отметить, что это, конечно, не настоящий музыкальный инструмент, а звуковой генератор переменной частоты, приводимый в действие с помощью кнопочных переключателей, имитирующих клавиши органа.

В этой схеме ИС 555 функционирует как несинхронизированный мультивибратор, к выходу которого через конденсатор подключен 8-Ом громкоговоритель, обеспечивающий умеренный уровень громкости. Элемент, изменяющий частоту звукового сигнала, подключен к выводу 2 ИС и представляет собой конденсатор, один из выводов которого соединяется с землей схемы через кнопочный переключатель. На

рис. 6.30 изображена простейшая схема электронного органа; для создания настоящего музыкального инструмента необходимо включить параллельно значительно большее число конденсаторов и кнопочных переключателей. Каждый из конденсаторов имеет свою емкость; весь блок конденсаторов совместно с R1 определяют диапазон издаваемых звуков.

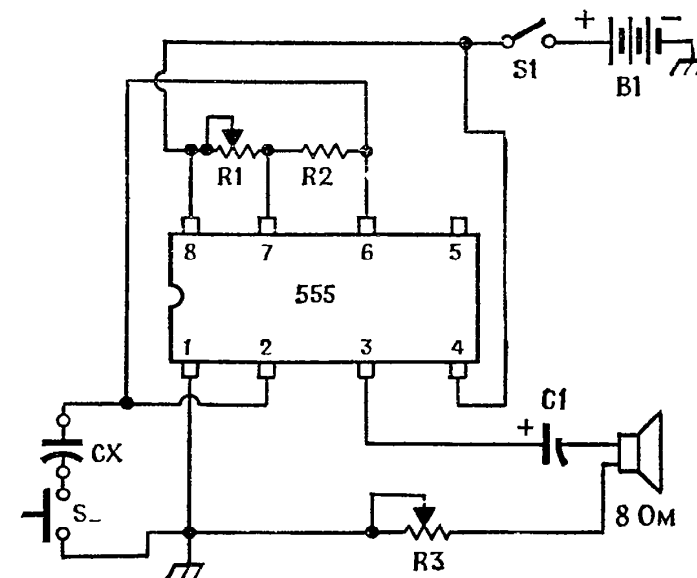


Рис. 6.30. Схема электронного органа. В1 — 6-В батарея, CX — см. текст, C1 — конденсатор 8 мкФ, 15 В, R1 — переменный резистор 150 кОм, R2 — резистор 1 кОм, 0,5 Вт, R3 — переменный резистор 150 Ом, 1 Вт, S1 — однополюсный выключатель, S2 — кнопочный переключатель с нормально разомкнутыми контактами.

Компоненты схемы монтируются на монтажной плате размером 5 × 5 см, которую следует поместить в достаточно большой корпус. В верхней крышке корпуса надо просверлить отверстия для установки восьми или более кнопочных переключателей (полная музыкальная октава). Для игры на этом музыкальном инструменте надо нажимать на кнопочные переключатели и вращать ручку R1. С помощью данной схемы одновременно можно получать тишь одну ноту, однако для получения других звуковых частот достаточно нажать сразу на несколько переключателей.

При наличии лишь четырех кнопочных переключателей, к которым подключены четыре конденсатора различной емкости, можно получить 64 различных звука даже без помощи резистора R1. С помощью этого переменного резистора можно извлекать из электронного органа миллионы самых различных звуков.

Выбрать емкости конденсаторов, задающих частоты выходного сигнала и обозначенных на принципиальной схеме как CX, должен сам радиолюбитель. Можно начать с конденсатора емкостью 0,2 мкФ, а затем подобрать остальные конденсаторы в порядке убывания их емкости. Однако предварительно следует проверить работоспособность схемы, установив в нее конденсатор емкостью 0,1 мкФ. Когда схема заработает, к ней надо подключать по одному имеющиеся под рукой конденсаторы и проверять ее звучание на различных частотах.

Включите схему выключателем S1; при этом не должно быть слышно никаких звуков. Затем нажмите S2 и убедитесь в том, что из громкоговорителя раздается звуковой сигнал. Может оказаться необходимым произвести регулировку R1, чтобы получить частоту сигнала в пределах диапазона слышимости. При отпускании S2 звук должен немедленно прекратиться. На этом процедура проверки заканчивается. Если звуковой сигнал получить сразу не удастся, то следует повернуть ось переменного резистора R3, используемого для грубой регулировки громкости. Если это не помогает, то следует проверить монтаж и убедиться, что отрицательный вывод батареи B1 соединен с землей схемы, а положительный контакт — с одним из контактов переключателя S1. Кроме того, надо проверить полярность включения конденсатора C1.

После этого можно начать развлекаться. Чтобы орган мог издавать различные звуки необходимой тональности, потребуются несколько нормально разомкнутых кнопочных переключателей. Некоторые радиолюбители предпочтут использовать для установки этих переключателей и конденсаторов отдельный корпус небольшой высоты, напоминающий клавиатуру компьютера. Путем параллельного и последовательного соединения имеющихся под рукой конденсаторов

различной емкости можно получить комбинацию звуков различной тональности, соответствующую полной октаве обычного органа. Помните, что с помощью переменного резистора R1 можно повышать и понижать частоту звука. Путем подбора конденсаторов следует добиться получения правильных интервалов частот между нотами. Процесс настройки может отнять несколько часов, но в итоге получится устройство, на котором можно наигрывать мелодии.

Для получения большей громкости достаточно убрать из схемы конденсатор C1 и громкоговоритель и соединить вывод 3 ИС 555 со входом ИС усилителя низкой частоты. С этой целью можно также использовать радиотрансляционную систему, поместив ее микрофон рядом с громкоговорителем. Выходной сигнал этого устройства имеет прямоугольную форму, и поэтому звучание нот будет не совсем приятным для слуха; именно по этой причине на принципиальной схеме (рис. 6.30) отсутствует отдельный усилитель низкой частоты. При малой громкости звучания этого электронного органа друзья и домочадцы, вероятно, положительно оценят его звучание, и вам будет позволено и дальше создавать подобные электронные устройства при минимуме возражений со стороны истинных ценителей музыки.

Схема 27. Мигалка

На рис. 6.31 показана принципиальная схема мигающего источника света, в котором ИС 555 используется для управления цепью питания обычной лампы накаливания (мощностью до 100 Вт). Здесь импульсный сигнал с выхода времязадающего мультивибратора подается на вход согласующего трансформатора, вторичная обмотка которого включена в цепь управляющего электрода тиристора. Максимальная частота мигания лампы составляет 10 Гц, но может быть уменьшена менее чем до 1 Гц. Чувствительность устройства регулируется переменным резистором R3 сопротивлением 10 кОм.

Левая часть схемы по существу не отличается от многих других схем, приведенных в этой главе. Частота мигания лампы регулируется с помощью

переменного резистора R1. При работе электронной переключательной схемы через первичную обмотку T1 начинает протекать пульсирующий ток. Он наводит импульсы во вторичной обмотке трансформатора, которые поступают на управляющий электрод тиристора SCR и включают его; при этом через электрическую лампу будет протекать переменный ток. Обратите внимание на то, что нет непосредственной связи между ИС 555 и частью схемы, питающейся от сети переменного тока напряжением 115 В. Трансформатор выполняет две функции: передает сигнал в схему, работающую при более высоком напряжении, и, кроме того, изолирует ее от низковольтной схемы.

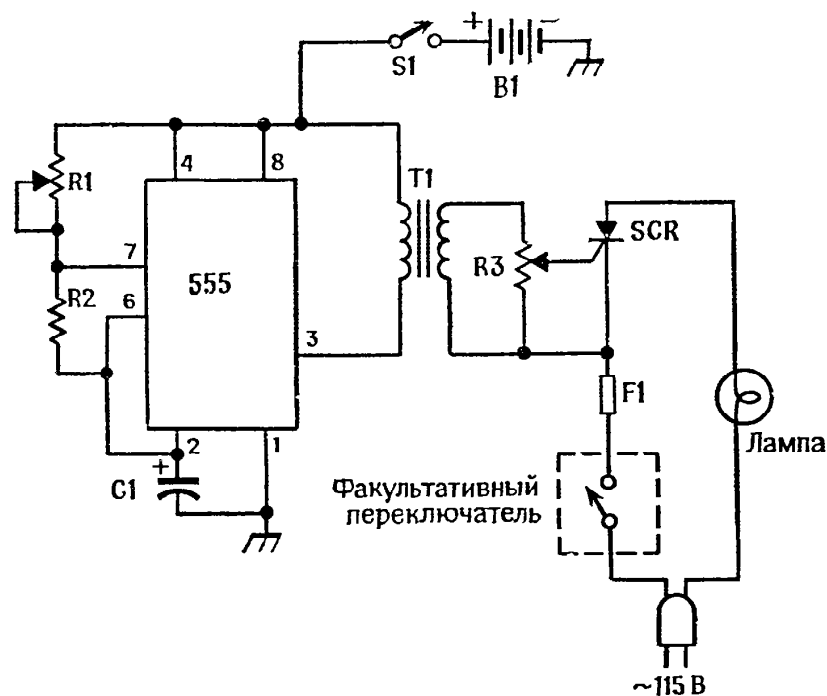


Рис. 6.31. Схема мигающего источника света и перечень компонентов. B1 — 9-В батарея, C1 — электролитический конденсатор 10 мкФ, 15 В, F1 — плавкий предохранитель на 2 А, лампа накаливания мощностью до 100 Вт, R1 — переменный резистор 1 МОм, R2 — углеродистый резистор 10 кОм, 0,5 Вт, R3 — переменный резистор 10 кОм, S1 — однополюсный выключатель; SCR — тиристор (максимальный прямой ток 2 А, максимальное обратное напряжение 200 В), T1 — трансформатор с 8-Ом первичной обмоткой и 500-Ом вторичной обмоткой.

В большинстве случаев выход трансформатора T1 будет соединяться с сетевой схемой, находящейся совсем в другом корпусе. Вместо патрона для лампы можно поставить на шасси электрическую сетевую розетку и через нее подключать к этому устройству лампы различных типов. Помните, что тиристор преобразует переменный ток в постоянный, и поэтому не пытайтесь подключать к этому устройству электродвигатели переменного тока или электронную аппаратуру (например, источники питания), питающиеся от сетевого напряжения. Постоянный ток быстро выведет из строя или сожжет любое устройство, работающее только на переменном токе.

Часть схемы, в которую входит ИС 555, монтируется на перфорированной плате размером 10×10 см. Здесь же устанавливается трансформатор связи и переменный резистор R3. Средний контакт R3 и один из концов вторичной обмотки T1 с помощью изолированных монтажных проводов соединяются с высоковольтной частью схемы. Ее следует собрать в отдельном пластмассовом или алюминиевом корпусе. Обязательно установите сетевой плавкий предохранитель F1, который перегорает при коротком замыкании в устройстве.

Для проверки устройства достаточно подключить к сетевой части схемы электролампу небольшой мощности и вставить вилку в настенную розетку. Не включая S1, отрегулируйте R3 таким образом, чтобы электролампа загорелась; если она загорелась сразу же после включения сетевого напряжения, то добейтесь, чтобы она погасла. Установите ручку резистора R3 таким образом, чтобы его сопротивление было чуть меньше того значения, при котором лампа начинает гореть, а затем установите ручку резистора R1 в среднее положение. После этого включите S1; лампа должна начать мигать. Если она не мигает, то немного покрутите R3 до тех пор, пока мигание не начнется. Затем, медленно вращая ось R1, установите нужную частоту мигания.

Если не удалось заставить гореть лампу на первом этапе проверки (до включения S1) то неисправность находится в высоковольтной части схемы, питающейся от сети, в которую входят R3, SCR,

плавкий предохранитель и электрическая лампа. Проверьте предохранитель F1, если он перегорел, то это свидетельствует о наличии серьезной ошибки в монтаже сетевой части схемы. Наверняка где-то в схеме есть короткое замыкание

Если лампа горит, но не мигает, то неисправна та часть схемы, в которую входят ИС 555 и трансформатор. Ток, потребляемый этой схемой от 9-В батареи от транзисторных радиоприемников, очень мал, но тем не менее не забывайте ее отключать, когда схема не используется. Еще одним достоинством схемы является то, что ее сетевая часть может служить регулятором силы света лампы; при этом мощность подключаемых к ней ламп не должна превышать 100 Вт.

