



А.Б.Гордин

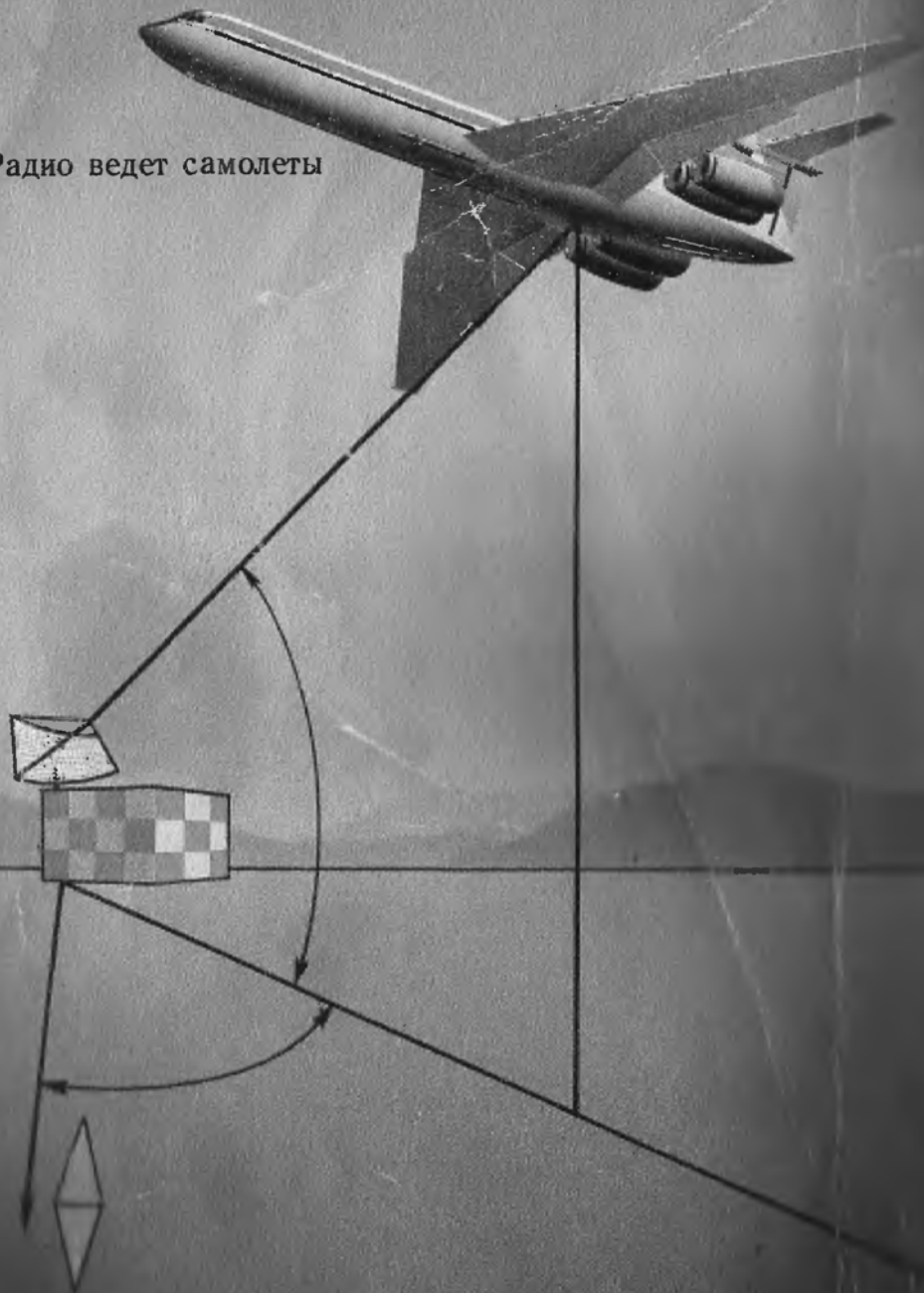
**Юному
радиолобителю**



Аркадий Борисович Гордин, кандидат педагогических наук, почетный радист СССР, отличник народного просвещения РСФСР. Много лет он посвятил техническому творчеству молодежи, автор свыше 50 статей и нескольких книг, рассказывающих в радиотехнике и кибернетике, неоднократно призер ВДНХ и всесоюзных радиовыставок.

Одна из его книг — «Занимательная кибернетика» — переведена на несколько языков.

Радио ведет самолеты



32.84
Г 68

А.Б.Горгин

Юному радиолюбителю

Свердловск
Средне-Уральское
книжное издательство
1989

И
М
а-
б-
ге
ть
ть
о-
и-
ко-
к
им
ни-
те-
ига
ль-
ро-
3

ББК 32.84
Г 68

14 2 3 3 П
Ф 17-1

Рецензент А. Л. Костромитин,
научный сотрудник Института машиноведения
Уральского отделения АН СССР

Редактор Л. Г. Золотарева

БИБЛИОТЕКА
СТ. ИВДЕЛЬ

Г 4802030000-023
М158(03)-89 68-89
ISBN 5-7529-0162-6

© Средне-Уральское книжное
издательство, 1989.

О чем эта книга?

Мир современной науки радиоэлектроники необычен, возможности ее применения практически не ограничены. Электроника проникает во все сферы человеческой жизни. Современный прогресс невозможно представить без радио, телевидения, электронно-вычислительных машин и космических ракет. В работе всех приборов неизменно участвует неутомимый и исполнительный труженик — быстрый, ловкий, никогда не устающий электрон.

В космическом пространстве, на земле и под землей человек использует одно из величайших созданных им достижений — радиоэлектронику.

В этой книге вы прочтете об изобретении радио нашим земляком А. С. Поповым, познакомитесь с разнообразными областями применения электроники, побываете на одном из радиозаводов, узнаете, какой должна быть мастерская радиолюбителя и как самим сконструировать и построить множество интересных электронных приборов.

В книге приведены практические схемы, рассчитанные на начинающих и опытных радиолюбителей. Некоторые конструкции вы сможете изготовить сразу же, к другим приступите, приобретя некоторый опыт. Таким образом, книга на несколько лет станет верным спутником в вашей радиолюбительской деятельности.

Очень часто выбор специальности начинается с чтения популярной литературы, быть может, и эта книга поможет вам узнать и полюбить чудесный и увлекательный мир электроники. Как и всякую вершину, электро-

нику нужно покорять, а это требует терпения и трудолюбия.

От простых конструкций к более сложным — так расположен материал внутри каждой главы. Этому правилу нужно следовать и при изготовлении приборов. Возможно, не всегда у вас сразу получится тот или иной прибор, но не следует отчаиваться. Главное — не разочаровываться, проявлять настойчивость и смекалку, и тогда прибор заработает, даже если его придется проверять и переделывать несколько раз.

Не везде и не всегда можно купить ту или иную радиодеталь, поэтому почти для каждого описанного прибора приведены данные по замене деталей. Небольшой объем книги не позволил включить все необходимые справочные данные. Поэтому смелее обращайтесь к другим книгам и справочной литературе.

Итак, путешествие в мир электроники начинается...



Глава первая, в которой читатель познакомится с историей рождения радио, узнает о том, как оно помогает человеку водить корабли и самолеты, заглянуть в просторы Вселенной, на дно морей и океанов, о достижениях звукотехники, о радиолобительском движении в нашей стране

Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом.

В. И. Ленин

Радио настолько прочно вошло в нашу жизнь, стало таким привычным, что мы подчас не замечаем его. Утром из радиоприемников звучат последние известия, в городском транспорте по радиотрансляции водитель объявляет остановки, в заводских цехах из динамиков раздаются команды диспетчера. Радио стало нашим постоянным спутником.

Что же оно из себя представляет? Заглянем сначала в Советский Энциклопедический Словарь: «Радио — от латинского слова *radio* — испускаю лучи. Способ передачи информации на расстояние посредством радиоволн». Это определение, на наш взгляд, не полное. Возьмем еще одно энциклопедическое издание — «Политехнический словарь»: «Радио — область техники, основанная на применении электромагнитных волн, распространяющихся в пространстве без проводов...»

Термин «радио» возник самым прозаическим образом. Французский ученый Бранли в 1890 году назвал «радиоконструктором» небольшой сосуд с металлическим порошком, с помощью которого можно было уловить

электромагнитные волны. О том, что сигнал принят, свидетельствовало резкое падение электрического сопротивления. С тех пор слово «радио» вошло в наш обиход.

Обратимся к истории рождения радио. Как произошло это знаменательное событие?

Петербург. 7 мая 1895 года. На заседании физического отделения Русского физико-химического общества Александр Степанович Попов, преподаватель электротехники минного офицерского класса, докладывал собравшимся о созданном им устройстве — грозоотметчике. Прибор четко и уверенно отзывался коротким звонком на всплеск атмосферного электричества, порожденного грозовым разрядом. Это был первый в мире радиоприемник — прообраз миллиардов современных радио- и телевизионных устройств.

Грозоотметчик, снабженный антенной и заземлением, принимал на большом расстоянии слабые электромагнитные колебания, не пользуясь проводами. Впервые в мире была осуществлена беспроволочная связь. Этот весенний день явился днем рождения радио.

Среди тех, кто с большим вниманием слушал сообщение А. С. Попова, были известные русские физики, а также любознательные юноши — студенты Петербургского университета и электротехнического института, впоследствии основавшие отечественную школу радиотехники.

Заключил свою речь Александр Степанович словами: «В заключение могу выразить надежду, что мой прибор, при дальнейшем усовершенствовании его, может быть применен к передаче сигналов на расстоянии при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающих достаточной энергией». Пройдет совсем немного времени, этот источник будет найден.

Радио сразу же встало на службу человечеству. Ноябрьской ночью 1899 года во время сильного шторма

броненосец русского флота сел на мель у острова Гогланд в Финском заливе. Спасательные работы требовали устойчивой связи с островом. Проложить телефонный кабель во время шторма было невозможно. Оставалось одно средство — радио.

А. С. Попов и его помощник П. Н. Рыбкин с группой военнослужащих горячо взялись за дело. Изобретатель использовал приемно-передающую аппаратуру, которую он сконструировал у себя в лаборатории, так как другой просто не существовало. В тяжелых зимних условиях штормовой Балтики связь между берегом и островом была налажена за пятнадцать дней.

Официальные испытания аппаратуры были назначены на 25 января 1900 года, но этому помешали непредвиденные обстоятельства. Днем 24 января на острове Гогланд во время проверки аппаратуры П. Н. Рыбкин неожиданно услышал в наушниках тревожный сигнал. Это А. С. Попов передавал из Котки на Гогланд указание начальника Главного морского штаба о том, что командиру ледокола «Ермак» предписывается срочно организовать спасение пятидесяти рыбаков, которые оказались на оторванной льдине в штормовом море. Радиogramма была немедленно доставлена на «Ермак», находившийся в то время у острова.

Ледокол снялся с якоря и через тринадцать часов после выхода в бушующее море подобрал терпящих бедствие рыбаков. Газеты всего мира сообщали об этом событии, подчеркивая, что только благодаря чудесному изобретению — радио — удалось спасти людей. Адмирал С. О. Макаров писал: «Открытие беспроволочного телеграфа от Котки до Гогланда на расстояние 43 версты есть крупнейшая научная победа».