Схема 28. Устройство охранной сигнализации со световым датчиком

Выше (схемы 22 и 23) нами уже рассматривались схемы охранной сигнализации. В этих схемах с помощью удаленного переключателя подавалось питание на ИС 555, в результате чего последняя начинала вырабатывать сигнал звукового диапазона.

На рис. 6.32 изображена схема устройства, которое можно использовать для аналогичных, а также для многих других целей. Оно представляет собой разновидность устройства тревожной сигнализации, в котором отсутствуют подвижные части, за исключением выключателя питания S1. Подобно описанным выше устройствам охранной сигнализации, оно может быть приведено в действие на расстоянии, однако для этого вместо механического переключателя установлен полупроводниковый прибор на основе сульфида кадмия, или просто фотозаэлемент.

Иногда этот прибор называют еще фоторезистором. Это очень точное определение, поскольку фотозаэлемент представляет собой пассивный полупроводниковый прибор, внутреннее сопротивление которого меняется от очень большого (в полной темноте) до совсем малого (в яркий солнечный день). Ток, протекающий через фотозаэлемент, прямо зависит от его сопротивления, которое в свою очередь зависит от

интенсивности света, падающего на светочувствительную поверхность фотозаэлемента.

Существует много различных типов фотозаэлементов, большинство из которых будут функционировать в этой схеме. Использованный автором фотозаэлемент был приобретен в местном магазине компании «Радио шак». Этот фотозаэлемент из сульфида кадмия имеет максимум чувствительности в зеленом и желтом участках оптического спектра. Его максимальное внутреннее сопротивление в полной темноте составляет 500 кОм, а при ярком солнечном свете оно падает приблизительно до 100 Ом.

В данной схеме фотозаэлемент подключен последовательно с 9-В батареей к выводу 4 ИС. В темноте фотозаэлемент имеет очень большое сопротивление и ток в этой ветви схемы протекать не будет. При этом 8-Ом громкоговоритель будет молчать. С ростом освещенности сопротивление фотозаэлемента будет

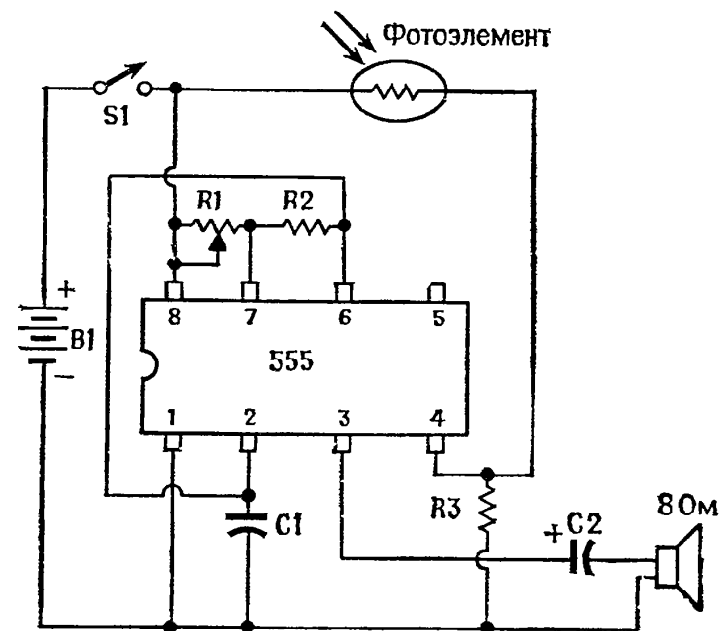


Рис. 6.32. Схемы устройства охранной сигнализации со световым датчиком. B1 — 9-В батарея, C1 — конденсатор 0,06 мкФ, C2 — конденсатор 8 мкФ, 15 В, фоторезистор на основе сульфида кадмия, R1 — переменный резистор 50 кОм, R2 — углеродистый резистор 1 кОм, 0,5 Вт, R3 — углеродистый резистор 10 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель.

уменьшаться и через него потечет ток. Схема начнет функционировать и из громкоговорителя раздастся резкий звук. Медленно увеличивая освещенность, можно добиться плавного включения устройства.

Если это устройство используется для охраны помещений, то его следует поместить в темное место. Тогда при внезапном включении освещения из громкоговорителя немедленно раздастся звуковой сигнал. В дневное время устройство можно обесточить выключателем питания S1. Это устройство может найти применение в фотографии, однако не исключено, что к моменту, когда мультивибратор сработает по уровню освещенности, фотопленка уже будет засвечена.

Схему можно собрать на небольшой перфорированной плате размером 5×5 см. Готовую схему лучше всего установить в пластмассовый корпус. Это даст возможность установить фотоэлемент отдельно от остальной схемы и вне корпуса; отдельная установка необходима потому, что фотосэлемент является управляющим элементом (переключателем), чувствительная поверхность которого, воспринимающая прерывистый световой сигнал или внешний свет, должна быть открыта. Частоту звукового сигнала, издаваемого 8-Ом громкоговорителем, можно регулировать переменным резистором R1. Если взять корпус достаточно больших размеров, то в нем поместится и громкоговоритель.

Можно просверлить отверстия в передней панели корпуса для установки S1 и R1. В задней панели было вырезано отверстие для громкоговорителя, а фотоэлемент был закреплен в центре верхней панели корпуса. На фотоэлементе неплохо закрепить картонную трубу длиной около 8 см, диаметр которой должен быть немного больше диаметра фотоэлемента. Это обеспечит более надежное срабатывание устройства и защитит его от паразитных воздействий окружающего светового фона. Картонная труба существенно снизит влияние окружающей засветки; при этом необходимо, чтобы луч света от мигающей лампы или другого источника света был направлен прямо в эту узкую трубу. При наличии этого приспособления устройство тревожной сигнализации может находиться в ярко освещенной комнате, но ложных срабаты-

ний не будет. Сигнализатор начнет издавать звуковой сигнал лишь в том случае, если световой луч попадает прямо в трубу.

Для проверки работоспособности схемы включите S1. Скорее всего она сразу же начнет звучать, если только вы не проверяете ее в слабо освещенном помещении. Если никаких звуков не слышно, то следует специально осветить чувствительную поверхность фотоэлемента и начать вращать ручку R1. При этом должен быть слышен звуковой сигнал, частота которого меняется в зависимости от положения ручки переменного резистора R1. Уберите лампу, и звук должен прекратиться. Последний этап проверки следует выполнять в затемненной комнате, чтобы исключить ложные срабатывания от окружающих источников света.

Это устройство может найти много полезных практических применений, а также его можно использовать и для развлечения. В представленном виде оно может быть применено для охраны помещений или индикации включенного/выключенного состояния источников света в помещении. В нем можно использовать и светоизлучающие диоды (СИД), обеспечивающие его срабатывание под действием разных механизмов. Если светоизлучающий диод с зеленым свечением поместить очень близко к фотоэлементу, то его световой поток будет вполне достаточным для включения мультивибратора.

Поскольку светодиоды применяются в некоторых простых логических схемах, это устройство на базе ИС 555 со светодиодным запуском можно использовать для индикации логического состояния схемы. Для одновременной индикации логических состояний ряда логических схем можно сделать несколько таких устройств с разной частотой звукового сигнала.

Схема 29. Специализируемая схема задержки

В этой главе приводится целый ряд схем задержки (реле времени), тогда как в предыдущих главах были освещены основные принципы построения подобных схем, при этом большое внимание уделялось вопросу расчетного выбора параметров компонентов.

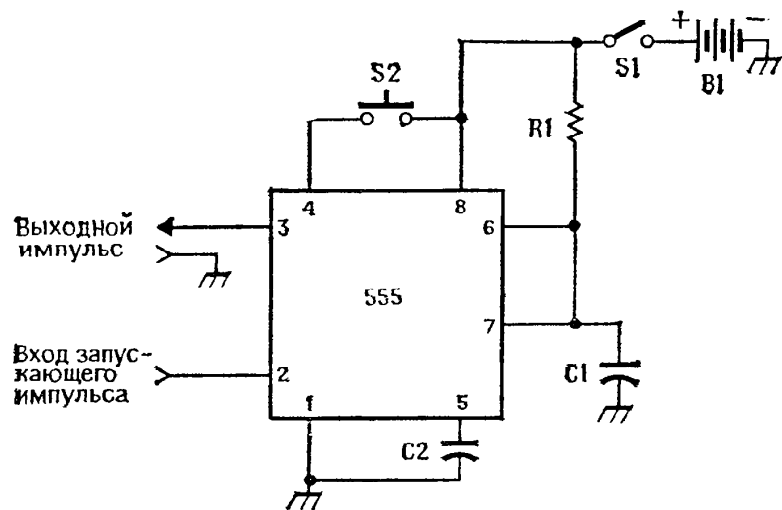


Рис. 6.33. Специализированная схема задержки. В1 — 9-В батарея, С2 — конденсатор 0,01 мкФ, S1 — однополюсный выключатель, S2 — кнопочный переключатель с нормально разомкнутыми контактами, C1, R1 — см. текст.

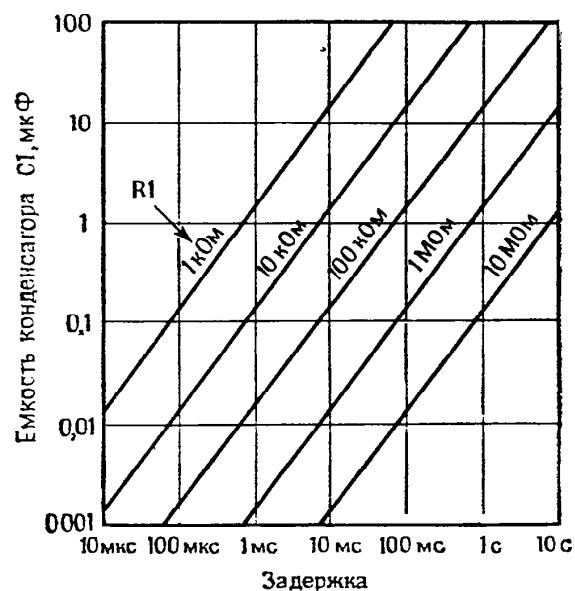


Рис. 6.34. Номограмма для выбора номиналов компонентов универсальной схемы задержки.

Напротив, в предлагаемой на рис. 6.33 схеме ждущего мультивибратора предусмотрена возможность задавать требуемую задержку путем подбора параметров компонентов R1 и C1.

На рис. 6.34 изображена номограмма, с помощью которой можно подобрать номиналы компонентов, обеспечивающие необходимую задержку. Так, конденсатор C1 емкостью 10 мкФ и резистор R1 сопротивлением 100 кОм дадут задержку чуть менее 1 с. Если нет конденсатора емкостью 10 мкФ, то для получения такой же задержки можно использовать конденсатор емкостью 1 мкФ и резистор сопротивлением 1 МОм.

На принципиальной схеме показаны все ее основные компоненты, включая 9-В батарею, служащую в качестве источника питания. Схема включается переключателем S1; после поступления на вывод 2 ИС входного прямоугольного импульса начинается процесс формирования временной задержки. Вывод 5 соединен с землей через майларовый конденсатор емкостью 0,01 мкФ. С помощью переключателя S2 таймер сбрасывается в исходное состояние после подачи каждого входного импульса. К выходу этой схемы можно подключить другую ИС или полупроводниковый ключ, примеры построения которых приводились выше в этой главе.

Основную часть схемы можно собрать на небольшой перфорированной плате, а для подключения R1 и C1 использовать провода с зажимами типа «крокодил» на концах. Это позволит подключать к схеме различные компоненты для получения различных временных задержек. Она представляет собой очень удобное испытательное средство, которое может формировать временные задержки в широких пределах — от нескольких микросекунд до 10 и более секунд.