В годы Октябрьской революции изобретение А. С. Попова продолжало верно служить народу.

Утром 7 ноября 1917 года радиотелеграфная станция крейсера «Аврора» сообщила первые известия о ходе

вооруженного восстания в Петрограде. Ее слышали в Москве и других городах страны. С помощью телеграфных радиостанций передавались приказы и распоряжения о мобилизации революционно настроенных солдат и рабочих.

В последующие годы развитие радио в России целиком связано с именем талантливого ученого Михаила Александровича Бонч-Бруевича, создавшего катодную лампу. Да, мы не оговорились, хотя кто-нибудь может возразить, что ламповый диод был изобретен англичанином Флемингом еще в 1904 году. Однако диод Флеминга пуждался в усовершенствовании, ток в нем был очень мал. Существенно улучшить диод помогло предложенное инженером А. А. Чернышевым введение в баллон нити накала, с помощью которой увеличился поток электронов в колбе диода. Летом 1907 года французский ученый Ли де Форест изобрел трехэлектродную лампу: в известную уже в то время двухэлектродную лампу Флеминга ввел третий электрод-сетку. Радиолампа с тремя электродами (триод) приобрела новые свойства — усиливала слабые электрические колебания. С помощью малого тока сетки стало возможным управлять большими токами в анодной цепи. Это было революционным изобретением. Триоды стали выпускаться за рубежом.

А что же сделал Михаил Александрович Бонч-Бруевич?

Дело в том, что лампы, которые поступали в Россию, стоили очень дорого, а продолжительность их работы равнялась пяти — восьми часам. Практически такая лампа в схеме работала совсем недолго. Михаил Александрович Бонч-Бруевич почти заново разрабатывает конструкцию радиолампы и самостоятельно ее изготавливает. Лампы, созданные им, были в шесть раз дешевле зарубежных и работали в четыре раза дольше. Свою первую лампу он назвал ПР-1 (пустотное реле типа-один).

Когда в конце лета 1918 года в Нижнем Новгороде

по личному указанию В. И. Ленина создавалась радиолaborатория, которую возглавил М. А. Бонч-Бруевич, вокруг талантливого ученого сгруппировались ведущие специалисты России по физике и электротехнике. В Нижнем Новгороде начался выпуск радиопередатчиков, мощность которых постепенно увеличивалась.

В ноябре — декабре 1919 года М. А. Бонч-Бруевич со своими сотрудниками собирают первый радиотелефонный ламповый передатчик, мощность которого равнялась... всего 20 ваттам.

В начале февраля 1920 года Владимир Ильич Ленин приехал на Ходынскую радиостанцию в Москве, прослушал радиопередачу из Нижнего Новгорода и назвал радио чудом нашего века, несущим благо людям.

От Москвы до самых до окраин

Ежедневно мы слышим голос радиодиктора, каждый вечер смотрим телевизионные передачи. Мы уже привыкли к тому, что узнаем последние известия в тот же день и час, когда происходят события, что концерты, транслируемые из Москвы, житель Дальнего Востока смотрит одновременно с москвичами и ленинградцами. Радио стало неотъемлемой частью нашей жизни. Трудно перечислить все отрасли науки и техники, где оно сейчас используется. Однако широкому кругу людей радио более известно как средство передачи и приема информации, массовой агитации и просвещения.

Первые отечественные радиопередачи прозвучали в 1919 году из Нижегородской радиолaborатории, в 1920 году — из опытных радиовещательных станций Москвы и Казани.

17 марта 1920 года В. И. Ленин подписал декрет о строительстве Центральной радиотелефонной станции. В нашей стране впервые в мире прозвучали радиотелефонные передачи в эфире.

В 1922 году по личному указанию В. И. Ленина в Москве была построена мощная радиовещательная станция, а 12 октября 1924 года начались трансляции передач Сокольнической радиостанции.

31 октября 1925 года страна провожала в последний путь верного сына партии М. В. Фрунзе, и в день похорон на Красной площади в Москве были установлены первые громкоговорители, которые позволили всем собравшимся слушать оратора, стоявшего на трибуне Мавзолея.

Так зародилось радиовещание: передача по радио экстренных сообщений, новостей, лекций. Родилась «газета без бумаги и расстояний».

Уже в те далекие годы мы опередили развитые капиталистические страны по количеству и мощности радиопередатчиков. Построенные позднее в Англии, Италии, Германии и США радиостанции значительно уступали советским, превышающим, в частности, мощность американских радиовещательных станций в восемь раз. С тех пор наша страна являлась лидером в области строительства радиовещательных станций.

Когда американцы в 1934 году приступили к строительству радиостанции в Цинциннати, они воспользовались опытом советских инженеров, которые к тому времени уже соорудили у нас в стране мощную 500-киловаттную радиостанцию имени Коминтерна.

В конце первой пятилетки в СССР работало уже 57 радиовещательных станций. Радио получает широчайшее распространение. В настоящее время радиовещание ведется на 60 языках народов нашей страны, его слушают более 90 процентов населения.

Все большую популярность завоевывает эфирное радиовещание. В 30—40-х годах оно велось на длинных, средних и коротких волнах. В 50-е годы стал интенсивно осваиваться УКВ-диапазон. На ультракоротких волнах с частотной модуляцией (сокращенно УКВ ЧМ) удает-

ся получить очень высокое качество звуковоспроизведения, оно свободно от эфирных помех.

Радиоволны разносят голос нашей Родины, обращенный к народам всей земли. Это голос мира, интернациональной дружбы и братства. В 1929 году началось вещание московского радио на зарубежные страны. Сейчас наши радиостанции ведут передачи на 70 языках свыше 200 часов в сутки. СССР является родиной не только эфирного, но и проводного радиовещания.

Радио по проводам

Проводное радиовещание в нашей стране зародилось в июне 1921 года в Москве, когда впервые на Театральной, Елоховской, Андроньевской и Серпуховской площадях, на Девичьем поле и у Пресневской заставы на высоких столбах были укреплены большие рупоры. Эти странное предметы вызвали живой интерес у жителей близлежащих домов, которые строили самые невероятные предположения об их назначении. Но вдруг однажды из рупоров раздался голос диктора — началась первая радиопередача, которая транслировалась по проводам. Спустя некоторое время громкоговорители появились и в других городах. Их стали устанавливать не только на улицах, но и в заводских клубах, на фабриках и в домах рабочих и крестьян.

Для усиления звуковых передач советские инженеры построили специальные устройства — радиотрансляционные узлы, которые сейчас имеются в каждом районе, городе, совхозе и колхозе. Благодаря проводному радиовещанию, десятки миллионов советских людей ежедневно слушают высококачественные передачи, не подверженные действию атмосферных помех.

К концу 70-х годов в нашей стране насчитывалось 40 000 ретрансляционных узлов, к которым подключено свыше 60 миллионов репродукторов. Вещание по прово-

дам стало трехпрограммным, с высоким качеством звуковоспроизведения, свободным от эфирных помех.

Регулярным и привычным стало для нас стереофоническое радиовещание, возникшее в начале 60-х годов. Для получения стереофонического эффекта используются два отдельных канала усиления и расположенный соответственно на приемной стороне двухканальный радиоприемник, а также две разнесенные системы громкоговорителей. При стереофоническом вещании качество передач очень высокое, удовлетворяющее самого взыскательного слушателя.

Концертный зал на дому

Если в первые годы создания радио слушателей поражал сам факт передач голоса по эфиру или проводам, то со временем стали предъявлять все более высокие требования к качеству радиоприема.

Качество передач по радио стали сравнивать с качеством звучания... граммофона — единственного в то время механического звукозаписывающего устройства.

Справедливости ради следует сказать, что граммофон в третьем десятилетии нашего века звучал совсем неплохо — ведь его конструкция улучшалась в течение примерно сорока лет. Чтобы улучшить качество звуковоспроизведения, ученым пришлось заняться теорией звука и начать разработку и совершенствование звуковоспроизводящей аппаратуры. Были созданы новые микрофоны (ленточные, динамические) и новые громкоговорители. Но самым главным достижением радиотехники было изобретение усилителей звуковой частоты, с минимальным количеством искажений. Однако пусть у читателя не создается ложное впечатление, будто этот процесс происходил очень быстро. Даже сейчас, в конце 80-х годов, большие коллективы ученых и инженеров ведут борьбу за качество звуковоспроизведения, а зву-

чение аппаратуры все еще далеко от совершенства. Современные усилители звуковой частоты позволяют усиливать полосу частот более широкую, чем может услышать человеческое ухо, воспринимающее, как известно, полосу частот, лежащую в диапазоне от 20 до 20 000 Гц (усилители могут без искажения усиливать полосу частот от 15 Гц до 50 000—60 000 Гц).

Микрофон и громкоговоритель являются одновременно и акустическими, и электрическими приборами, поэтому при их совершенствовании инженерам приходится учитывать законы механики, радиотехники, электротехники и акустики.

От успехов электроакустики, родившейся на стыке этих дисциплин, зависит качество очень многих элементов, из которых состоит радиовещательный тракт, а значит — и качество звукопередачи. Новые изобретения — микрофоны, звукозаписыватели, усилители, громкоговорители — позволили воспроизводить граммофонную запись с помощью электроакустических систем. Этот способ значительно превосходил по качеству звучания механическую звукозапись. Появилась возможность изменять в широких пределах громкость звучания, тембр воспроизведения, а многие модели радиоприемников стали снабжаться звукозаписывателями и электродвигателями для проигрывания пластинок. Такие радиоприемники получили название радиол.

Радиотехника и акустика проникли не только в быт. Их революционизирующее влияние коснулось и кино — самого популярного вида искусства. «Великий немой» с помощью радио заговорил. Появилась оптическая запись звука. Звук в кино записывался на той же пленке, на которой был снят фильм, и воспроизводился с помощью фотоэлемента. Звукозапись совершенствовалась... И когда, казалось, в этой области изобретать уже нечего... был создан новый вид записи звука — магнитный. И вновь революция в радиотехнике.

Магнитная запись звука обладала рядом преимуществ перед другими способами записи и воспроизведения речи и музыки. Если механический способ позволяет записывать полосу частот от 60 до 6 000 Гц, оптический — 50—7000 Гц, то магнитный охватывает диапазон частот от 20 до 25 000 Гц. Кроме того, используя магнитный способ, можно немедленно прослушать сделанную запись, стоит только перемотать ленту. Пленку можно использовать многократно. Магнитный способ становится особенно популярным. Весь фонд музыкальных записей радиовещания был переписан на магнитную пленку. Вместо оптической записи стали применять магнитную в кино. Она внедрилась и в производство грампластинок. Запись звука производится сначала на магнитную ленту, а затем уже переписывается на грампластинку. «Ну,— скажет читатель,— уж это наверняка вершина звукозаписи». Нет, существуют еще цифровые и лазерные способы записи звука.

Цифровая запись звука — прогрессивный способ записи. Сущность его заключается в том, что аналоговый сигнал преобразуется в цифровой, который записывается на магнитофон с большим количеством дорожек — до 40 и более. Каждая группа симфонического оркестра записывается на свою дорожку. Это позволяет выделить и подчеркнуть звучание отдельных инструментов, уменьшает помехи, детонации, рокот, щелчки, переходные искажения между каналами «запись — воспроизведение», значительно улучшает отношение «сигнал — шум», расширяет динамический диапазон, резко увеличивает переходное затухание, уменьшает гармонические искажения.