Кроме того, это устройство может служить измерителем емкости или сопротивления, если известно R1 или C1 соответственно. Предположим, что R1 имеет сопротивление 1 МОм, а емкость конденсатора C1 не известна, поскольку он валялся в «ящике с хламом» и маркировка на нем отсутствует. Интервал времени между запускающим импульсом, поступающим на вывод 2, и выходным импульсом показывает

емкость конденсатора $C1$. Если длительность задержки составляет 1 с, то емкость $C1$ примерно равна 1 мкФ. Если задержка составляет приблизительно 10 с, то емкость конденсатора равна 10 мкФ. Для определения емкости конденсатора необходимо точно измерить задержку, а затем воспользоваться номограммой, приведенной на рис. 6.34; естественно, что сопротивление резистора $R1$ должно быть заранее известно. $R1$ может быть переменным резистором, с помощью которого можно установить удобную для измерения задержку. При измерении емкости $C1$ следует с помощью $R1$ установить время задержки, равное нескольким секундам. Далее с помощью омметра надо измерить сопротивление $R1$ и по диаграмме найти искомое значение емкости $C1$.

Взяв конденсатор $C1$ известной емкости, это устройство можно использовать как грубый омметр. Для этого следует подключить $R1$ к схеме, измерить длительность задержки и по диаграмме определить сопротивление $R1$. Конечно, полученные результаты измерений не будут отличаться большой точностью, однако по ним можно получить общее представление о сопротивлении или емкости. Схема достаточно миниатюрна и иногда может применяться в тех случаях, когда омметра нет или воспользоваться им сложно.

Схема 30. Переключаемая схема задержки

На рис. 6.35 изображена переключаемая схема задержки, в которой для получения нескольких различных по длительности задержек используются компоненты, номиналы которых определены с помощью предыдущей схемы. Она содержит три резистора и три конденсатора, однако одновременно к схеме может быть подключена лишь одна пара компонентов. В $S3$ от одной ручки срабатывают сразу два переключателя. Подобные коммутационные изделия иногда еще называются переключателями с общим управлением (пакетными переключателями), так как здесь при одном срабатывании переключателя одновременно перемещаются оба подвижных контакта. Когда $S3$ установлен в первое положение, к схеме подключены $R1$ и $C1$. При этом время задержки, отсчитываемое

от запускающего импульса на выводе 2 ИС, составляет приблизительно 100 мс. При переводе переключателя в следующее положение к схеме подключаются $R2$ и $C2$, а $R1$ и $C1$ соответственно отключаются. При этом задержка составляет 1 с. При последнем положении переключателя к схеме подключаются $R3$ и снова $C2$. Возможность подключения $C2$ к схеме

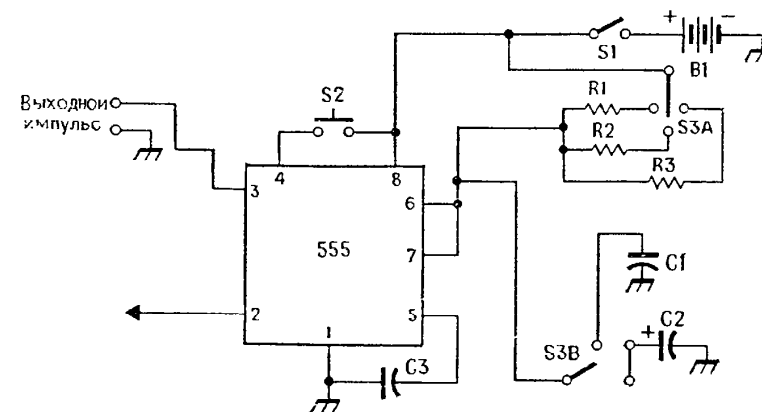


Рис. 6.35. Переключаемая схема задержки. $B1$ — 9-В батарея, $C1$ — конденсатор 0,1 мкФ, $C2$ — конденсатор 1 мкФ, $C3$ — конденсатор 0,01 мкФ, $R1$ — углеродистый резистор 1 МОм, 0,5 Вт, $R2$ — углеродистый резистор 1 МОм, 0,5 Вт, $R3$ — углеродистый резистор 10 МОм, 0,5 Вт, $S1$ — однополюсный выключатель, $S2$ — кнопочный переключатель с нормально разомкнутыми контактами, $S3$ — двухплатный пакетный поворотный переключатель на три положения.

при двух разных положениях переключателя достигается установкой перемычки между двумя последними контактами $S3B$. При третьем положении переключателя используется тот же конденсатор, однако сопротивление резистора в 10 раз больше. В результате время задержки увеличивается до 10 с.

Номиналы всех этих компонентов выбраны с помощью номограммы, приведенной на рис. 6.34; для получения других задержек можно самостоятельно выбрать номиналы компонентов. Поскольку задержки указаны приблизительно, вместо постоянных резисторов можно установить прецизионные подстроечные резисторы и путем их регулировки добиться требуемых задержек. Диапазон задержек определяют и конденсаторы $C1$ и $C2$, однако на практике проще

использовать переменные резисторы, чем конденсаторы переменной емкости, число которых может оказаться большим.

Вовсе не обязательно ограничивать возможности схемы поворотным переключателем пакетного типа всего на три положения. Для этой цели можно поставить переключатели на 10 и более положений. Кроме того, для подключения к схеме резисторов и конденсаторов можно использовать два отдельных переключателя. Это позволит значительно расширить набор задержек без установки в схему большого числа резисторов и конденсаторов. При таком способе переключения компонентов конденсатор $C1$ можно подключать к схеме вместе с резисторами $R3$, $R2$ или $R1$. Подобным же образом $R1$ можно использовать вместе с $C2$ и $C1$. Это позволяет получить во много раз больше задержек при том же количестве компонентов. При таком способе подключения компонентов надо иметь под рукой таблицу положений переключателей, определяющую, какое время задержки соответствует каждой комбинации их положений.

Схему можно собрать на перфорированной монтажной плате, которую следует установить в прочный алюминиевый корпус, просверлив в нем отверстия для крепления $S3$, $S2$ и $S1$. Если в качестве компонентов $R1—R3$ используются переменные резисторы, то это должны быть подстроечные резисторы с короткой осью, имеющей шлиц под отвертку, которые после окончания регулировки вообще не следует больше трогать. Для точной установки задержек понадобится секундомер, а для задержек длительностью порядка 1 с — осциллограф. Собранный аппарат представляет универсальное импульсное устройство формирования задержек, которое можно использовать как при варке яиц, так и в вычислительной аппаратуре.

Схема 31. Простейший мультивибратор

Предыдущая схема представляет собой ждущий мультивибратор, используемый для формирования временных задержек. В данном проекте ИС 555 используется в режиме мультивибратора (в автоколебательном режиме работы), выходная частота которо-

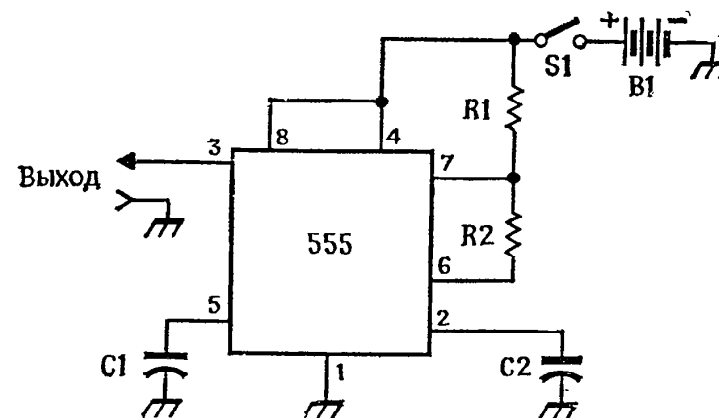


Рис. 6.36. Схема мультивибратора. $B1$ — 9-В батарея, $C1$ — конденсатор 0,01 мкФ, $C2$, $R1$, $R2$ — см. текст, $S1$ — однополюсный выключатель.

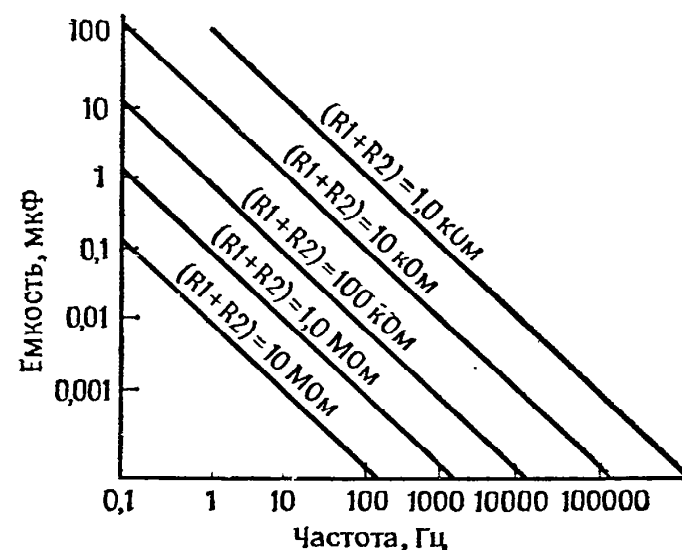


Рис. 6.37. Номограмма для выбора номиналов компонентов мультивибратора. (С любезного разрешения фирмы Philips ECG Inc.)

го может изменяться от очень малого до очень большого значения. Схема предоставляет радиолюбителю возможность самостоятельно выбирать номиналы компонентов, чтобы обеспечить требуемый диапазон частот. На рис. 6.36 показана схема, аналогичная предыдущей. Здесь выходная частота задается номиналами компонентов $R1$, $R2$ и $C2$. Кроме того, в нее вхо-

дят выключатель и батарея, а также один постоянный конденсатор $C1$, емкость которого не меняют при изменении выходной частоты. С помощью номограммы, изображенной на рис. 6.37, можно выбрать номиналы компонентов, чтобы обеспечить требуемый диапазон частот. В большинстве случаев резистор $R2$ будет иметь постоянное сопротивление, равное как минимум 1 кОм, но если сопротивление резистора $R1$ очень велико, то сопротивление $R2$ можно увеличить до одной четверти сопротивления $R1$. Чтобы частота изменялась в требуемом диапазоне настройки схемы, придется немного повозиться с подбором сопротивлений резисторов $R1$ и $R2$. Выходная частота определяется суммой сопротивлений резисторов $R1$ и $R2$.

Данную схему конструктивно можно выполнить аналогично рассмотренному выше ждущему мульти-вibratorу; для подключения настраиваемых компонентов следует использовать провода с закрепленными на концах зажимами типа «крокодил». Если вы решили оставить в схеме резистор $R2$ сопротивлением 1 кОм, то его можно запаять прямо в схему. В этом случае элементом, задающим выходную частоту, будет резистор $R1$, который можно подключать к схеме, как и конденсатор $C2$, с помощью «крокодилов».

Номограмма позволяет без большого труда выбрать сочетание номиналов компонентов, обеспечивающее требуемую выходную частоту. Из «ящика с хламом» можно выбрать любое необходимое сочетание компонентов. Предположим, что требуется получить частоту выходного сигнала 1000 Гц, а у вас есть лишь конденсатор емкостью 0,01 мкФ. На номограмме видно, что для этой цели подойдет резистор сопротивлением 10 кОм; учитывая, что это сопротивление должно суммироваться с сопротивлением $R2$, останавливаем свой выбор на 9-кОм резисторе. Если выходная частота должна быть равна точно 1 кГц, то в качестве $R1$ следует поставить переменный резистор, сопротивление которого можно выставить точно.

Кроме того, эта схема подходит для измерения сопротивления или емкости при условии, что есть средства для точного измерения выходной частоты

Например, если выходная частота равна 1 кГц и известно, что емкость $C1$ равна 0,01 мкФ, то суммарное сопротивление резисторов $R1$ и $R2$ составляет приблизительно 10 кОм. Если известно, что сопротивление $R2$ равно 1 кОм, то $R1$ должно иметь сопротивление около 9 кОм. И наоборот, знание сопротивлений резисторов $R1$ и $R2$ позволяет определить емкость $C1$ после точного измерения выходной частоты.

Эту типовую схему можно использовать в конкретных устройствах или как универсальное испытательное средство. Она позволяет получить прямоугольный сигнал любой частоты, подаваемый в другие устройства, в том числе на небольшой 8-Ом громкоговоритель, если его подключить к выводу 3 ИС через конденсатор.

Схема 32. Мультивибратор с переключением частоты

На рис. 6.38 изображена схема мультивибратора на основе ИС 555, являющаяся усовершенствованным вариантом предыдущей схемы. $S2$ представляет собой поворотный переключатель на три положения, который подключает к схеме один из трех конденсаторов и определяет диапазон изменения выходной частоты мультивибратора. В качестве $R1$ используется переменный резистор сопротивлением 1 МОм, что позволяет в широких пределах перестраивать частоту в диапазоне, задаваемом каждым из конденсаторов. Для выбора емкостей конденсаторов и сопротивления резистора $R1$ используется диаграмма, изображенная на рис. 6.37.

Предположим, что ручка резистора $R1$ установлена в положение, при котором его сопротивление равно 1 МОм; тогда в первом положении $S2$, соответствующем подключению к схеме конденсатора $C2$, выходная частота будет приблизительно равна 100 Гц. При подключении к схеме конденсатора $C3$ частота понизится до 0,1 Гц. Это очень низкая частота, и если затем к схеме подключить $C4$, то на ее выходе вообще не будет никакого сигнала. При уменьшении сопротивления резистора $R1$ до нуля и подключении

к схеме СЗ выходная частота будет равна 10 кГц, так как суммарное сопротивление в этом случае будет совпадать с сопротивлением резистора R2, равным 1 кОм. При подключении С4 выходная частота составит около 50 Гц

Выходная частота приведенной на рис. 6.38, схемы может изменяться в диапазоне от долей герца до нескольких сотен килогерц. Вместо резистора R1 мож-

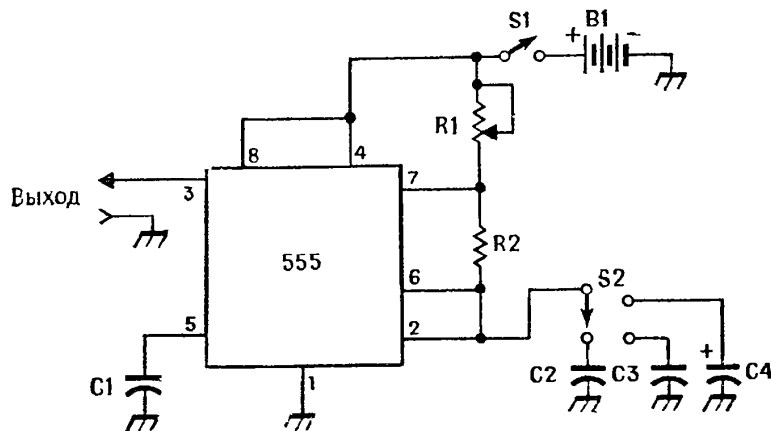


Рис. 6.38. Схема мультивибратора с переключением частоты B1 — 9-В батарея, C1 — конденсатор 0,01 мкФ, C2 — конденсатор 0,001 мкФ, C3 — конденсатор 0,1 мкФ, C4 — электролитический конденсатор 10 мкФ, R1 — переменный резистор 1 МОм, R2 — углеродистый резистор 1 кОм, 0,5 Вт, S1 — однополюсный выключатель S2 — трехпозиционный поворотный переключатель.

но установить блок резисторов, коммутируемых пакетным поворотным переключателем, как в предыдущей схеме ждущего мультивибратора. В этом случае каждому положению переключателя будет соответствовать точное значение выходной частоты, определяемое номиналами подключаемых резистора и конденсатора. Выходной сигнал схемы может служить в качестве тактового сигнала для счетчика или другого подобного устройства. При подключении к этому устройству 8-Ом громкоговорителя его можно использовать в качестве генератора для тренировки операторов, имеющего переменную частоту выходного сигнала

Схема 33. Вспомогательный транзисторный усилитель

Последние несколько схем из этой главы представляют возможность самостоятельно изготовить ждущий или автоколебательный мультивибратор, с любыми временными параметрами. Выше в этой главе уже рассматривались усилительные схемы; на

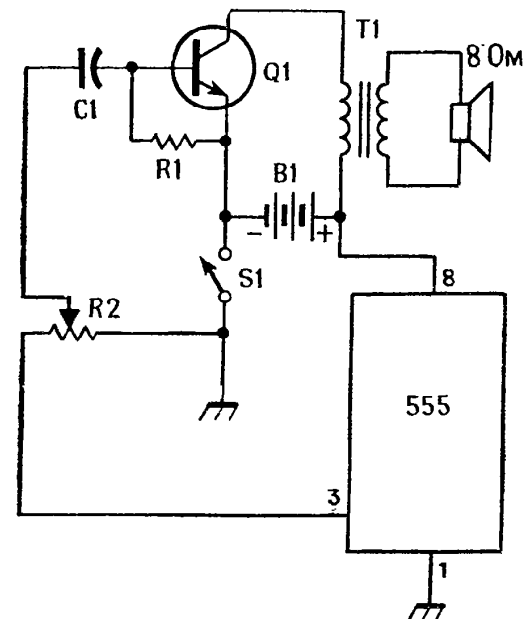


Рис. 6.39. Схема транзисторного усилителя. B1 — 9-В батарея, C1 — конденсатор 0,05 мкФ, Q1 — транзистор SK 3835 (фирма RCA), R1 — резистор 100 кОм, 0,5 Вт, R2 — переменный резистор 100 кОм, S1 — однополюсный выключатель, T1 — трансформатор с 500-Ом первичной обмоткой и 8-Ом вторичной обмоткой.

рис. 6.39 изображена еще одна усилительная схема, спроектированная специально для совместного использования со схемой 32.

Схема представляет собой одностранисортный усилитель низкой частоты, выходной сигнал которого подается на 8-Ом громкоговоритель через согласующий трансформатор. В качестве регулятора громкости здесь используется резистор R2, с помощью которого на вход усилителя можно подавать сигналы различной амплитуды. Выход ИС 555 (вывод 3) имеет емкостную связь с базой транзистора Q1. Резистор R1

включен в цепь базы и задает режим работы транзистора. Усиленный выходной сигнал поступает в первичную обмотку трансформатора Т1, к вторичной обмотке которого подключен 8-Ом громкоговоритель. Источник питания этого усилителя одновременно служит для питания ИС 555. На схеме показано нужное включение выводов ИС, однако не приведена полная схема включения ИС 555 в режиме мультивибратора.

Все компоненты схемы, включая ИС 555, можно разместить на перфорированной монтажной плате размером $12,5 \times 12,5$ см. С другой стороны, усилитель можно собрать отдельно, а для подключения к нему ИС установить приборный соединитель. Еще один приборный соединитель можно использовать для подключения источника питания; в этом случае надо внимательно проверить правильность обозначений на положительной и отрицательной клеммах соединителя. К монтажу не предъявляется особых требований, однако выводы всех компонентов следует сделать покороче, чтобы избежать паразитной обратной связи.

Усилитель не обладает большой выходной мощностью, однако он может усиливать слабые сигналы некоторых весьма маломощных схем до вполне приемлемого уровня громкости. К этому усилителю можно подключать большинство рассмотренных в этой книге схем, содержащих мультивибратор. В спецификации указан резистор R2 сопротивлением 100 кОм, однако допустим и другой номинал резистора. Важно, чтобы можно было плавно менять его сопротивление в некоторых пределах, тем самым регулируя громкость. В качестве Q1 можно использовать любой низкочастотный *npn*-транзистор.

Если есть несколько разных *npn*-транзисторов, то следует поочередно попробовать в схеме каждый из них. Некоторые из них будут давать большую выходную мощность. Тумблер S1 подает питание на усилитель и ИС, поэтому отдельный выключатель питания для ИС 555 не нужен и в большинстве случаев даже нежелателен. Т1 представляет собой миниатюрный трансформатор звуковой частоты, который можно установить прямо на плате. Автор использовал для этой цели трансформатор, приобретенный у компании «Рэдио шак», первичная обмотка которого име-

ла сопротивление 500 Ом, а вторичная — 8 Ом. Можно использовать трансформаторы с 1000-Ом первичной обмоткой.

Заключение

Схемы, рассмотренные в этой главе, служат для развлечения, практических целей и испытаний других устройств. Все они способствуют более глубокому пониманию возможностей ИС таймера 555. Как уже говорилось, можно заняться самостоятельным экспериментированием с ними, заменяя различные компоненты. Вполне возможно, что у вас получится неработоспособная схема или вы даже сожжете ИС. Подобное будет происходить не очень часто, но даже если это и случится, то потеря невелика. После того как схема собрана и испытана, попробуйте поменять в ней номиналы различных компонентов, чтобы выявить ее скрытые возможности. Если требуется какая-то определенная схема, но ее в этой книге нет, то выберите среди описанных схем наиболее близкую к ней и внесите соответствующие изменения. Тогда вы извлечете максимальную пользу из материала этой главы и описанных в ней схем.

ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Мы часто слышим выражение «поиск и устранение неисправностей» среди специалистов по радиоэлектронике. Но что это означает? Иногда процедура поиска и устранения неисправностей неверно истолковывается просто как ремонт отказавшего устройства. Однако ремонт — это лишь один из этапов гораздо более сложного процесса. Специалист, занятый поиском и устранением неисправностей, кроме всего прочего, должен уметь оценивать качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры путем сопоставления своих теоретических знаний с реальным поведением устройства. Такая оценка должна проводиться до и после ремонта по причинам, которые станут очевидными при прочтении настоящей главы.

Понятие логического или системагического подхода к задаче поиска и устранения неисправностей является важнейшим среди знаний в области радиоэлектроники, которыми должен обладать радиолюбитель. Немало времени было потеряно на поиск неисправностей наугад. Процедура поиска неисправностей, приведенная в этой главе, разработана с целью вооружить радиолюбителя удобной и надежной методикой эффективной диагностики радиоэлектронных устройств. Если хорошо усвоить содержание и значение рассматриваемых ниже этапов процедуры поиска неисправностей, то можно научиться находить неисправности в любой радиоэлектронной аппаратуре независимо от ее уровня сложности и назначения.

Логический подход

Прежде чем перейти к подробному рассмотрению главного предмета обсуждения — поиска и устранения неисправностей, — необходимо определить ту ос-

нову, которая составляет суть эффективных методов анализа неисправностей. Такой основой, весьма часто упускаемой на практике из виду, является логический подход. В соответствии с принятой в настоящее время терминологией понятие «логика» определяется следующим образом: система или принципы рассуждений, применимые к любым областям знаний или исследований. Рассматривая это определение применительно к нашему предмету обсуждения, следует выделить «принципы рассуждения». В более широком смысле принципы и правила рассуждений и есть логика.

Уровень сложности большинства современных электронных систем таков, что лица, ответственные за поддержание их в исправном состоянии, должны пройти специальную подготовку. Эти специалисты отнюдь не являются выдающимися знатоками принципов работы и методов технического обслуживания подобных устройств. В чем же тогда заключается секрет их способностей? Просто все дело в том, что их научили логически мыслить.

Изучив основы схмотехники простейших радиоэлектронных устройств, вы сможете более успешно представлять себе, как путем их объединения можно создавать системы, предназначенные для решения конкретных задач. Вооружившись полученными знаниями и логическим подходом к поиску и устранению неисправностей, можно выполнить мысленное функциональное разбиение любой радиоэлектронной (и не только радиоэлектронной) аппаратуры, а затем методично и профессионально ее испытать. Такая процедура сэкономит много ценных человеко-часов, теряемых при бессистемном поиске неисправностей.

Шесть этапов процедуры поиска и устранения неисправностей

Системный подход к поиску и устранению неисправностей в радиоэлектронной аппаратуре позволит существенно сократить время простоя аппаратуры и стоимость ремонта по сравнению с бессистемными методами технического обслуживания и ремонта. Другим не менее важным достоинством такого подхода

является возможность постоянного поддержания радиоэлектронной аппаратуры в работоспособном состоянии, при котором ее рабочие характеристики соответствуют паспортным данным.

Этап 1. Выявление признаков неисправности

Первый этап предлагаемого логического подхода к анализу неисправностей заключается в выявлении признаков неисправности. Прежде чем принять решение о необходимости ремонта устройства, следует проверить, как оно функционирует — правильно или неправильно. Все радиоэлектронные устройства предназначены для выполнения одной или нескольких конкретных задач в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями. Для этого необходимо, чтобы они постоянно функционировали определенным образом. Если отсутствуют признаки, по которым можно судить о том, что устройство работает неверно, то и поддерживать такое устройство в работоспособном состоянии невозможно. По этой причине выявление признаков неисправности составляет содержание первого этапа процедуры поиска и устранения неисправностей.