Лазерный видеопроигрыватель позволяет записывать с высоким качеством воспроизведения как изображения, так и звуки. Достоинством таких проигрывателей является не только высокая верность воспроизведения и большая емкость записанной информации, но и то, что такая пластинка является вечной: благодаря бесконтактному

считыванию, элементы пластинки не изнашиваются. Важной особенностью лазерного проигрывателя является наличие «стоп-кадра» и быстрого поиска нужной записи. Это позволит широко использовать лазерный проигрыватель для целей обучения.

Продолжим разговор о качестве звуковоспроизведения. Мы уже рассказывали читателю о том, что в радиотехнике стало возможным создавать аппаратуру звуковоспроизведения такого уровня, когда уже трудно заметить разницу при прослушивании первоисточника музыкальной программы и сделанной звукозаписи. Такие высококачественные радиоустройства получили название Hi — Fi, что в переводе означает — воспроизведение с высокой верностью.

Аппаратура Hi — Fi создает достоверный эффект присутствия слушателя в концертном зале. Однако качество воспроизведения устройствами Hi — Fi еще не предел.

Не прошло и десяти лет после появления стереофонии, когда ученые установили, что двухканальная система звукозаписи не в состоянии имитировать полностью реальную атмосферу концертного зала, так как звуковые волны распространяются не в одну сторону, а по всему объему помещения. Появилась новая система искусственного воссоздания воли, как бы отраженных от стен зала. Для этого в звуковой тракт вводится два новых канала звуковоспроизведения, излучающих звук со всех четырех сторон. Такая система получила название квадрофонии. Аппаратура квадрофонии значительно сложнее стереофонической. Квадрофонический магнитофон должен иметь четыре отдельных канала записи и воспроизведения, а значит, и четыре магнитные головки, четыре усилителя, четыре индикатора и т. д. Но, несмотря на технические трудности и дороговизну аппаратуры, квадрофония завоевывает все больше и больше поклонников. Желание слушателя почувствовать себя «среди оркестра» заставляет радиолюбителей конструировать

квадрофонические устройства. Пройдет еще немного времени, и мы станем свидетелями нового, еще более совершенного способа записи звука.

Всевидящее око

Идут годы... Чудесное дерево радио дает новые победы. Рождается телевидение — волшебное зеркало XX века.

Телевидение, как и радио, тоже имеет увлекательную и драматическую историю. В 1888 году русский ученый, профессор А. Г. Столетов, исследуя фотоэлектрический эффект — превращение света в электрический ток — подробно описывает этот интересный эксперимент.

Затем, в 1907 году, в Петербурге русский физик Б. Л. Розинг предлагает неожиданное решение — применить электронно-лучевую трубку для передачи движущихся картинок, однако его изобретение, опережающее возможности технологии и техники тех лет, остается почти незамеченным.

И все же как возникли эти «далеко видящие» аппараты?

Вначале устройства для «передачи изображения на некоторое расстояние» были механическими. Эти первые системы, громоздкие и несовершенные, оказали немалое влияние на развитие телевизионной техники. Один из первых приборов такого рода был сконструирован в Германии изобретателем Нипковым в 1884 году.

С октября 1931 года в нашей стране стали регулярно передаваться малострочные передачи неподвижных изображений, год спустя картинка на экране механического телевизора ожила, а в 1934 году получила звуковое сопровождение.

Эра механического телевидения продолжалась недолго: она уступила место молодому, но энергичному электронному собрату. 10 марта 1939 года в Москве и Ленинграде одновременно зажглись экраны первых элек-

тронных «домашних кинотеатров». В этот день, ставший днем рождения эфирного телевидения, был показан фильм об открытии XVIII съезда ВКП(б). А в ноябре состоялась первая крупная общественно-политическая передача, посвященная двадцатилетию Первой Конной армии. Со временем по телевидению стали транслироваться спектакли и кинофильмы, а впоследствии спортивные репортажи, концертные программы, телеспектакли и телефильмы. Одним словом, телевидение набирало силу. Для его успешного развития необходимы были надежные телеприемники. Первые аппараты марки «17-Т-1» поступили в продажу в 1940 году. На их небольших экранах наблюдалось ясное, четкое изображение. В конце 1949 года в нашей стране начался массовый выпуск телевизоров «Москвич Т-1», «Ленинград Т-2», «КВН-49».

А в 1954 году в Москве проводились первые экспериментальные передачи цветного телевидения...

С каждым годом телевидение все более и более оправдывало свое название (от греческого «теле» — далеко и латинского «визо» — вижу, смотрю), ибо сегодня мы, нажав кнопку сенсорного переключателя, можем побывать на Дальнем Востоке, в песках Сахары, в космическом корабле, на спектакле Большого театра. Сейчас в СССР в год выпускается более 7 миллионов цветных телевизоров 30 различных марок.

Но и до сих пор в области телевидения еще продолжают открываться. В недалеком будущем мы сможем смотреть объемные передачи. Стереоскопические системы уже созданы в Ленинграде коллективом ученых под руководством лауреата Ленинской премии профессора П. И. Шакова.

Радиопрожектор находит цель

Однако давайте снова вернемся к истории создания и развития радиотехники, познакомимся еще с одной

областью — радиолокацией, позволяющей в любую погоду наблюдать за движением кораблей, самолетов или природных объектов. В наше время без радиолокаторов не может выйти в море ни одно судно, подняться в небо ни один воздушный лайнер. Радиолокаторы бдительно несут службу по охране наших сухопутных и водных границ. Термин «радиолокация» произошел от двух слов: «радио» — лучистый, «локус» — место. Читатель, наверное, уже понял, что радиолокация — это способность определять с помощью отраженных радиоволн местоположение различных объектов, направление поиска и расстояние до них.

Как все гениальное, принцип радиолокации очень прост (см. цв. вклейку рис. 1.2). Передатчик посылает очень короткие и быстрые импульсы в сторону предполагаемого движущегося объекта. Радиоволны, встретив препятствие, отражаются от него и возвращаются в приемную антенну. Чем дальше от передатчиков находится движущийся объект, тем больше времени надо на «путь» радиоволны до приемной антенны. Этот чудесный радиобумеранг — замечательный помощник человека: с помощью радиолокаторов самолеты обходят грозные облака, корабли «видят» подводные рифы. Радиолокационные устройства помогают геологам находить месторождения полезных ископаемых. Обнаруживая градовые облака, радиолокаторы спасают урожай в садах и виноградниках. Радиолокационные станции, установленные на автомобилях, предотвращают столкновение машин на дорогах.

Радио совершило настоящую революцию в смежных отраслях техники, созданных задолго до его изобретения.

Вспомним принципы проводной связи — два провода, по которым ведут разговор два абонента. Так было в самом начале развития радиотехники, а сейчас применение полупроводников и микросхем в телефонных устройствах усиливают слабые звуковые колебания, помо-

гая им преодолевать сотни и тысячи километров. Сегодня по одной паре проводов можно передать одновременно тысячу разговоров, а по коаксиальному кабелю с помощью цифровых устройств — несколько тысяч. Такой прогресс достигнут только благодаря использованию в проводной связи средств радиотехники.

Радио в наши дни так глубоко проникло в теоретические науки и прикладные дисциплины, столь коренным образом преобразовало их, что они утратили свою самостоятельность и превратились в разделы радиотехники. В качестве примера можно привести радионавигацию, радиоастрономию, радиофизику, радиобиологию и т. д.

Радиолоцман

Итак, совершим небольшое путешествие в науку, которая называется радионавигацией. Навигация — раздел кораблевождения, определяющий способы проведения судов точно по намеченному пути с помощью навигационных приборов. Такие устройства, как компас, часы, лот, лаг, известны морякам уже десятки лет, а морские карты, руководства для плавания, списки маяков — и целые столетия. Однако если пятьдесят лет назад они были основными и единственными инструментами кораблевождения, то в настоящее время им отводится второстепенная роль, потому что обычные навигационные приборы в современных условиях далеко не совершенны. На показания компаса влияет магнитное поле земли, механические часы могут иметь погрешности из-за дефектов механизма и т. д.

Чтобы установить местонахождение корабля или самолета, необходимо вычислить долготу и широту, для чего нужно определить положение солнца или звезд, а это возможно только при ясном небе. Даже при самых благоприятных условиях подобные вычисления занимали много времени. Возросшие в несколько раз за послед-

ние десятилетия скорости современных самолетов сделали старые способы навигации совершенно непригодными. На помощь пришли достижения радиоэлектроники, благодаря которой родилась новая отрасль науки — радионавигация (см. цв. вклейку рис. 1.3).

В основу ее положен простой закон физики: если вертикально подвесить антенну в виде длинного провода, то радиоприемник будет принимать сигналы радиостанций со всех сторон света. В этом случае говорят, что антенна обладает круговой направленностью. Однако определить источник радиоволн с помощью такой антенны нельзя, так как она одинаково хорошо принимает радиосигналы с любого направления.

Совершенно другой эффект получим, если вести прием на рамочную антенну, представляющую собой катушку из нескольких витков провода, намотанного на круглую или квадратную рамку, которая устанавливается вертикально и так, что ее можно вращать вокруг вертикальной оси. Концы провода от рамочной антенны соединяются с входом приемника. Сила приема на такую антенну зависит от того, как она расположена относительно радиопередатчика. Если плоскость, в которой размещаются витки рамки, проходит через передающую радиостанцию, то в витках рамки возникает ток наибольшей величины и передача слышна с максимальной громкостью.

Когда плоскость рамки составит прямой угол (90°) с тем направлением, откуда приходят радиоволны, ток в антенне будет минимальным, и передача будет почти не слышна. Так, поворачивая рамочную антенну вокруг вертикальной оси, по величине громкости можно «нащупать» направление на принимаемую радиостанцию. В радиоприемниках для пеленгации на ось вращения антенны посажен диск, разделенный на градусы.

Поворачивая рамку антенны, радист добивается максимальной громкости приема. Затем, ориентируясь на

показания стрелки, помещенной на диске, он отмечает угол поворота рамки от нулевой отметки на диске и находит радиопеленг, то есть угол между направлениями на север и на передающую станцию.

Принцип радионавигации широко использован в авиации: на его основе действует радиоэлектронное устройство, название которого знакомо многим — автопилот. Последние достижения радиоэлектроники позволили создать не только автопилот — радиоэлектронную аппаратуру, которая сама ведет самолет в горизонтальном полете, но и радиоприбор, позволяющий осуществить автоматический взлет и посадку самолета без участия пилота (см. 2-ю сторону обложки).

Читателю нетрудно представить себе такую картину: штурман перед взлетом заходит в пилотскую кабину, вставляет перфокарту в исполнительное устройство ЭВМ, нажимает кнопку и садится в кресло пассажирского салона. Лайнер мягко вырывается на взлетную полосу, взлетает, берет заданный курс и приземляется на аэродроме в пункте назначения. За все время полета ни разу рука человека не коснулась штурвала. А что же человек? За ним остались функции контролера. Без радионавигации невозможны космические полеты, успехи и достижения космонавтики, ведь путь ракеты — это многочисленные расчеты, сделанные радионавигаторами.

За пределами Земли

Человечество стремилось к звездам, Солнцу, Луне еще в глубокой древности. На страницах старинного индийского трактата «Махабхарата» обсуждалась возможность полета на Луну, герой древнегреческого мифа Икар летит к Солнцу, невероятное путешествие на Луну описано в начале XVII века поэтом Сирано де Бержераком, и, наконец, вспомним фантастический роман Жюль Верна «С Земли на Луну».

Великий русский ученый К. Э. Циолковский так предсказывал этапы работы в области покорения космоса: «Сначала неизбежно идут мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль». Долгое время на вооружении человека оставались только два инструмента для исследования неба — глаза и телескоп. Шли годы. Все более совершенными становились оптические телескопы, однако сведения, доставляемые световыми лучами, далеко не всегда были исчерпывающими. Хотя человек много узнал о небесных светилах с помощью оптического телескопа, небо не спешило открывать свои тайны. Тем более неожиданным было открытие американского инженера Карла Янского в 1925 году, через 30 лет после создания А. С. Поповым грозоотметчика, который исправно работал, предупреждая о приближении грозы. К. Янский решил узнать, откуда приходят радиопомехи и как они возникают. Для этого в Холмделе фирмой Белл была сооружена управляемая антенна. Изменяя ее положение в пространстве, К. Янский измерял интенсивность помех на волнах в диапазоне около 15 м и отмечал на карте направление их прихода. Однажды, направив антенну в центр Млечного Пути, он обнаружил, что с огромного расстояния в десятки миллионов световых лет на Землю приходит сильное радиоизлучение. Так в 1932 году появилась на свет новая ветвь радиотехники — радиоастрономия.

В наши дни радиоастрономия стала полноправной наукой. Во многих странах мира построены радиоастрономические обсерватории, которые принимают радиоизлучения, идущие из солнечной системы, Галактики и даже Метагалактики. Наиболее известные из них находятся в Харькове, Симеизе, Пущине (СССР), Аресибо (Пуэрто-Рико), Китт-Пик (США), Калгурли (Австралия).

Несколько лет тому назад многие центральные газе-

ты опубликовали снимок Луны, сделанный с помощью радиотелескопа.

Радиоастрономия дает нам возможность открывать новые звезды и Галактики, заглянуть в глубины космоса, познавая еще не известные людям тайны.

Энтузиасты радио

Так за очень короткий отрезок времени человечество стало свидетелем рождения новых наук и их больших достижений.

Однако вернемся в первые времена существования молодой Советской республики.

В конце июля 1924 года Совет Народных Комиссаров принял постановление о частных приемных радиостанциях. Оно положило начало мощному движению энтузиастов радио, которое охватило всю страну и получило название — радиолобительство.

В эти годы начинает издаваться радиолобительский журнал «Радио — всем», впоследствии переименованный в «Радиолобитель», ставший рупором радиолобительского творчества.

Почти все радиолобители тех лет начинали свою деятельность с создания детекторного приемника, сконструированного С. И. Шапошниковым. Приемник работал в диапазоне средних и длинных волн. Вершиной радиолобительского творчества тех лет был одноламповый приемник — регенератор, созданный Л. В. Кубаркиным и повторенный в конструкциях многих радиолобителей.

В 1925 году радиолобитель Ф. А. Лбов одним из первых в нашей стране осуществил связь на коротких волнах. Передатчик Лбова обладал мощностью всего 15 Вт, длина волны — 96 метров, и тем не менее его слышали в Париже, Лондоне, Месопотамии. Советские радиолобители начали успешно осваивать короткие вол-

ны, и за несколько лет число любительских радиостанций СССР возросло во много раз.

М. А. Бонч-Бруевич назвал массовое радиолюбительское движение «народной лабораторией». Энтузиазм молодежи, ее интерес к радио были огромны. Ширился отряд радиолюбителей-коротковолновиков, которые устанавливали связь со многими городами нашей необъятной страны, посылали сигналы на дальние и сверхдальние расстояния. В 1930 году молодой полярный радист Эрнст Теодорович Кренкель, впоследствии Герой Советского Союза, человек известный всей стране, работая на Земле Франца-Иосифа, установил связь с американской антарктической экспедицией, руководимой Р. Бэрдом. Расстояние между станциями было 25 000 км, а мощность передатчика у Э. Т. Кренкеля была всего 250 Вт.

В годы Великой Отечественной войны почти все радиолюбители выполняли задание военного командования. Многие из них были сброшены на парашютах в глубокий тыл врага. Другие воевали на фронтах, обеспечивая надежной радиосвязью полки, дивизии, корпуса и фронты Советской Армии. Партия высоко оценила подвиг радиолюбителей, наградив их орденами и медалями.

Радиолюбительское движение воспитало целое поколение известных ученых, внесших значительный вклад в развитие радиотехники. В их числе А. Л. Минц, И. Е. Горон, П. Н. Куксенко, И. Х. Невяжский, З. О. Мозель, Г. С. Цикин и другие.

С особым уважением и любовью относились советские радиолюбители к своему большому другу, основателю школы отечественной кибернетики, академику Акселю Ивановичу Бергу.

Радиолюбители старшего поколения помнят, что А. И. Берг посещал почти все всесоюзные выставки радиолюбителей-конструкторов, проходившие в 60—70-х годах в Москве, внимательно знакомился с каждым экс-

понатом и подолгу беседовал с их создателями, давал советы, помогал внедрять любительские разработки в производство. Он основал популярнейшую до сих пор серию книг «Массовая радиобиблиотека», способствовал внедрению в промышленность наиболее удачных радиолюбительских конструкций. Ведь зачастую радиоприборы, изготовленные руками радиолюбителей и представленные на всесоюзных радиовыставках, по сложности схемного решения, дизайну и тщательности отделки превосходили аналогичные заводские разработки. Так, в частности, радиостанции, которые конструирует ленинградский радиолюбитель И. И. Лоповок, на всесоюзных конкурсах из года в год удостоиваются почетных дипломов и призов. Их описания публикуются в журнале «Радио», конструкции повторяются сотнями радиолюбителей. Еще один пример. Радиолюбитель-конструктор И. Т. Акулиничев создал медицинский прибор, позволяющий «видеть и слышать» сердце человека в двух проекциях, за что был удостоен золотой медали Международного института связи в Генуе.

На городских, областных и всесоюзных выставках ежегодно демонстрируется более 25 000 радиолюбительских приборов. Трудно представить такой огромный размах радиолюбительской работы. Авторы многих устройств получают свидетельства на изобретение.

И в этой книге читатель найдет несколько десятков приборов, которые он сможет изготовить, став в ряды радиолюбителей-конструкторов. Когда начинается сказочный мир радио? Очевидно, тогда, когда отдельные детали, собранные в единую схему, вдруг оживут, зазвучат, наполнятся голосами, звуками, шорохами эфира.

Юношам и девушкам, желающим посвятить свой досуг радиолюбительству, предстоит, как когда-то былинному Илье Муромцу, сделать выбор между тремя дорогами. Об одной из них мы уже рассказали. Это конструкторская деятельность — создание различных радиотех-

нических устройств для производства, школы, быта.

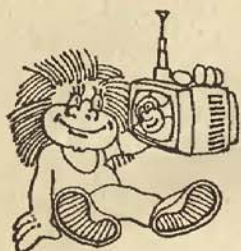
Вторая, не менее увлекательная дорога — коротковолновый спорт. Радиолюбители-коротковолновики сами строят передатчики и радиоприемники, создают вращающиеся антенны, встречаются с друзьями в эфире, обмениваясь с ними карточками-квитанциями. Стать коротковолновиком можно через промежуточную ступень — коротковолновик-наблюдатель. Наблюдатель, сидя дома у своего радиоприемника, слушает работу коротковолновых станций и записывает их позывные. Международными правилами установлено, что для работы радиолубительских станций существует пять коротковолновых диапазонов волны — 80-, 40-, 20-, 14-, 10-метровые и шесть ультракоротковолновых с частотами 144—146 Мгц, 430—440 Мгц, 1,215—1,300 Ггц, 5,65—5,67 Мгц, 10,0—10,5 Мгц, 21—22 Ггц.

Для радиоуправляемых моделей выделены частота 28,0—29,7 Мгц и несколько участков в диапазоне 144—146 Мгц. Для постройки радиолубительской приемно-передающей станции радиолубителю выдается, по ходатайству первичных организаций ДОСААФ, разрешение Государственной инспекции электросвязи Министерства связи СССР, которые имеются в каждом городе.

И наконец, третья дорога — радиопеленгация. Большую популярность среди молодежи получили соревнования по спортивной радиопеленгации, известные под названием «Охота на лис». Сущность этих соревнований — поиск и обнаружение с наименьшей затратой времени замаскированных на местности радиопередатчиков — «лис» с помощью специальных приемников, которыми пользуется «спортсмен-охотник». Советские радиоспортсмены неоднократно завоевывали золотые медали чемпионов мира и Европы по этому виду соревнований.

В нашей стране сотни юношей и девушек стали мастерами спорта СССР по радиоконструированию, коротковолновой связи и «охоте на лис». И вы, дорогой чита-

тель, сконструировав первый радиоприемник, первую светомузыкальную установку или просто приемопередатчик, встанете в ряды радиолубителей. Дорога эта трудная, но необыкновенно заманчивая, здесь встретятся и серьезные препятствия, и преодоление рубежей, и покорение вершин.



Глава вторая, в которой читатель совершит увлекательное путешествие на радиозавод, узнает о профессиях, которые там нужны, и познакомится с процессом создания радиоприборов

Серьезно взвесить этот выбор — такова, следовательно, первая обязанность юноши, начинающего свой жизненный путь и не желающего предоставить случаю самые важные свои дела.

К. Маркс

Мир радиоэлектроники необычайно многообразен. Это радиовещание и телевидение, телефонная связь, радиолокация и радионавигация, вычислительные машины и микропроцессоры.

Исследование биологических и физических объектов, изучение космических пространств, микро- и макромира — все основано на радиоэлектронных приборах.

Короче говоря, современный научно-технический прогресс невозможен без радиоэлектроники. Создают эту сложную технику и управляют ею радиоинженеры, радиотехники, рабочие высшей квалификации. Чем же конкретно они занимаются? Такие вопросы интересуют многих юношей и девушек, выбирающих свой жизненный путь.

Радиоэлектроника стала сегодня настолько разветвленной и сложной наукой, что трудно сразу ответить на все эти вопросы.

Давайте лучше совершим небольшое путешествие на радиозавод и посмотрим, как рождаются радиоприборы, радиоприемники и телевизоры, познакомимся с их создателями.

Современный радиозавод — огромное сборочное производство. Из разных городов страны сюда поступают радиодетали — резисторы, микросхемы, конденсаторы, провода, кабели и т. д.

Все эти детали универсальны и могут быть использованы как в простом радиоприемнике, так и в сложной электронной вычислительной машине.

Радиодетали попадают сначала в большую комнату, уставленную измерительными пультами. Это отдел внешнего контроля — ОТК. За пультами сидят контролеры, которые проверяют каждую поступающую на завод деталь, чтобы в готовую продукцию — приемник или телевизор — не попал брак: ведь одна неисправная деталь становится причиной выхода из строя большого и сложного радиоаппарата, который стоит иногда десятки и сотни тысяч рублей. Искать неисправность в готовом блоке, состоящем из множества деталей, гораздо труднее, чем проверить каждую в отдельности.