Признак неисправности — это некоторый симптом, или указатель, свидетельствующий о нарушении нормального функционирования радиоэлектронного устройства. Задача выявления признака заключается в распознавании этого симптома при его появлении. Если у вас жар или болит голова, то вы знаете, что с вашим организмом происходит что-то неладное. Когда из двигателя автомобиля слышен громкий стук, то это свидетельствует о неисправности какой-то его детали. Аналогичным образом, искажения звука являются признаком неисправности в генераторе или его вспомогательных схемах.

Нормальное и ненормальное функционирование. Поскольку признак неисправности — свидетельство того, что в работе устройства произошли нежелательные изменения, необходимо иметь некоторые показатели его нормального функционирования, служащие в качестве эталона. Сравнивая показатели текущего и нормального функционирования, можно обнаружить

признак неисправности и принять решение о том, что он собой представляет.

Нормальная температура человеческого тела равна $36,6^{\circ}\text{C}$. Повышение или понижение температуры относительно этого значения свидетельствует о ненормальном состоянии организма, т. е. служит признаком его «неисправности». Если температура тела равна 39°C , то, сравнив ее с нормальным значением, можно сказать, что признак «неисправности» организма — это повышение температуры на $2,4^{\circ}\text{C}$. В данном случае этот признак точно определен.

Нормальное телевизионное изображение должно быть четким и контрастным по всей поверхности экрана. Оно должно быть симметрично относительно краев экрана по вертикали и по горизонтали. Если изображение вдруг начинает «бежать» по вертикали, то это признак неисправности, поскольку такое функционирование телевизора не соответствует его нормальной работе.

При нормальном звучании радиоприемника из него слышна вполне разборчивая речь диктора. Если же голос диктора звучит так, как будто он говорит со дна бочки, то слушатель знает, что такое искажение звука есть признак неисправности.

Оценка функционирования. При штатном функционировании большинство радиоэлектронных устройств вырабатывают информацию, которую оператор может слышать или видеть. Таким образом, с помощью органов слуха, а иногда и зрения можно выявить признаки нормальной или ненормальной работы устройства. Отображение информации может быть единственным назначением устройства, или же это его вспомогательная функция, необходимая для оценки его функционирования.

Электрический сигнал, представляемый в виде звуковых колебаний, регистрируется громкоговорителем или наушниками. Визуальное отображение результатов обеспечивается выводом информации на экран электронно-лучевой трубки или на измерительный прибор. Кроме того, для визуальной индикации работы устройства можно применить светоизлучающие диоды.

Отказ устройства. Отказ радиоэлектронного устройства — это простейший вид признака неисправности. Отказ устройства означает, что либо все устройство, либо его часть не работает и, следовательно, не подает признаков «жизни». Отсутствие звука у звукового генератора указывает на его полный или частичный отказ. Аналогичным образом, отсутствие развертки или изображения на экране телевизора при правильном положении всех органов управления свидетельствует о его отказе.

Ухудшение функционирования. Возможна ситуация, когда звуковая и визуальная информация присутствуют, а устройство тем не менее работает ненормально. Когда устройство функционирует, но вырабатываемая им информация не соответствует техническим требованиям на устройство, говорят, что имеет место ухудшение функционирования. Подобный недостаток следует устранить так же быстро, как и полный отказ устройства. Степень ухудшения функционирования может быть самой различной — от почти нормальной его работы до почти полного отказа.

Если вы больны, но продолжаете ходить на работу, то весьма вероятно, что ваша работоспособность на время болезни ухудшится. Конечно, вы по-прежнему будете выполнять свою работу, но уже не так хорошо, как всегда.

Знание устройства. Чтобы решить, функционирует ли радиоэлектронное устройство и насколько правильно, необходимо иметь полное представление о его нормальных рабочих характеристиках. Следует помнить, что любая радиоэлектронная схема независимо от ее уровня сложности строится из ряда более простых электронных схем. Они объединяются таким образом, чтобы обеспечить решение поставленной задачи. Следовательно, знание основ схемотехники позволит проанализировать работу любого электронного устройства.

Для получения информации, необходимой для оценки функционирования устройства, обычно используются звуковые или визуальные средства. Однако до тех пор пока эта информация не будет осмыслена с помощью знаний о работе устройства наличие таких средств не имеет никакого смысла. Именно на

эти знания следует опираться при распознавании признаков неисправности, иначе будет потеряно много времени на всякие ненужные действия и попытки найти неисправность.

Этап 2. Углубленный анализ признака неисправности

На втором этапе более или менее явный признак следует подвергнуть более детальному анализу. Большинство радиоэлектронных устройств или систем имеют органы управления, дополнительные индикаторные приборы помимо основного или другие встроенные средства оценки функционирования аппаратуры. Как вы помните, подобные встроенные компоненты есть и в схемах, рассмотренных в предыдущей главе. Мы часто представляем себе эти средства как некие отдельные устройства, подключаемые к схеме, но не как части этой схемы. Однако это далеко не так. Все рассмотренные в предыдущей главе схемы имеют органы управления, хотя это может быть обычный выключатель питания. Другими органами управления могут быть кнопочные переключатели, переменные резисторы и т. д. Индикаторные приборы являются неотъемлемой частью каждой схемы. Сюда относятся громкоговорители, светоизлучающие диоды и т. д. Необходимо проанализировать, какие органы управления и индикаторные приборы влияют на наблюдаемый признак неисправности или могут дать дополнительную информацию, которая поможет точнее определить этот признак.

Например, если устройство должно работать в разных режимах при ненажатом и нажатом кнопочном переключателе, то может оказаться, что причина неисправности всплывет, если нажать на переключатель. Предположим, что речь идет о генераторе, на выходе которого в нормальном режиме работы отсутствует ожидаемый сигнал. В этом случае вы ничего не теряете, нажав на переключатель. Если сигнала по-прежнему нет, то следует продолжить поиск. Напротив, если при нажатом переключателе сигнал появляется, то можно предполагать, что по крайней мере в этом положении переключателя устройство функционирует, и дальнейший поиск следует сосредоточить на тех частях схемы, которые могут влиять

на ее работу при ненажатом переключателе. Здесь имеется в виду не выключатель питания, а переключатель напряжения или частоты.

Неразумно хватать контрольно-измерительную аппаратуру и бросаться очертя голову на поиск неисправности, имея в своем распоряжении лишь скудную начальную информацию о признаке неисправности. Если не проанализировать сначала признак неисправности, то можно легко и быстро сбиться с пути. В результате будет потеряно много времени, впустую израсходована электроэнергия, не исключено также, что при этом устройство может совсем выйти из строя. Этот этап описываемого систематического подхода можно назвать этапом сбора большего количества информации.

Углубленный анализ — это процесс более подробного описания признака неисправности. Тот факт, что на экране телевизора отсутствует изображение, не несет количества информации, достаточного, чтобы правильно определить причину неисправности. Данный признак может означать, что перегорела электронно-лучевая трубка, возникли неполадки в части схемы, связанной с трубкой, вывернута ручка регулировки яркости или телевизор просто не включен. Сколько будет потеряно времени, если открыть телевизор и начать в нем копать, хотя все, что требуется, — это щелкнуть выключателем, поставить ручку яркости в нужное положение или просто вставить в розетку вилку сетевого шнура!

Аналогичным образом, такой признак неисправности звуковой схемы, как фон переменного тока, может потребовать поиска неисправности в нескольких направлениях, если отсутствует более подробное описание признака. Причиной фона могут быть плохая фильтрация в источнике питания, утечка, сетевая наводка или другие внутренние и (или) внешние повреждения.

Очевидно, основная причина того, что в качестве второго этапа рассматриваемого логического подхода выбран углубленный анализ признака неисправности, заключается в том, что многие схожие признаки неисправности могут быть вызваны многочисленными и разнообразными повреждениями схемы. Для успеш-

ного поиска неисправности необходимо принять правильное решение о том какое повреждение (или повреждения) скорее всего вызывает наблюдаемый признак неисправности.

Использование органов управления. К органам управления относятся все выведенные на лицевую панель и соединенные с внутренними компонентами переключатели и переменные компоненты, которые можно регулировать, не открывая корпус устройства. Это те органы управления, с помощью которых подается питание на схему, настраиваются или регулируются ее рабочие характеристики или задается определенный режим работы.

По самой своей сути органы управления вносят некоторые изменения в режим функционирования устройства. Эти изменения косвенным образом оказывают влияние на токи или напряжения в различных цепях схемы вследствие изменений сопротивления, индуктивности и (или) емкости соответствующих компонентов. Органы отображения информации — измерительные приборы и другие устройства индикации — позволяют визуально наблюдать изменения, происходящие в схеме при использовании органов управления.

Наряду с положительными эффектами манипулирование органами управления может вызвать и нежелательные явления в работе схемы. Манипулирование органами управления в неправильном порядке или превышение максимально допустимых напряжений и токов могут привести к повреждениям, проявившимся в виде первоначального признака неисправности. Если не принять соответствующих мер предосторожности при углубленном анализе признака неисправности, то неправильное использование органов управления устройством может нанести ему еще больший вред.

Каждый электронный компонент рассчитан на максимально допустимые ток и напряжение, которые нельзя превышать во избежание его сгорания или пробоя изоляции. Ни в коем случае нельзя устанавливать органы управления в такие положения, когда эти максимально допустимые значения превышаются.

Дальнейшее уточнение признака неисправности. На первом этапе рассматриваемой процедуры (выявление признака неисправности) требовалось знать принципы работы устройства, опираясь на которые, можно было бы убедиться в наличии признака неисправности. Эти знания необходимы и на остальных этапах логической процедуры поиска и устранения неисправностей. Знание принципов работы устройства и систематический подход к поиску и устранению неисправностей одинаково важны, знакомства лишь с одним из этих вопросов для работы явно недостаточно.

Задача более углубленного анализа признаков неисправности заключается в том, чтобы получить полное представление о них, а также определить, что они означают. Углубленный анализ необходим для более детального изучения решаемой проблемы.

Неправильная установка органов управления. При неправильной установке органов управления возникает кажущийся признак неисправности. Слово «кажущийся» употреблено здесь потому, что устройство может функционировать отлично, но из-за неправильной установки органов управления состояние средств отображения информации не будет соответствовать ожидаемому. Неправильная установка может быть следствием случайного перемещения органа управления, а также неаккуратной регулировки. Достаточно обнаружить неправильную установку органов управления, чтобы уяснить причину возникновения признака неисправности. На этом поиск неисправности можно закончить, если удалось убедиться, что неправильная установка была ее единственной причиной.

Усугубление признака неисправности. Если все органы управления установлены в правильное положение, а признак неисправности тем не менее остается, то вполне вероятно, что источником этого признака является орган управления. Однако в этом случае причину неисправности следует искать в виде отказа компонента. Неисправный орган управления можно сразу же обнаружить, особенно если отказ механический. Для обнаружения «электронного» повреждения органа управления может понадобиться дополнительная информация, так как один и тот же признак

неисправности может свидетельствовать и о других повреждениях электрического характера.

Следует ли считать потерянным время, затраченное на проверку органов управления, если все они установлены правильно? Конечно нет. Во-первых, на это уйдет всего несколько секунд или минут. Во-вторых, имеется весьма веская причина для проверки и манипулирования органами управления, даже если все они установлены правильно. Дело в том, что это поможет получить дополнительную информацию, которая позволит более детально определить признак неисправности и наметить дальнейшие действия по поиску неисправности.

Еще одним способом поиска повреждения является искусственное усугубление признака неисправности, если оно возможно. Анализируя происходящие при этом изменения, можно правильно оценить причину неисправности.

Регистрация информации. Процесс углубленного анализа признака неисправности нельзя считать завершенным до тех пор, пока не будут всесторонне оценены наблюдаемые его проявления. Это означает, что показания индикаторных приборов следует оценить во взаимосвязи друг с другом, а также с функционированием всего устройства. Простейший способ такой оценки заключается в регистрации получаемой информации.