Рождение радиоприбора начинается в заготовительных цехах. На заводе их несколько. В одном делают металлический каркас, крепежные и установочные детали, полируют их, окрашивают для защиты от коррозии.

В других заготовительных цехах из отдельных деталей монтируют небольшие узлы и блоки. Современную сложную радиоаппаратуру, состоящую из десятков тысяч элементов, трудоемко и экономически невыгодно собирать по отдельным деталям. Лет сорок тому назад каждую из них прикрепляли с помощью пайки к шасси, на что затрачивалось очень много времени. А ведь гораздо удобнее собирать радиоприбор из уже готовых смонтированных небольших функциональных блоков. Такая поэтапная сборка дает возможность сразу десяткам слесарей-сборщиков участвовать в создании одного изделия, например телевизионного приемника. Работа может выполняться на разных участках цеха или даже в разных цехах завода. Слесари-сборщики одновременно

собирают большое количество изделий, чередуя сборочные и монтажные работы.

Слесарь-сборщик — одна из основных профессий на радиозаводе. У каждого из них разная квалификация, неодинаковый разряд, поэтому им поручают работу различной сложности. Слесарю-сборщику, который только окончил ПТУ, присваивают второй разряд и поручают несложную работу, а человек, проработавший на производстве несколько лет, выполняет сборку сложных узлов и блоков, ведет контроль за качеством сборки и, соответственно, имеет более высокий разряд.

Все блоки и шасси из заготовительных цехов по подвесным конвейерам попадают в сборочный цех, или, как иногда говорят заводчане, на сборку. Пройдем туда и мы.

Когда впервые попадаешь в сборочный цех радиозавода, особенно поражает его абсолютная стерильная чистота. Бело-розовые стены, голубые полы. Ослепительно белые халаты монтажников радиоаппаратуры. Медленно движется по цеху конвейер, сидящие за ним монтажники плавными движениями берут из боксов узлы и крепят их на плату, затем идет следующая операция — впаивание деталей на плату.

Таким образом шасси, плывущее по конвейеру, постепенно обрастает деталями, блоками и на выходе конвейера превращается в готовое изделие. Радиомонтажник выполняет свою работу, руководствуясь схемой, на которой изображено расположение отдельных элементов узлов и трассы соединительных проводов. Такие схемы называются монтажными.

Рабочее место монтажника организовано так: справа и слева от него расположены два небольших столика. На одном из них находится необходимый инструмент, а на другом — блоки или узлы монтируемой радиоэлектронной аппаратуры. На столике с инструментом лежат электрический и ультразвуковой паяльники, сварочный автомат, кисточка для нанесения флюса, прибор для ав-

томатического поддержания постоянной температуры жала паяльника, различный монтажный инструмент, с которым мы подробно познакомимся в следующей главе.

При сборке радиоблоков монтажник делает пайку и сварку. Как мы уже знаем, пайка — основной способ электрического соединения деталей. Однако паяные соединения очень чувствительны к высокой температуре. В условиях среды с температурой более 120—150 °С соединения расплавятся, контакт будет нарушен, прибор выйдет из строя, а если он смонтирован на самолете, корабле или ракете — возможна катастрофа. Поэтому приборы, предназначенные для работы в условиях повышенной температуры, изготавливаются методом электрической сварки, которую производят с помощью сварочного пистолета.

Профессия монтажника за годы развития радиотехники претерпела значительные изменения. Если совсем недавно радиоаппаратура изготовлялась методом напесного монтажа, детали соединялись между собой монтажным проводом, то в настоящее время монтаж стал печатным. Почему новая технология изготовления радиосхем получила такое странное название? Дело в том, что способ нанесения рисунка схемы заимствован из полиграфического производства. Суть печатного монтажа заключается в следующем: все детали помещаются на плоскую печатную плату, изготовленную из изоляционного материала (стеклотекстолита или фторопласта). Для закрепления каждой детали в плате сверлятся отверстия, в которые вставляются выводы; вместо соединительных проводов на изоляционной пластине с обратной стороны нанесены проводники — тонкие полоски металлического покрытия, соединяющие детали в нужной последовательности так, как это предписано принципиальной схемой.

Производство печатного монтажа сейчас уже механизировано и автоматизировано: сборочные операции

выполняют специальные автоматы, они устанавливают детали на плату, производят формовку (обрезку и загибание) выводов радиодеталей, групповую пайку.

Какой же выигрывает печатный монтаж производству? При помощи печатных схем значительно сократились габариты радиоаппаратуры и повысилась ее механическая прочность за счет надежного сочленения монтажа с плоскостью основания всеми своими точками. Детали не висят в воздухе, как при навесном монтаже, а плотно лежат на печатной плате. Применение печатного монтажа сокращает время сборки аппаратуры, снижает брак, облегчает контроль за качеством и, самое главное, позволяет автоматизировать производство радиоэлектронной аппаратуры.

В радиотехнике уже сегодня наступила эра микроинтегральной схемотехники электронных приборов. Этот процесс будет продолжаться и в дальнейшем, распространяясь на все радиотехнические изделия. Уже сейчас плотность монтажа достигает астрономической цифры. На пластинке 3×3 см можно расположить 70 микросхем, то есть около 2000 резисторов и 1000 диодов.

Внедрение сверхбольших интегральных схем приведет к дальнейшему увеличению интеграции, микросхемы станут еще меньше, а значит, и выпускаемая аппаратура — компактнее и легче. Телевизионный приемник, вмонтированный в перстень, вычислительная машина, встроенная в часы, уже сейчас выпускаются некоторыми радиозаводами. А завтра... станут обычными ЭВМ внутри шариковой ручки, микропроцессор, управляющий автомобилем. Достижения техники опережают самые смелые проекты фантастов.

А теперь продолжим нашу экскурсию по заводу и вернемся к рабочему месту монтажника. Мы выяснили, что радиомонтажнику приходится иметь дело с очень маленькими микросхемами, величина резисторов и конденсаторов с каждым годом тоже уменьшается. Какими

же качествами надо обладать для успешного овладения этой профессией?

Прежде всего — отличным зрением и хорошим видением цвета, так как на зрение в процессе работы падает большая нагрузка. Кроме того, монтажнику требуется хороший объемный и линейный глазомер. Но и этого мало. Необходима подвижность кистей и пальцев рук, умение дозировать усилия при выполнении точных и мелких движений. Эти качества в большей мере присущи женщинам, их гибкие, чувствительные пальцы легко справляются с самой ювелирной работой. Не случайно на радиозаводах работает так много женщин-монтажниц.

Обязательными качествами рабочего этой профессии являются добросовестность, организованность, аккуратность (см. цв. вклейку рис. II.1).

А теперь продолжим нашу экскурсию. Почти в самом конце сборочного конвейера готовый радиоприбор попадает в руки специалиста, который настраивает его. Это регулировщик радиоаппаратуры. Мы уже знаем, что с каждым днем все более жесткие требования предъявляются к качеству радиоаппаратуры, особенно к ее надежности.

Наладить телемост между Москвой и Нью-Йорком, определить расстояние до Луны, совершить автоматическую слепую посадку самолета можно только с помощью очень точных и, главное, безотказных приборов. Поэтому такая аппаратура должна полностью соответствовать тем параметрам, которые заложили в нее инженеры-конструкторы.

Вот почему каждый радиоприбор, созданный на конвейере, проходит регулировку и настройку. Причем этой процедуре подвергаются как отдельные узлы, так и вся радиосистема в целом.

Давайте постоим у стенда и посмотрим, как работает регулировщик.

Начинает он с «оживления», то есть проверки работоспособности изделия. Очень часто случается так, что радиоприбор (это может быть телевизор, радиоприемник или другое устройство) вообще оказывается неработоспособным. Оживить его — значит обнаружить и устранить дефекты в электрическом монтаже: плохую пайку, повреждение изоляции проводов, ошибки в распайке проводов и жгутов, найти неисправную радиодеталь. Однако как бы внимателен ни был регулировщик, внешний осмотр не всегда дает желаемый результат. Приходится использовать аппаратуру и специальные приспособления: амперметры, вольтметры, авометры, осциллографы, частотометры, приборы для измерения высокочастотных полей. Замеряя параметры радиоприбора и сверяя их с данными на принципиальной схеме, регулировщик проверяет, есть ли отклонения в схеме прибора. Обнаружив их, он ищет причину неисправности, заменяя детали, или регулирует элементы схемы. На многих заводах для регулировщиков оборудованы специальные стенды, в которых установлены измерительные приборы. Регулировщик подключает регулируемый блок, например радиоприемник, и очень быстро снимает показания с различных точек исследуемой схемы, а затем по отклонениям электрических параметров находит неисправный участок схемы. Сейчас созданы уже полностью автоматизированные устройства для настройки аппаратуры, которые самостоятельно в автоматическом режиме проверяют схему и выдают информацию о неисправном блоке. В состав таких автоматизированных стендов входят микропроцессоры и даже большие ЭВМ.

Поэтому регулировщик аппаратуры на современном радиозаводе — это, как правило, человек со средним техническим или высшим образованием. Профессия эта творческая. Ни одна самая полная инструкция не может предусмотреть всех сложностей и случайностей, которые могут встретиться в процессе наладки

радиоприбора. Вот где требуются глубокие знания физических процессов, происходящих в радиосхемах, интуиция, помноженная на знание работы данного конкретного радиоустройства. Стоя у стенда настройки, мы видим, как не спеша, каскад за каскадом, проверяет регулировщик радиоаппарат. Наконец он нажимает клавишу включения, и приемник «оживает». Но на этом не заканчиваются испытания и наладка изделия, оно еще не настроено.

Радиоприбору предстоит пройти еще один этап, который на заводе считают самым ответственным, — проверку на надежность.

У входа в лабораторию климатических испытаний нас, экскурсантов, одели в полушубки и другие зимние вещи.

Условия, в которых проверяется радиоаппаратура, прямо скажем, тяжелые. Сначала прибор помещают в камеру, где температура держится на отметке минус 50°C и ниже, это соответствует условиям Арктического Севера. Затем прибор переносят в другую камеру, внутри которой термометр показывает плюс 65°C, приблизительно такая жара бывает в африканской пустыне. Эти сложные климатические испытания придуманы не зря. Трудно предугадать, в каких условиях будет работать аппаратура. Возможно, она попадет в Арктику или в Среднюю Азию, поднимется на ракете в космос или опустится на дно моря в исследовательском батискафе. Аппаратура должна безотказно работать в любых климатических условиях.

Следующие испытания радиоаппарат проходит на вибростенде. Аппаратуру трясут, имитируя ударные нагрузки. В шутку испытатели говорят: «Поехала телега по плохой дороге». Однако нагрузки, которые испытывают приборы на вибростенде, значительно больше, чем при езде по самым тряским ухабам. Эти испытания правильнее сравнить с ударными нагрузками, которые по-

лучила бы аппаратура, выброшенная с высоты пятого этажа при ударе о землю. После всех этих мытарств радиоаппарат включают и снова проверяют все технические и электрические параметры.

Читатель, наверное, догадался, что все эти испытания необходимы для того, чтобы радиоаппаратура работала исправно. Ведь радиоприемник, выпущенный, к примеру, на Рижском радиозаводе, пока доберется до дальневосточного покупателя, должен проехать тысячи километров по железной дороге, затем на автомашинах, а может быть, даже и на гужевом транспорте, испытывая тряску, перемену давления, изменение влажности. Поэтому регулировщик внимательно следит за работоспособностью аппаратуры, включает ее, снимает показания после каждого цикла. Иногда климатические испытания длятся более 30 суток. Чтобы освоить профессию регулировщика, необходимо изучить основы электрорадиотехники, устройство приборов и узлов, режимы их работы, методы настройки и регулировки. Регулировщик должен хорошо читать принципиальные и монтажные схемы, уметь пользоваться таблицами и графиками.

Современная радиоэлектроника развивается быстро, каждые 4 года создается новое поколение радиоприборов, поэтому радиорегулировщику необходимо постоянно учиться, повышать свой технический уровень.

У нас, на Урале, радиомонтажников, радиорегулировщиков, слесарей по сборке радиоэлектронной аппаратуры готовят многие ПТУ. Эти учебные заведения, построенные по индивидуальным проектам, оснащенные самой современной техникой, обеспечивают подготовку радиоспециалистов высокого класса, дают знания в объеме средней школы.

Как правило, над каждым училищем шефствует радиозавод, который оборудует учебные классы, оснащает их измерительными приборами, станками и новейшим оборудованием.

После окончания ПТУ учащимся гарантируется работа по специальности и высокая заработная плата.

Среднее звено радиоспециалистов готовят радиотехникумы. В нашей области их несколько, но особенно хорошо известны Свердловский радиотехнический техникум имени А. С. Попова и Свердловский электротехникум связи.

В этих техникумах ведется подготовка радиоспециалистов по двадцати специальностям: технологии электронной радиоаппаратуры, специалисты по ультракоротковолновой связи, по телевизионному вещанию и многим другим радиоспециальностям.

Высшее звено радиоспециалистов готовит Уральский политехнический институт имени С. М. Кирова. За 30 лет своего существования радиотехнический факультет подготовил тысячи радиоспециалистов высокого класса, многие из которых внесли весомый вклад в развитие отечественной радиотехники. Работы выпускников радиотехнического факультета УПИ имени С. М. Кирова удостоены Ленинских и Государственных премий, многие выпускники занимают командные должности на радиозаводах, в конструкторских бюро, в научно-исследовательских институтах.

Нашу экскурсию мы закончим в конструкторском бюро — мозговом центре радиозавода. Теперь, когда мы ознакомились с производством радиоаппаратуры, посмотрим, как рождаются радиоприборы, кто является их создателями. Давайте войдем в большой зал, уставленный кульманами, дисплеями, графопостроителями.

Рождению аппаратуры предшествует техническое задание. Конструктору-разработчику задают параметры радиоприбора. Допустим, что КБ получило задание спроектировать радиоприемник. В техническом задании обязательно оговаривается, на каких диапазонах, в каких климатических условиях он должен работать, будет ли он стационарным или переносным, каким должно быть

напряжение питания — от сети переменного тока или от батарей, а возможно, будет выбран вариант комбинированного питания. Какая необходима чувствительность по антенному входу? От выполнения этих требований зависит класс приемника, а значит, и его конструктивное выполнение. Как правило, с техническим заданием знакомятся все ведущие инженеры-разработчики.

В конструкторском бюро тоже имеется своя узкая специализация.

Одни конструкторы разрабатывают высокочастотные блоки, другие специализируются на создании схем усилителей звуковой частоты, третьи — на акустике. Кроме того, в ведении главного конструктора есть бюро, где царствуют художники-дизайнеры. От их искусства зависит внешний вид нашего будущего приемника, его конкурентоспособность на внешнем и внутреннем рынках, а следовательно, и популярность у покупателя.

Создание приемника ведется параллельно всеми специалистами — конструкторами бюро. Это необходимо, чтобы сократить время его выпуска. Радиоаппаратура быстро стареет и, как мы уже говорили выше, каждые четыре года рождается ее новое поколение.

Когда инженеры заканчивают разработку принципиальной схемы, начинается отработка и отладка макетного образца, который собирается на развернутых планшетах. Здесь проверяется работоспособность изделия, измеряются его электрические параметры, соответствие их техническому заданию.

Затем в работу включаются технологи. Они создают рисунок печатной платы, komponуют детали. К этому времени у дизайнеров уже готов красивый корпус. Вот и родился наш приемник. Пройдет немного времени, и он начнет свою жизнь на заводском конвейере, на котором мы с вами, дорогой читатель, уже побывали.



Глава третья, в которой читатель узнает, какой инструмент необходим радиолюбителю, как самому оборудовать рабочее место для занятий радиотехникой, как самому изготовить печатную плату

Без топора не плотник, без иглы не портной.

Пословица

Любой мастер имеет свое рабочее место: у камнереза — это камнерезный станок, у кузнеца — горн. Рабочее место радиолюбителя — радиомонтажный стол. Однако в современных малогабаритных квартирах не всегда можно выделить место для монтажного стола. Мы предлагаем вариант компактного и универсального рабочего места радиолюбителя. Это небольшая комбинированная стенка-секретер (см. цв. вклейку рис. III.1). Аналогичную конструкцию демонстрировала в Москве на Международной выставке «Технические средства в учебном процессе» югославская фирма «Словения лес». Откидывающаяся крышка секретера служит радиомонтажным столом и одновременно открывает доступ к приборам и инструментам. Секретер опирается на тумбу, в которой хранятся инструменты больших размеров, изоляционные материалы и т. д.; на полках очень удобно разместить источник питания, осциллограф, звуковой генератор, а также необходимые монтажные инструменты.

Розетки для включения приборов напряжения 220 В крепятся с внутренней стороны. Такой секретер несложно сделать самому. Его размеры приведены на чертеже III.1.

Современная радиоаппаратура отличается большой технологической сложностью. Схемы радиоприборов

включают множество элементов, а значит, все большее количество деталей радиолюбителю приходится устанавливать на радиомонтажную плату. Дефект хотя бы в одном элементе, в одной пайке делает устройство неработоспособным. Пропадает напрасно многодневный труд. И самое печальное то, что иногда радиолюбитель, разочаровавшись, бросает начатое дело из-за пустяковой неисправности. Подобных огорчений можно будет избежать, если монтаж выполнен качественно.

Поэтому радиолюбителю необходимо умение не только хорошо читать принципиальную схему прибора, но и также правильно и красиво смонтировать его. В процессе работы придется овладеть слесарными и столярными навыками. Однако для хорошего монтажа недостаточно только навыков и опыта, надо иметь еще и соответствующий инструмент. Каждому радиолюбителю приходится обзаводиться небольшой мастерской, место для которой в современной квартире ограничено, что обуславливает жесткий подход к выбору инструмента.

Монтажный инструмент

Паяльники. Основной инструмент радиолюбителя — паяльник, от него зависит качество пайки радиоаппаратуры, а следовательно, надежность конструируемого радиоустройства. Поэтому к выбору паяльника необходимо отнестись с особой тщательностью. В мастерской радиолюбителя их должно быть как минимум два. Один мощностью 40—50 Вт для пайки крупных деталей, другой — низковольтный микропаяльник мощностью не более 25 Вт. Он необходим для пайки микросхем и других мелких деталей. Такой паяльник несложно изготовить самому. Основой микропаяльника может служить арматура вышедшего из строя обычного паяльника мощностью 40 Вт (рис. III.2). От него используется ручка 1 со стальной втулкой 2, слюдяная прокладка, шнур со штеп-

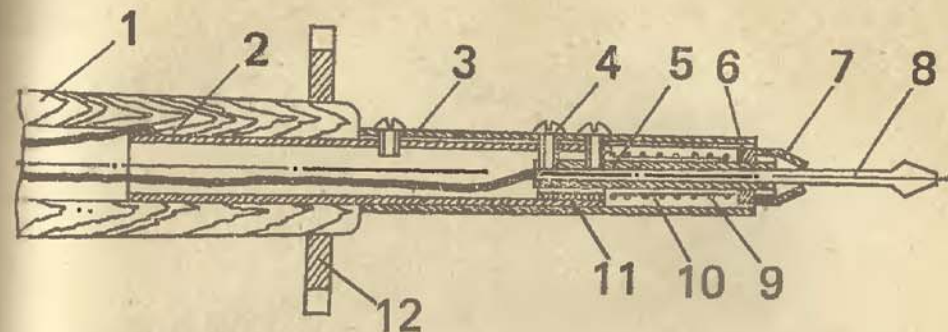


Рис. III. 2. Микропаяльник

сельной вилкой, провода, соединяющие шнур с нагревателем и асбестовая нить. Втулку 2 укорачивают до 35 мм (отсчет ведется от ручки паяльника). Во втулке просверливают три отверстия под резьбу М3.

Сборку паяльника производят в следующем порядке. Жало паяльника 8 — отрезок медной проволоки диаметром 3 мм и длиной 70 мм — плотно вставляют в медную трубку 5, на передней части которой тугон посадкой закрепляют втулку 6 из меди или латуни. На выступ этой втулки диаметром 5 мм напрессовывают трубку 7, вырезанную из пустого латуниного баллона шариковой авторучки. Затем трубку 5 обертывают двумя слоями слюды 10 шириной 25 мм и сверху надевают нагреватель — спираль от электроплитки из нихромового провода диаметром 0,4 мм длиной 20 см. Сопротивление спирали должно быть 1,3—1,5 Ом.

Один конец спирали, расположенный ближе к жалу, прикрепляют хомутиком или несколькими витками медной проволоки диаметром 0,6 мм к трубке 5. Второй конец спирали через переходной провод, обмотанный асбестовой нитью, соединяют с проводом сетевого шнура, а другой конец шнура — с втулкой 2.

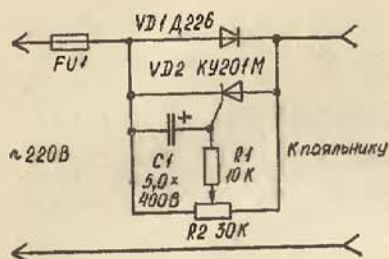


Рис. III. 3. Принципиальная схема тиристорного регулятора напряжения для паяльника

из текстолита. Вот паяльник и готов к работе. Конструкция его очень проста и доступна для изготовления любому начинающему радиолюбителю.

Пайка получится качественная и красивая, если температура жала паяльника будет оптимальной для данного вида пайки. Перегрев выводов микросхемы или транзистора выводит их из строя. Поэтому температуру нагрева жала сетевого паяльника необходимо регулировать с помощью автотрансформатора или, что гораздо лучше, используя тиристорный регулятор напряжения, встроенный в монтажный стол. Такой регулятор несложно сделать самому. Схема его приведена на рис. III.3. Это однополупериодный регулятор на тиристоре (иногда его называют трипистор) КУ-201М.

Можно использовать и другой тиристор. Важно, чтобы он был рассчитан на работу не менее 250 В, то есть его обратное напряжение должно быть не менее 300—500 В. Работает он следующим образом: в один полупериод ток проходит через диод 1, в другой — через тиристор 2. Изменяя сопротивление тиристора (изменением напряжения на его управляющем электроде) с помощью переменного резистора 2, мы управляем моментом от-

После этого втулку 6 запрессовывают в корпус 3 так, чтобы нагреватель оказался внутри корпуса. Затем надевают корпус 3 и втулку 2 и закрепляют части паяльника двумя винтами 4.