Это позволит вам спокойно посидеть минутку и проанализировать информацию, прежде чем сделать вывод о местонахождении неисправности. Кроме того, в этом случае вы сможете проанализировать принципиальную схему и сравнить полученную информацию с подробным ее описанием, если это необходимо. Последнее особенно полезно для новичка, только начинающего изучать способы поиска и устранения неисправностей. И наконец, записывая все положения органов управления и соответствующие им показания измерительных и индикаторных приборов (если они имеются), можно быстро воспроизвести любую информацию и убедиться в ее правильности. Кроме того, с помощью этих записей в ходе проверки можно точно задавать желаемый режим работы схемы. Следовательно, регистрация информации позволит эконо-

мить время и накопить полезный опыт по поиску неисправностей.

Если регулировка органа управления не влияет на признак неисправности, то данный факт также следует отразить в своих записях. Впоследствии эта информация может оказаться такой же важной, как и сведения о влиянии органа управления на признак неисправности. Кому-нибудь эта процедура может показаться необязательной, однако она тоже вносит свой вклад в систематический метод анализа неисправностей. Это утверждение станет более очевидным, если глубже рассмотреть проверяемую схему.

Дополнительная информация о признаке неисправности, полученная путем манипулирования органами управления и измерительными приборами, поможет идентифицировать неисправную функцию на следующем этапе рассматриваемой процедуры. Кроме того, она даст возможность оценить местонахождение неисправности и позволит в конце концов локализовать неисправный компонент.

Если неисправность была найдена путем манипулирования органами управления, то задачу анализа неисправности следует считать выполненной. Опираясь на знания о работе схемы, надо выяснить, почему при манипулировании определенным органом управления явный признак неисправности исчезает. Это необходимо для того, чтобы убедиться в отсутствии других поврежденных компонентов, которые в дальнейшем могут вызвать появление аналогичной неисправности.

При манипулировании органами управления следует представлять, в какой части схемы находится данный орган управления. Необходимо регулировать лишь те из них, которые по смыслу оказывают влияние на обнаруженный признак неисправности. При манипулировании органами управления следует проявлять крайнюю осторожность, неверная их установка может вызвать дополнительные повреждения устройства.

Этап 3. Составление перечня возможных неисправных функций

Результативность третьего этапа зависит от информации, собранной на двух предыдущих этапах.

Напомним, что этап 1 заключался в выявлении признака неисправности, т. е. в обнаружении того факта, что устройство функционирует неверно. На этапе 2 (углубленный анализ признака неисправности) с помощью органов управления и индикаторов устройства собирается как можно больше информации о характере его неисправности.

Этап 3 (составление перечня возможных неисправных функций) предназначен для законченных устройств, содержащих несколько функциональных узлов. Предлагаемая методика позволяет путем логических умозаключений определить функциональный узел (или узлы), в котором, вероятно, содержится неисправность; для этого используется информация, полученная на этапах 1 и 2. Этот выбор осуществляется путем поиска ответа на вопрос: «Где может находиться неисправность, чтобы она могла быть источником собранной информации?»

Термин «функция» употребляется здесь для обозначения некоторой электронной операции, выполняемой определенной частью (или узлом) схемы. Часто термины «функция» (соответствующий структурному разбиению схемы) и «узел» (соответствующий физическому разбиению) являются синонимами. Функциональный узел может конструктивно совпадать с одним или несколькими физическими узлами устройства. Функциональный узел содержит все компоненты, необходимые для выполнения определенной функции. Ниже термины «функция», «узел» и «функциональный узел» используются как синонимы, хотя в некоторых устройствах одна или несколько схем, выполняющих определенную функцию, могут быть встроены в узел, выполняющий другую функцию.

У схемы нельзя спросить о ее «самочувствии», подобно тому как врач спрашивает у больного, что у него болит. Недуги схемы можно выявить, анализируя собранную информацию и используя знания о работе схемы.

Логика выбора. Для определения неисправного узла или функции требуются те же методы построения умозаключений, к которым прибегают врач, автомеханик или любой специалист по технической диагностике, когда они ищут причину болезни или

неисправности. Предположим, что вас постоянно мучают головные боли и вы решили, наконец, обратиться к врачу. Если после обследования зрения, слуха и органов дыхания, измерения температуры и выслушивания сердца врач немедленно направит вас в операционную для ампутации ноги, то вы наверняка засомневаетесь в правильности его диагноза. Но вряд ли врач примет такое нелогичное решение на основании результатов своего обследования. Скорее он сделает предположение, что наиболее вероятными причинами заболевания являются плохое зрение, инфекция, занесенная в гайморову полость, или что-нибудь еще. Только приняв такое решение, врач пропишет лекарство.

Радиолюбителя, выполнившего первые два из шести этапов процедуры и решившего сразу после этого приступить к проверке или ремонту устройства с намерением устранить неисправность, хорошим специалистом по поиску и устранению неисправностей не назовешь. Сначала он должен подвергнуть анализу собранную информацию, а затем, исходя из своих знаний о принципах работы схемы, принять технически обоснованное решение о вероятной причине обнаруженных им признаков неисправностей.

Наличие миллионов клеток и множества органов в человеческом организме стало бы непреодолимым препятствием для врача, если бы при постановке диагноза ему пришлось исследовать отдельно каждый орган или клетку. Вместо этого он мысленно делит человеческий организм на функциональные узлы, каждый из которых включает взаимосвязанные органы. Затем он пытается сопоставить симптомы заболевания с нормальной работой разных функциональных узлов. Любой признак ненормальной работы дает ему ключ к пониманию причины болезни.

Признаки ненормальной работы устройства, обнаруженные на этапах 1 и 2, должны дать представление о возможном местонахождении неисправности. Сложное электронное оборудование может содержать, например, 10 тыс. схем или 70 тыс. отдельных компонентов. Вероятность обнаружения дефектного компонента путем методичной проверки каждого из 70 тыс. чрезвычайно мала. Масштабы задачи можно

уменьшить в семь раз, если проверять не каждую деталь, а лишь состояние выходов каждой схемы.

Однако проведение 10 тыс. проверок также является делом весьма трудоемким. Разбив 10 тыс. схем на электронные функциональные узлы (семь, десяток или два десятка), можно сократить число проверок до приемлемого уровня. Здравый смысл подсказывает, что задача отыскания неисправности может быть решена гораздо быстрее и точнее, если все схемы, входящие в устройство, разбить на меньшее число групп независимо от того, сколько на деле в устройстве схем — тысячи, сотни или единицы.

Этап 4. Локализация неисправной функции

Первые три этапа рассматриваемого систематического подхода к поиску и устранению неисправностей были связаны с изучением очевидных и не очень очевидных недостатков в работе схемы, а также с логическим выбором возможных неисправных функциональных узлов. До сих пор не требовалось никаких контрольно-измерительных приборов, кроме органов управления и устройств индикации, имеющихся в самой схеме. Для обеспечения доступа к компонентам и внутренним органам регулировки следует снять крышки с корпуса устройства. После оценки информации о признаках неисправности на основании логических умозаключений сделано предположение о наиболее вероятных местонахождениях неисправности.

Локализация неисправной функции означает выявление того функционального узла многоузлового устройства, в котором фактически содержится неисправность. Это осуществляется путем последовательной проверки каждого из потенциально неисправных функциональных узлов до обнаружения неисправного узла. Если ни в одном из попавших в список функциональных узлов неисправность не обнаружена, следует вернуться к этапу 3 и еще раз провести оценку информации о признаках неисправности, а также попытаться получить дополнительную информацию. В некоторых случаях может оказаться необходимым вернуться к этапу 2 и снова провести углубленный анализ признака неисправности.

На этом этапе понадобятся знания о принципах работы схемы и опыт по поиску неисправностей. Здесь и на последующих этапах большое значение имеет использование стандартных контрольно-измерительных приборов и интерпретация полученной с их помощью информации.

Проверка предполагаемых неисправных функциональных узлов. Цель четвертого этапа — определение функционального узла радиоэлектронной схемы, содержащего выявленную неисправность. Выбор потенциально неисправного узла должен выполняться исходя из знаний о принципах работы схемы и основных понятий радиоэлектроники. В описании этапа 3 отмечалось, что для выбора потенциально неисправных функциональных узлов может существовать как одна, так и много возможностей. Число таких узлов полностью зависит от типа схемы и информации, собранной на этапах 1 и 2 процедуры поиска и устранения неисправностей.

Крайне важно при выборе первого потенциально неисправного функционального узла, подлежащего проверке, опираться на логический подход. О необходимости такого подхода уже говорилось выше. При изучении работы схемы или при отыскании неисправности следует постоянно помнить об этом подходе. Логический подход основывается на знании принципов работы схемы и понимании конкретной ситуации.

Рассматриваемые факторы. Одновременное исключение нескольких функциональных узлов, как возможных источников признака неисправности будет играть важную роль при принятии решения о том, какой из потенциально неисправных функциональных узлов следует проверять первым. Для этого требуется проанализировать принципиальную схему и определить, позволят ли результаты проверки одного из потенциально неисправных узлов исключить из перечня остальные потенциально неисправимые функциональные узлы.

Другим важным фактором, влияющим на логику выбора потенциально неисправного функционального узла, подлежащего проверке первым, является доступность контрольных точек. Контрольной точкой называется специальное гнездо, расположенное в до-

ступном месте аппаратуры, например на передней панели или шасси. Гнездо имеет электрическое соединение (непосредственно или через переключатель) с некоторой точкой схемы с важным напряжением или сигналом. Такой контрольной точкой может быть место соединения проводников или компонентов.

Факторы, которые следует принимать во внимание при выборе первой контрольной точки, перечислены ниже в порядке их значимости.

1. Функциональный узел, предоставляющий максимум информации для одновременного исключения из рассмотрения остальных потенциально неисправных узлов, перечень которых был составлен на основании информации, полученной на этапах 1—3 рассматриваемой процедуры, если, конечно, этот узел не является очевидным местом неисправности.

2. Не следует начинать проверку с тех контрольных точек, для доступа к которым придется разбирать проверяемую аппаратуру.

Результаты проверки и выводы. После того как вы научились выбирать первый подлежащий проверке потенциально неисправный узел, возникает вопрос: «Куда двигаться дальше?» Ответ на этот вопрос зависит, естественно, от результатов первого шага.

Здесь только два возможных результата — удовлетворительная или неудовлетворительная работа проверяемого узла. В последнем случае узел либо совсем не работает, либо работает с ухудшенными характеристиками. В любом случае полученный результат укажет следующую необходимую проверку.

Анализ результатов проверок. Что делать, если после проверки последнего из потенциально неисправных узлов неисправность так и не обнаружена? В этом случае либо была допущена ошибка при выполнении проверки, либо результаты проверки были неправильно истолкованы и в итоге поиск неисправности пошел по неверному пути. Вот для этого-то и важно записывать все полученные результаты. Тогда нетрудно вернуться назад и определить, где была допущена ошибка.

Дальнейшее исследование. Если проверка всех подозреваемых узлов показала, что они исправны, то следует еще раз провести оценку информации,

полученной в ходе предыдущих проверок. Вопрос состоит в том, насколько далеко следует вернуться к началу данной процедуры.

Можно отбросить всю ранее собранную информацию и начать процедуру сначала, т. е. с этапа 1 (выявление признака неисправности). Однако этого делать не следует, поскольку факт наличия неисправности уже установлен. Возврат к этапу 2 (углубленный анализ системы) позволит еще раз проанализировать схему. Возврат к этапу 3 дает возможность просмотреть ранее составленный список потенциально неисправных функциональных узлов и убедиться, что ни один из таких узлов не был пропущен.

Обнаружение неисправности. Обнаружив неисправный функциональный узел, необходимо убедиться, что он действительно может быть источником выявленного признака неисправности и согласуется с информацией, полученной в процессе углубленного анализа этого признака. Для этого следует снова обратиться к принципиальной схеме.

Чтобы выявить неисправный функциональный узел, мы двигались от сбора информации о признаке неисправности к фактическому ее местонахождению. Чтобы подтвердить правильность определения неисправного функционального узла, следует пройти в обратном направлении. Здесь следует задать себе вопрос: «Какие признаки неисправности может создавать этот неисправный узел?» В этом случае знание принципов работы схемы крайне важно.

Этап 5. Локализация неисправности в схеме

На этапах 1 и 2 (выявление признака неисправности и углубленный анализ признака неисправности) всей шестиступенчатой процедуры поиска неисправностей осуществляется сбор исходной диагностической информации. Эта информация, полученная с помощью органов управления исследуемого устройства, состоит из показаний контрольно-измерительных приборов или осциллограмм и может быть использована для более углубленного изучения неисправности. На этапе 3 (составление списка возможных неисправ-

ных функциональных узлов), исходя из собранной информации и принципов работы схемы, определяются потенциальные неисправные функциональные узлы. На этапе 4 (локализация неисправной функции) выполняются реальные проверки устройства с помощью контрольно-измерительных приборов, в результате которых определяется часть схемы, содержащая неисправность.

На этапе 5 выполняются всесторонние проверки, целью которых является локализация конкретной схемы, содержащей неисправность. Для этого сначала следует выделить внутри функционального узла группу схем, каждая из которых выполняет определенную электронную подфункцию. После локализации этой неисправной группы схем можно приступить к проверкам, которые помогут определить неисправную схему (или схемы).

Этап 5 базируется на общем для всей процедуры поиска неисправностей принципе построения умозаключений, заключающемся в непрерывном сужении области поиска местонахождения неисправности путем принятия логических решений и выполнения рациональных проверок. Такой подход сокращает количество выполняемых проверок, что не только экономит время, но сводит к минимуму вероятность ошибки.

Чтобы лучше понять метод последовательного функционального разбиения, следует обратиться к рис. 7.1. Первой здесь рассматривается сложная схема, предназначенная для выполнения общей функции устройства. С этим уровнем функциональной классификации связаны этапы 1 и 2 процедуры поиска неисправностей. Далее сложная схема разбивается на функциональные узлы, каждый из которых предназначен для выполнения укрупненной функции, необходимой для реализации общей функции устройства. С этим уровнем функционального разбиения связаны этапы 3 и 4. Если в схеме всего один функциональный узел, то этапы 3 и 4 можно опустить.

Следующий элемент функционального разбиения — группа схем — представляет собой удобную для анализа часть функционального узла. Схемы и каскады в группе схем выполняют подфункцию,

принципиально необходимую для выполнения общей задачи функционального узла. Основной целью этапа 5 является определение групп схем, содержащих неисправность. После этого можно перейти на самый нижний уровень функционального разбиения аппаратуры и выделить отдельную неисправную схему.

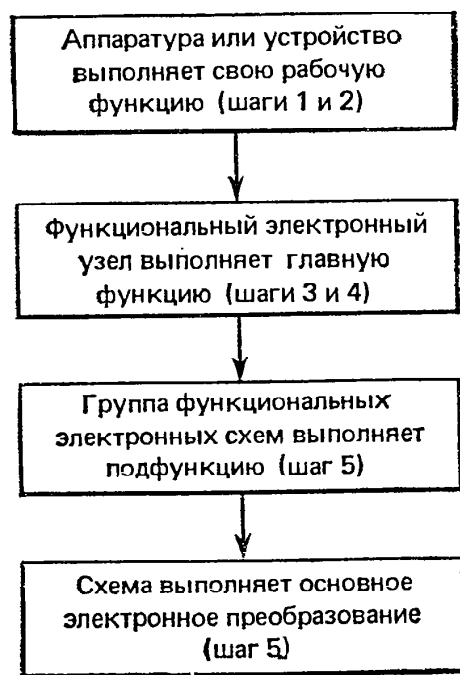


Рис. 7.1. Функциональное разбиение электронной аппаратуры при поиске неисправности.

Правильный подход. Прежде чем продолжить процедуру поиска неисправности и перейти к этапу 5, необходимо остановиться и осмыслить всю полученную к этому моменту информацию, которая может помочь при выполнении следующего этапа. После завершения этапа 4 известно, что все входные воздействия на неисправный функциональный узел правильны, а один или несколько выходных сигналов неверны или вообще отсутствуют. Для получения информации, которая может указать возможные местонахождения неисправности в функциональном узле,

следует проанализировать неверные выходные сигналы, обнаруженные на этапе 4. Важно помнить, что первоначальные признаки и предположения, сделанные на первых двух этапах, не следует сбрасывать со счетов только потому, что этапы 3 и 4 закончены. Эта информация будет полезна на протяжении всей процедуры поиска неисправностей и каждый раз должна анализироваться совместно с результатами очередного выполненного этапа, прежде чем перейти к следующему этапу.

На этапе 5 должно быть продолжено сужение области поиска неисправности. Каждый функциональный узел имеет свою отдельную функцию, в него могут входить две или более группы схем, каждая из которых выполняет свою подфункцию. Это означает, что входное воздействие каждой группы (подфункции) преобразуется и появляется на выходе в другом виде. Понимание преобразований, происходящих в функциональном узле, позволяет обоснованно выбрать потенциальное местонахождение неисправности в нем. Затем выполняется проверка с целью локализации неисправной группы схем. Аналогичным образом определяется местонахождение неисправной схемы в группе.

«**Заключение в скобки**». Важную помощь при поиске неисправности может оказать метод «заключения в скобки», позволяющий сузить область поиска неисправности до неисправной группы схем, а затем и до неисправной схемы.

После завершения проверок на этапе 4 (локализация неисправного функционального узла) и выделения неисправного узла следует прибегнуть к методу «заключения в скобки», для этого надо на принципиальной схеме поставить скобки (мысленно или с помощью карандаша) у входа (входов) с правильным сигналом и у выхода (выходов) с неверным сигналом неисправной функции. Ясно, что неисправность заключена где-то между этими скобками. Идея использования скобок состоит в следующем: после проверки части схемы, находящейся между скобками, выполняется их последовательное перемещение (на входе или на выходе), а затем осуществляется очередная проверка, чтобы определить, не находится ли

неисправность в новой области, заключенной между скобками. Этот процесс продолжается до тех пор, пока между скобками не окажется неисправный компонент схемы.

Наиболее важным в этом методе является определение места в схеме, куда должны быть помещены скобки при сужении области поиска неисправности. Это решение зависит от результатов анализа схемы и предыдущих проверок, типа схемных цепей, по которым проходит сигнал, а также от доступности контрольных точек. Всякие перемещения скобок должны иметь своей целью решение задачи локализации неисправности при минимальном числе проверок.

Этап 6. Анализ отказов

Описательная и проверочная информация, полученная на этапах 1 и 2, позволила логично и обоснованно оценить вопрос выбора неисправного функционального узла. На этапе 4 выполнялись простые проверки входных и выходных сигналов. На этапе 5 проводилось более углубленное исследование схем, входящих в проверяемое устройство. Этот этап потребовал большого объема проверок с привлечением метода заключения в скобки для конкретной схемы. Метод заключения в скобки позволяет обнаружить отказавшую схему или каскад в неисправном функциональном узле.

На последнем этапе шестиступенчатой процедуры поиска неисправности — этапе анализа отказов — для выявления местонахождения неисправного компонента понадобится проверить определенные ветви неисправной схемы. Эти ветви представляют собой участки неисправной схемы, содержащие все элементы транзистора, интегральной схемы или другого активного прибора.

После выполнения этапа 6 будет получена вся необходимая информация для замены или ремонта неисправных компонентов, что позволит восстановить нормальное функционирование устройства. Этап 6 не завершается обнаружением неисправного компонента — важно выяснить и причину неисправности. Вполне возможно, что в устройстве остались другие не-

выявленные неисправности и если их не устранить, оно снова выйдет из строя. Для успешного анализа отказов необходимо делать записи. Эти записи могут оказаться полезными впоследствии. Кроме того, благодаря им можно обнаружить наличие устойчиво повторяющихся неисправностей, которые могут быть вызваны ошибкой при проектировании. Лишь после успешного завершения этапа 6 можно перейти к ремонту устройства, если он необходим.

Локализация неисправных компонентов. Первый шаг при локализации неисправного компонента в схеме основывается на применении методов, использованных на предыдущих этапах. Для локализации неисправных компонентов или ветви схемы необходимо проанализировать выходной сигнал. Такие параметры выходного сигнала, как напряжение, длительность и (или) форма могут быть признаками обрывов или коротких замыканий в компонентах, а также выхода их номиналов за пределы допусков. На этом шаге решаются две задачи: сокращается до минимума количество необходимых проверок и выясняется, является ли неисправный компонент (в случае его обнаружения) единственной причиной неисправности устройства.

Второй шаг выявления неисправного компонента — это визуальный контроль компонентов и проводников в схеме. При этом часто обнаруживаются сгоревшие или поврежденные компоненты или дефектные соединения. Один из способов локализации неисправных компонентов — это сравнение напряжений на выводах интегральных схем или транзисторов с ожидаемыми значениями, полученными в результате анализа схемы. Такая проверка часто помогает локализовать неисправность вплоть до конкретной ветви схемы. С каждым выводом транзистора или ИС обычно связана отдельная ветвь схемы. Для локализации неисправности также могут оказаться полезными измерения сопротивления в тех же точках схемы. Сопротивление часто измеряется для проверки подозрительных компонентов.

Вместо подозрительного компонента следует установить годный компонент. Однако надо иметь в виду,

что невыявленная неисправность в схеме может вывести из строя и этот новый компонент.

Методические проверки. Сначала всегда следует проверять наиболее вероятные предположения. Затем, учитывая, что с точки зрения сохранности вольтметра в нем перед началом проверок устанавливается верхний предел измерений, следует сначала проверить точки схемы с максимальными уровнями напряжения. Затем надо проверить остальные элементы в порядке убывания напряжений на них.

При проверках напряжений самый главный вопрос заключается в следующем: «Насколько измеренное напряжение должно быть близко к своему номиналу?» При ответе на этот вопрос следует учитывать много факторов. Допуски на номиналы резисторов, сильно влияющие на напряжение в различных точках схемы, могут составлять 20, 10 или 5 %. В некоторых критичных схемах применяются прецизионные компоненты. Интегральные схемы имеют довольно большой разброс характеристик, и поэтому напряжения на их выводах могут также иметь разброс. Кроме того, необходимо принимать во внимание точность измерительных приборов. Большинство вольтметров обеспечивают точность измерений от 5 до 10 %, однако прецизионные вольтметры имеют большую точность.

Локализация неисправного компонента. С помощью описанных выше проверок напряжений и (или) сопротивлений определяется ветвь схемы, содержащая неисправность. Далее требуется отыскать в этой ветви неисправный компонент или компоненты.

Один из способов заключается в измерении с помощью щупа напряжения или сопротивления относительно земли в различных точках электрического соединения двух или более компонентов. В общем случае очень трудно или вообще невозможно определить на основании анализа принципиальной схемы правильные значения этих параметров (особенно напряжений). Поэтому данную процедуру следует применять только для измерения сопротивления с целью обнаружения коротких замыканий и обрывов в исследуемой ветви схемы. Если напряжения отличаются

от номинальных, то следует методично проверить параметры каждого резистора, конденсатора и (или) индуктивности, входящих в эту ветвь.

Изучение собранной информации. Изучение всей собранной информации о признаке неисправности и проведенных проверках поможет отыскать остальные неисправные компоненты независимо от того, связаны ли отказы этих компонентов с выявленной ранее неисправностью или же они вызваны другими причинами (в случае нескольких неисправностей).

Чтобы определить, не содержится ли в устройстве несколько неисправностей, следует задать себе вопрос: «Какое влияние оказывает обнаруженный неисправный компонент на функционирование всей схемы?» Если выявленная неисправность может быть источником всех обнаруженных нормальных и ненормальных признаков, то логично предположить, что этот компонент является единственным неисправным компонентом в схеме. В противном случае следует мобилизовать все свои знания по электронике, а также знание конкретной схемы и определить, какая еще неисправность (неисправности) может быть источником всех выявленных признаков.