Чтобы трубка 5 не прогибалась, под нее подкладывают опорную прокладку II.

Чтобы не делать специальной подставки под паяльник, на ручку I напрессовывают опорную фигурную втулку 12

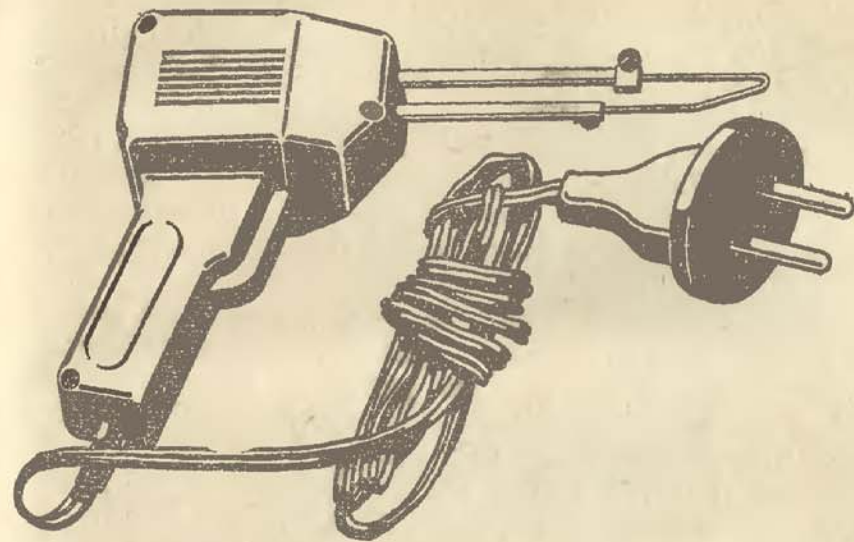


Рис. III. 4. Паяльник-пистолет

крывания тиристора, а следовательно, и мощностью паяльника. Если движок потенциометра 2 находится в крайнем правом положении (по схеме), тиристор будет полностью открыт, и к паяльнику будет подводиться напряжение сети. Если движок потенциометра установить в крайнее левое (по схеме) положение, тиристор будет заперт (закрыт) и все напряжение будет проходить через диод 1 (то есть на паяльник будет подаваться период, равный половине мощности).

Налаживание регулятора несложно и состоит в том, чтобы подобрать ток управляющего электрода, обеспечивающий надежное открывание тиристора при среднем (по схеме) положении движка переменного резистора R2.

Регулятор напряжения паяльника может быть смонтирован в пластмассовой коробочке размером 100×

×100 мм. На верхней крышке крепится переменный резистор R_2 , на боковой стенке — гнезда для включения паяльника. Сетевой шнур желательно сделать из резинового провода марки КРПТ 2×0,75.

И еще один паяльник ЭМСИ 65/220. Это одна из лучших конструкций электропаяльника для радиолюбителей. Пластмассовый корпус выполнен в форме пистолета и состоит из двух полуформ, соединенных при помощи винтов (рис. III.4).

Прибор снабжен электрической лампочкой, которая зажигается при нажатии курка. Лампочка служит для подсветки места пайки при работе в затемненных местах. Рабочая температура паяльника 500°C. За 3 секунды паяльник нагревается до 300°C. Весит 750 г. Выпускает его энергозавод в городе Донецке.

Флюсы, припой, способы пайки. Флюсы необходимы для удаления оксидов и очистки загрязненных поверхностей. Также в процессе пайки они защищают от окисления поверхность нагреваемого металла и припоя. Попадая в припой, флюсы увеличивают его растекаемость, что улучшает качество пайки. Флюс выбирают в зависимости от того, какой металл паяется. Остатки флюса необходимо удалять сразу после пайки, так как они загрязняют места соединений и являются очагами коррозии.

По действию, оказываемому на спаиваемый металл, флюсы можно разделить на активные (кислотные), бескислотные, активированные и антикоррозийные.

Активные флюсы интенсивно растворяют оксидные пленки на поверхности металла, что обеспечивает высокую механическую прочность соединения. Такие флюсы используются только в том случае, когда можно полностью удалить их остатки с поверхности соединения и основного металла. При пайке монтажа радиоаппаратуры активные флюсы применять нельзя.

Бескислотные флюсы изготавливаются на основе кани-

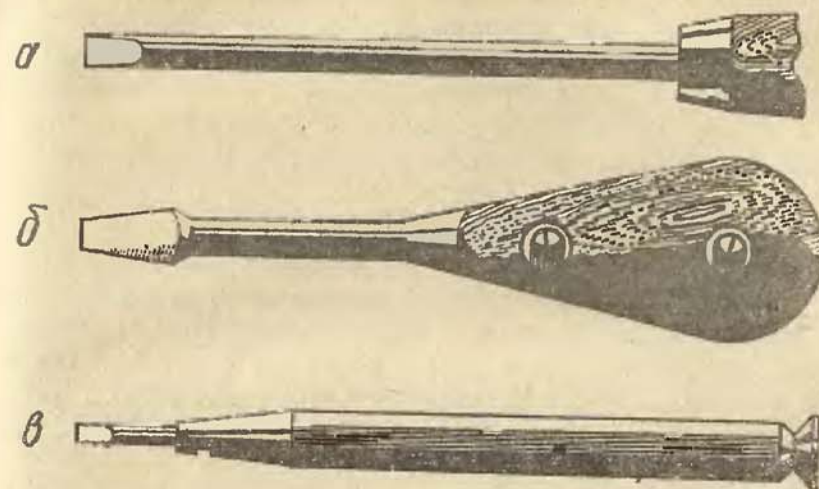


Рис. III. 5. Отвертки

фоли, которая при пайке очищает поверхность от оксидов и предохраняет ее от окисления. Эти флюсы широко используются при пайке радиотехнических устройств.

Активированные флюсы изготавливают на основе канифоли с добавлением активизаторов. Флюсы применяют для соединения металлов и сплавов, плохо поддающихся пайке, а также сильно загрязненных поверхностей.

Антикоррозийные флюсы не вызывают коррозии после пайки.

Для хорошей пайки радиолюбителям можно рекомендовать бескислотный флюс, состоящий из 20 частей светлой канифоли, растворенных в 80 частях спирта.

Более подготовленным радиолюбителям, работающим с микросхемами, можно рекомендовать активированный флюс ЛТИ-120, состоящий из спирта этилового 73—74 части, канифоли 20—25 части, диэтиламина солянокислого (ВТУ-326—52) 3—5 части, триэтиламина 1—2 части.

Припой. По температуре плавления припой подразделяются на мягкие и твердые. Мягкие, с температурой плавления не выше 400°C , дают невысокую прочность соединения. Твердые припои имеют температуру плавления выше 500°C и обеспечивают высокую механическую прочность спая. К ним относятся медно-цинковые (ПМЦ) и серебряные (ПСР).

В радиолюбительской практике в основном паяют мягкими припоями типа ПОС. Цифры, стоящие после этих букв, указывают процент содержания олова в припое. Например ПОС-60 расшифровывается как припой оловянно-сурьмянистый. Содержит 59—61 % олова, 0,8 % сурьмы, 39—42 % свинца. Очень хороший припой ПОСВ-33, имеющий температуру плавления 130°C . Он используется для пайки микросхем.

Отвертка — один из основных инструментов радиолюбителя. Иметь их нужно несколько. Наиболее часто приходится пользоваться длинной отверткой с шириной заточенного конца 5 мм. Заточка должна позволять концу отвертки входить в шлиц любого винта или шурупа. Длина отвертки (не считая ручки) может быть различной — от 50 до 400 мм (рис. III.5а). При монтаже аппаратуры необходимы отвертки различной длины. Работа облегчается, если отвертка намагничена: с ее помощью можно подносить железные винты в труднодоступные места схемы, куда нельзя добраться рукой, и где поэтому их завертывание затруднено.

Но необходимо помнить, что работать намагниченной отверткой нельзя, если в аппаратуре имеются приборы и детали, чувствительные к внешним магнитным полям. Намагниченная отвертка вносит дополнительное намагничивание, которое приводит к нарушению работы прибора. Например, при регулировке записывающей или воспроизводящей головок магнитофона работа с магнитной отверткой вносит магнитные искажения, которые нарушают работу магнитных головок.

В обычных условиях монтажа пользоваться излишне длинной отверткой неудобно, поэтому следует иметь еще и отвертку с заточкой конца такой же ширины, но более короткую, длиной около 100 мм.

Для отвертывания шурупов с большой головкой, туго затянутых шурупов и винтов надо иметь более сильную отвертку с заточкой конца шириной около 8 мм (рис. III.5б). Для мелких работ требуется часовая отвертка со сменными лезвиями шириной 1—2 и 3—4 мм (рис. III.5в).

Отвертки приведенных размеров составляют минимальный набор, необходимый радиолюбителю для работы.

Следует запомнить, какие отвертки являются электроопасными и не должны применяться там, где может оказаться напряжение. Это отвертки проволочные (ГОСТ 5423—54), отвертки с металлической пяткой (ГОСТ 5423—54), отвертки с деревянными щечками (ГОСТ 5423—54). Коснувшись такой отверткой токоведущего провода, радиолюбитель может получить удар током.

Пинцеты. К монтажным инструментам, которыми приходится пользоваться постоянно, относятся пинцеты. Хорошо иметь несколько пинцетов разной формы. На рис. III.6 изображены пинцеты трех наиболее часто встречающихся форм. Если же вам придется ограничиться одним пинцетом, следует остановить выбор на прямом пинцете с округлыми губками длиной 125 мм (рис. III.6а) как наиболее универсальном.

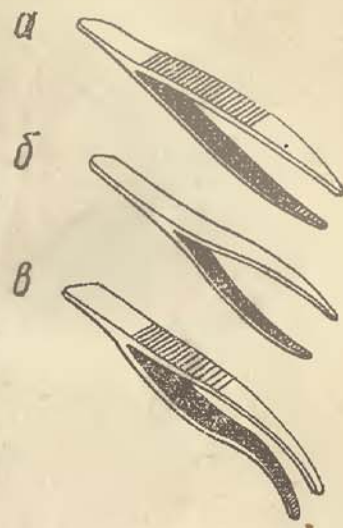


Рис. III. 6. Пинцеты

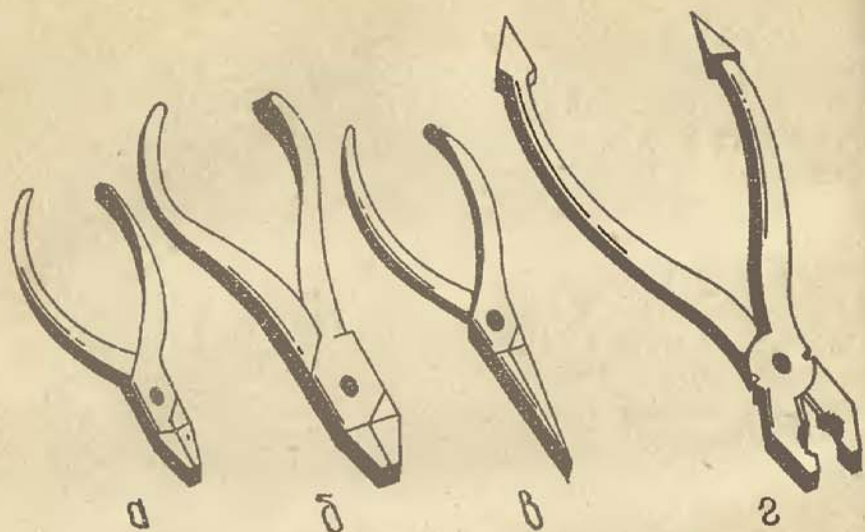


Рис. III. 7. Плоскогубцы

Нож. Хороший прочный нож применяется для очистки проводов от изоляции, резки картона, бумаги и пр. Для радиолюбительских работ вполне подойдет сапожный нож с лезвием длиной 50—60 мм.