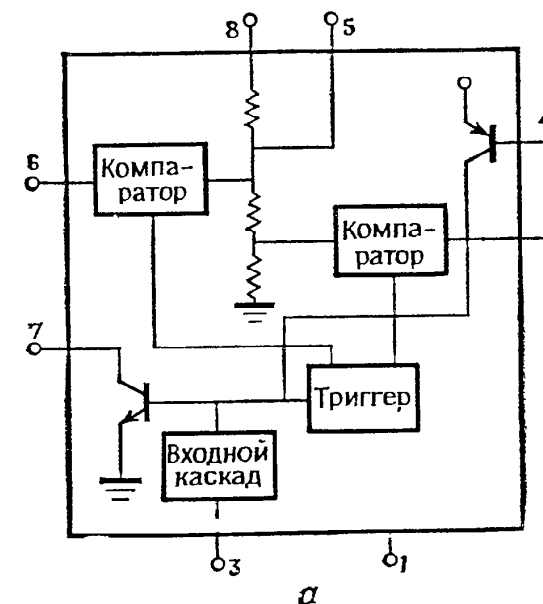
Отыскание неисправностей в устройствах на ИС

Процедура поиска и устранения неисправностей была рассмотрена выше безотносительно к тому, на какой элементной базе реализована электронная схема. Для представленных в этой книге устройств на основе ИС поиск неисправностей будет нетрудным и не требующим много времени делом. ИС 555 содержит большое число самых различных элементов и, естественно, нет никакой необходимости проверять каждый из них (да это и невозможно). С помощью описанной выше процедуры поиска неисправностей можно быстро определить неисправную часть схемы. Если это дискретные компоненты, окружающие ИС, то надо их проверить. Если неисправна сама ИС, то ее следует заменить. Понятно, что при этом необходимо убедиться в отсутствии в схеме других неисправностей, способных вывести ИС из строя.

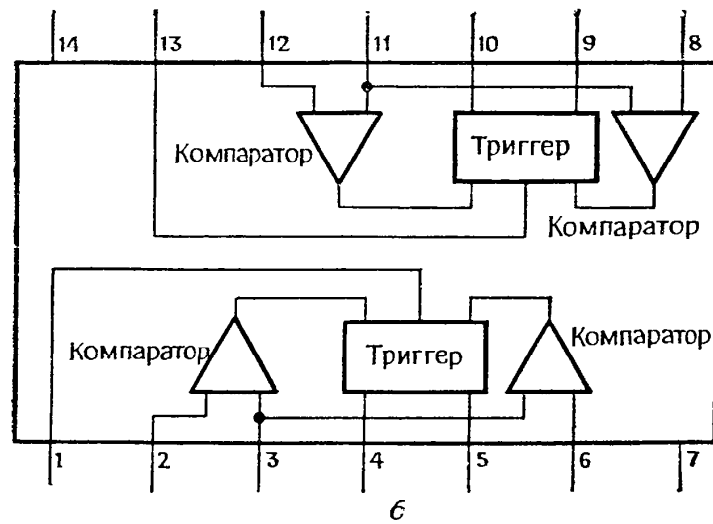
В некоторых из предложенных в книге схем используется более одной ИС, а также дискретные транзисторы, диоды, резисторы, органы управления и индикаторы. Однако большая часть схемы все же содержится в ИС. Если рассматривать ИС как один компонент, а не как узел, содержащий много схем, то задача отыскания неисправностей в этих устройствах намного упрощается.

Приложение 1

НАЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ ИС555 И ИС556



1 — земля, 2 — запуск, 3 — выход, 4 — сброс, 5 — управляющее напряжение, 6 — порог, 7 — разряд, 8 — напряжение питания.



6 — 1 и 13 — разряд; 2 и 12 — порог, 3 и 11 — управляющее напряжение, 4 и 10 — сброс, 5 и 9 — выход, 6 и 8 — запуск, 7 — земля, 14 — напряжение питания,

ОБОЗНАЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ 555 и 556

Фирменные обозначения ИС 555

«Сильвания»	ECG955M
RCA	SK3564
«Нэшнл семикондактор»	LM555
«Рэдио шак»	555
«Дженерал электрик»	GEIC-269

Фирменные обозначения ИС 556

«Сильвания»	ECG978
RCA	SK3689
«Нэшнл семикондактор»	LM556
«Рэдио шак»	556

Другие обозначения

555		556	
UA555	NE555JG	UA556	UA556PC
UA555TC	NE555B	UA556DC	NE556A
NE555		UA556DM	NE556V

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ АНАЛОГОВ *

Исходный компонент	Возможный отечественный аналог
ИС	
555 (ECG955M)	КР1006ВИ1
556 (ECG978)	КР1006ВИ1×2
LM386	К174УН5 с типовыми цепями коррекции
LM380	К142ЕН5
LM117	К176ИЕ5, К561ИЕ9
4022	
Транзисторы	
ECG123A	КТ315
LC6123A	КТ315
SK3835	КТ315, КТ602
Диоды	
ECG109	КД510А
ECG178	Д226

* Добавлено редактором перевода.

Авометр 23, 24, 72, 73—76, 78
Автоколебательный режим 101, 108

Ампер 52
Амперметр 91, 92, 93

База 64
Биполярные транзисторы 64
— — проверка 26
— — *npn*-типа 27, 28
— — *ppr*-типа 27

Вольт 51

Генератор последовательностей импульсов 107
— с самослышимостью 172, 173
Генри 60

Делитель частоты 105
Детектор пропуска импульсов 103
Децибел 76, 89
Диод, проверка 31
— плоскостной 61, 62
— точечный 63, 64
Дискретные компоненты 16

Емкость 56

Индуктивность 59
Интегральная схема (ИС) 11, 21, 68
— — гибридная 11, 16, 17
— — изготовление 14
— — монолитная 11
— — полупроводниковая 11
— — пленочная 11, 15
— — проверка 33
— — 555 70—72, 119, 255, 257
— — 556 108, 109, 256, 257

Катушка индуктивности 59, 60
Ковар 19
Коллектор 64
Компаратор 71,
Конденсатор 56, 57, 58
Корпус типа DIP 17, 18, 20, 69
— ТО-5 18—20
— транзистора 66
«Крокодилы», зажимы 42

Легирование 61

Монтаж компонентов, вертикальный 44, 45, 46
— — горизонтальный 44, 45
Мощность 55
Мультивибратор 187
— ждущий 96, 99
— несинхронизованный 108
Мультиметр 22, 50, 72—77, 93

Напряжение 51
— переменное 51
— постоянное 50
— частота 52

Одновибратор 108
Ом 80
Ома закон 80
Омметр 24, 27
Операционный усилитель 71

Пакетный переключатель 220
Перфорированная монтажная плата 43, 44, 47
Повреждение транзисторов 24
Полевой транзистор, проверка 29
— — — МОП 30
— — — с управляющим *pp*-переходом 30

Полупроводники 60
Припой 41
Резисторы 53
— углеродистые 54
Симистор 67
Сопротивление 53, 82
Стабилитрон 32
— проверка 32
Таймер 144
Теплоотвод 42, 43
Тиристор 67
— проверка 33
Ток 52
Триак (см. также симистор) 68

Усиление 65
Фазоимпульсный модулятор 106
Фарада 58
Фоторезистор 214
Фотоэлемент 214
«Холодная» пайка 41
Широтно-импульсный модулятор 104, 105
Шунтирующая цепь 22, 23, 24
Щупы 22, 86, 87
Эмиттер 64

Оглавление

От редактора перевода	5
Введение	8
Глава 1. Микроэлектроника	10
Пленочные микросхемы	15
Гибридные микросхемы	16
Корпуса интегральных микросхем	17
Модифицированный корпус ТО-5	18
Проверка электронных компонентов	21
Омметры	22
Другое испытательное оборудование	24
Определение выводов немаркированных транзисторов	25
Проверка биполярных транзисторов	26
Проверка полевых транзисторов	29
Проверка диодов	31
Проверка тиристоров и симисторов	33
Проверка интегральных схем	33
Экспериментирование	35
Глава 2. Техника монтажа электронных схем	38
Инструмент	38
Техника пайки	40
Рабочее место радиолюбителя	46
Правила монтажа	48
Глава 3. Компоненты электронных схем и измерения	50
Напряжение	51
Электрический ток	52
Проводники	53
Сопротивление	53
Мощность	55
Емкость	56
Индуктивность	58
Полупроводники	60
Диоды	61
Транзисторы	64
Кремниевые управляемые выпрямители и симисторы	67
Интегральные схемы	68
Измерения в электронике	72
Предосторожности при работе с мультиметром	77
Измерение сопротивлений	79
Измерение напряжений	85

Р.Трейстер	Радиолюбительские схемы на ИС типа 555	
Москва "Мир" 1988		
Оглавление		
От редактора перевода		5
Введение		8
Глава 1. Микроэлектроника		10
Пленочные микросхемы		15
Гибридные микросхемы		16
Корпуса интегральных микросхем		17
Модифицированный корпус ТО-5		18
Проверка электронных компонентов		21
Омметры		22
Другое испытательное оборудование		24
Определение выводов немаркированных транзисторов		25
Проверка биполярных транзисторов		26
Проверка полевых транзисторов		29
Проверка диодов		31
Проверка тиристоров и симисторов		33
Проверка интегральных схем		33
Экспериментирование		35
Глава 2. Техника монтажа электронных схем		38
Инструмент		38
Техника пайки		40
Рабочее место радиолюбителя		46
Правила монтажа		48
Глава 3. Компоненты электронных схем и измерения		50
Напряжение		51
Электрический ток		52
Проводники		53
Сопротивление		53
Мощность		55
Емкость		56
Индуктивность		58
Полупроводники		60
Диоды		61
Транзисторы		64
Кремниевые управляемые выпрямители и симисторы		67
Интегральные схемы		68
Измерения в электронике		72
Предосторожности при работе с мультиметром		77
Измерение сопротивлений		79
Измерение напряжений		85
Измерения в децибелах		89
Измерения тока		90
Глава 4. Как работает интегральная микросхема 555		95
Работа в ждущем режиме		99
Работа в автоколебательном режиме		101
Детектор пропущенных импульсов		103
Делитель частоты		105
Широтно-импульсная модуляция (ШИМ)		105
Фазоимпульсная модуляция (ФИМ)		106
Генератор тестовых последовательностей		107
Режимы работы ИС		107
Глава 5. Приобретение и хранение компонентов		110
Справочники по взаимозаменяемости компонентов		110

Радиолюбительский "ящик с хламом"	112
Организация хранения электронных компонентов	114
Интегральная схема 555	119
Глава 6. Тридцать три радиолюбительских схемы на ИС 555	122
1. Миниатюрный передатчик	123
2. Дверное устройство тревожной сигнализации	127
3. Еще одно устройство тревожной сигнализации	132
4. Звуковой генератор на частоту 3500 герц	133
5. Метроном	136
6. Генератор тонального сигнала для частотной радиолнии	138
7. Электронный таймер	144
8. Звуковой генератор для обучения азбуке Морзе	148
9. НЧ-модулятор для портативной дуплексной радиостанции	152
10. 9-в источник питания	155
11. Стабилизированный источник питания с регулируемым выходным напряжением	163
12. Электронный испытательный пробник	166
13. 100-кГц частотный калибратор	169
14. Устройство для прослушивания передаваемых телеграфных сигналов	172
15. Другое устройство для прослушивания передаваемых телеграфных сигналов	177
16. Внешний усилитель низкой частоты	178
17. Генератор звуковых эффектов	181
18. 10-с таймер	184
19. Генератор тактовых импульсов с частотой следования 100 Гц	187
20. Генератор тактовых импульсов с частотой следования 1 Гц	189
21. Пробник электрических цепей	190
22. Простое устройство охранной сигнализации	194
23. Более сложное устройство охранной сигнализации	198
24. Таймер с двумя выходами	202
25. Сирена на ИС 556	205
26. Электронный орган	208
27. Мигалка	211
28. Устройство охранной сигнализации со световым датчиком	214
29. Специализируемая схема задержки	217
30. Переключаемая схема задержки	220
31. Простейший мультивибратор	222
32. Мультивибратор с переключением частоты	225
33. Транзисторный усилитель-ограничитель	227
заключение	229
Глава 7. Поиск и устранение неисправностей	230
Логический подход	230
Шесть этапов процедуры поиска и устранения неисправностей	321
Отыскание неисправностей в устройствах на ИС	253
Приложения	255
Назначение выводов ИС 555 и ИС 556	255
Обозначения интегральных схем 555 и 556	257
Рекомендации по выбору аналогов	258
Предметный указатель	259