Хорошо, если в мастерской радиолюбителя помимо сапожного ножа будет и скальпель, который можно использовать для зачистки тонких проводов, контактных выводов микросхем и других мелких монтажных работ.

Плоскогубцы принадлежат к числу наиболее универсальных и необходимых радиолюбителю инструментов. Они применяются для отвертывания и заворачивания гаек, выгибания и выпрямления проводов, удержания в нужном положении различных деталей при их обработке и для множества других работ и операций. Из существующих многочисленных разновидностей плоскогубцев для радиоработ наиболее подходят следующие:

небольшие плоскогубцы с шириной губок около 6 мм и толщиной их у конца около 1—1,5 мм (рис. III.7а).

Они удобны для большинства мелких работ и монтажа; несколько усиленные плоскогубцы с губками шириной 6—10 мм и толщиной губок у конца 2—3 мм (рис. III.7б). Эти плоскогубцы применяются для отвертывания туго затянутых гаек, выгибания и выпрямления толстых проводов и других работ, сопряженных с большими усилиями;

небольшие плоскогубцы с удлиненными тонкими и узкими губками (рис. III.7в), часто называемые «утиным носом» или «утконосами». Ширина их губок не должна быть больше 3—4 мм при толщине около 1 мм. Подобными плоскогубцами приходится пользоваться тогда, когда гайка, болт или какая-нибудь другая деталь находится в узком углублении или в очень близком соседстве с другими деталями на монтажной плате или шасси, вследствие чего нельзя применять обычные плоскогубцы. При работе «утиным носом» надо учитывать, что эти плоскогубцы очень слабые, туго завернутые гайки отвертывать ими нельзя, иначе губки будут погнуты.

К плоскогубцам относятся и монтерские пассатижи (рис. III.7г) — сильные плоскогубцы длиной 150, 200, 250 мм, снабженные боковыми режущими устройствами для перекусывания гвоздей и толстой проволоки диаметром до 2 мм, а также рифленным захватом для отвертывания больших гаек и кусачками типа «бокоре́зы». Для радиомонтажных работ наиболее подходят пассатижи длиной 150 мм.

Круглогубцы при монтаже аппаратуры применяются, когда приходится выгибать из проволоки кольца и петли. Они выпускаются четырех типоразмеров: 125, 150, 175, 200 мм. Так как радиолюбителю приходится иметь дело с проводами разной толщины и выгибать петли различного диаметра, следует иметь круглогубцы по крайней мере двух размеров с губками диаметром у конца 1 мм и 2,5 мм (рис. III.8а, б) и длиной 125 и 175 мм.

Острогубцы (кусачки) используются для откусыва-

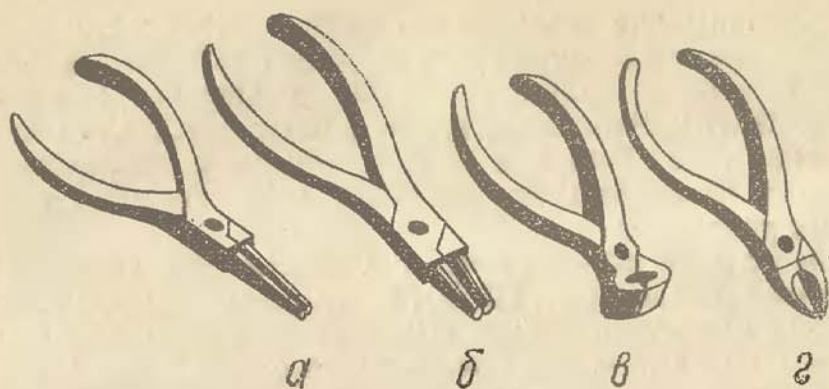


Рис. III. 8. Круглогубцы, острогубцы, бокорезы

ния медной и стальной проволоки диаметром до 2 мм. Острогубцы обычного типа, показанные на рис. III.8в, выпускаются также четырех типоразмеров: 125, 150, 175, 200 мм. Для радиолюбителя наиболее подходящими являются острогубцы длиной 125 мм.

Бокорезы — разновидность кусачек, или кусачки боковые (рис. III.8г). Применяются радиолюбителями для перекусывания провода в труднодоступных местах. Они выпускаются длиной 100 и 150 мм и снабжены проводочными предохранителями для защиты глаз от летящих кусочков проволоки. При монтаже приходится пользоваться кусачками обоих типов. Наиболее удобны кусачки длиной около 150 мм.

Опытные радиолюбители имеют в своем арсенале и большие бокорезы, длиной 240 мм, которые продаются в магазинах «Медтехника» под названием реберные кусачки. Они изготовлены из очень хорошей стали и снабжены плоскими пружинами для разжимания. Ими можно кусать стальную проволоку до 3 мм, а медную до 5 мм.

При покупке бокорезов, плоскогубцев, круглогубцев и кусачек следует обращать внимание на то, чтобы их

половины не были расшатаны в шарнире. Очень неудобно работать инструментом, который разжимается с трудом. Плоскогубцы, круглогубцы и кусачки должны без усилия сжиматься и разжиматься пальцами одной руки. Следует убедиться также в том, что ход у покупаемого инструмента от начала до конца одинаково плавный, без заеданий или ослаблений в отдельных местах.

Необходимо, чтобы ручки у бокорезов и кусачек были снабжены изоляцией, предохраняющей от поражения электрическим током.

Слесарный инструмент

Дрели. Рано или поздно радиолюбитель обзаводится электрической дрелью. Для радиомонтажных работ очень удобна небольшая электродрель пистолетного типа марки И-90. Напряжение питания 220 В, потребляемая мощность 210 Вт. Наибольший диаметр зажимаемого сверла 8 мм.

Инструмент этот относительно дорогой, и начинающему радиолюбителю на первых порах не следует торопиться с его покупкой.

Есть много видов монтажных работ, при которых очень удобно работать небольшой ручной дрелью. Хотя она значительно уступает электрической по производительности труда, однако радиолюбителю, особенно начинающему, не следует ею пренебрегать. Такая дрель изображена на рис. III.9. Длина ее от конца патрона до конца ручки 300—350 мм. Патрон дрели позволяет обычно зажимать сверла диаметром 6—7 мм, что достаточно для основной части работ, но сверла большого диаметра закрепить невозможно. Зато маленькой легкой дрелью можно с одинаковым успехом пользоваться в любом удобном месте.

При выборе дрели основное внимание обращайте на три обстоятельства. Первое — легкость хода, равномер-



Рис. III. 9. Ручная дрель

ное, без усилий, вращение дрели. Второе — хорошая работа патрона, патрон должен быть пружинным, его зажимные секторы при разворачивании расходятся без застревания и сходятся полностью, без просвета в центре, иначе в дрель нельзя будет зажать тонкие сверла. Третье — дрель не должна «бить». Правильно зажатое в патрон сверло вращается вокруг своей оси, не описывая в пространстве конуса, в противном случае дрелью трудно пользоваться, а тонкие сверла будут часто ломаться.

Дрель должна быть снабжена запасом сверл различных диаметров, начиная примерно от 0,5—0,75 мм и кончая наибольшим, какое может быть зажато в патрон. Чем шире будет набор сверл, тем легче будет работать радиолюбителю. Кроме того, надо иметь несколько сверл большего диаметра,

например 8 и 10 мм, которые используются для раззенковки и увеличения просверленных отверстий. Для таких работ сверла большого диаметра зажимаются в ручные тисочки.

Молотки. В радиолюбительской практике можно обойтись молотками двух типов: обычным слесарным (рис. III.10б) весом около 400—500 г и легким часовым (рис. III.10а), который весит около 75 г.

Шило. Для прокалывания отверстий малого диаметра нужно иметь тонкое и сравнительно длинное шило толщиной около 2 мм и длиной около 150 мм. При от-

сутствии в продаже их можно сделать самим: тонкие — из велосипедных спиц, толстые — из старых круглых напильников, соответственно заточенных (рис. III.11).

Ножницы нужны для резки листов металла, картона, кембрика, изоляционных трубок и пр. Достаточно иметь обычные прямые медицинские ножницы длиной 150—200 мм и ножницы по металлу (рис. III.12а). Использовать их следует только по прямому назначению, в частности, прямыми ножницами нельзя резать листовую металл и провода, потому что это приводит к их быстрой порче. Очень хорошо использовать для резки проволоки медицинские ножницы, которые применяются в хирургической практике (рис. III.12б).

Киянка. Обработка листового металла, и в частности его выпрямление, производится при помощи деревянных молотков — киянок. Один торец у нее обычно плоский, второй — слегка закругленный (рис. III.13). Вес киянки должен быть 100—150 граммов.

Во избежание травмы перед началом работы нужно проверить, надежно ли насажена киянка на ручку.

Напильники — один из необходимых слесарных инструмен-

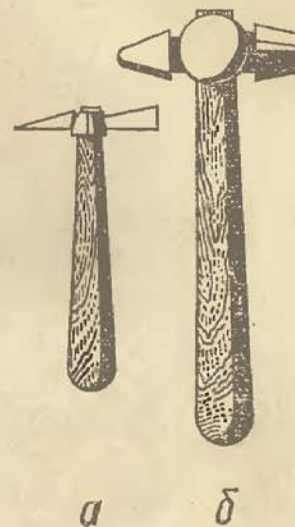


Рис. III. 10. Молотки



Рис. III. 11. Шило

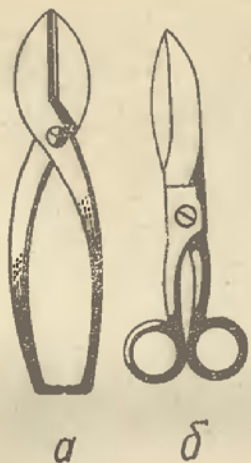


Рис. III. 12. Пliers

тов. Их различают по форме, длине и типу насечки. В зависимости от насечки они разделяются на драчевые (крупная насечка), личные (мелкая насечка) и бархатные (очень мелкая насечка).

По форме поперечного сечения напильники бывают прямоугольные, плоские, квадратные, треугольные, круглые, полукруглые. Реже встречаются напильники с овальным или ромбическим сечением. По величине напильники весьма разнообразны, условно их можно разделить на три группы с длиной режущей части 100, 200, 300 мм.

При разнообразных радиолюбительских работах требуются напильники различных видов, в первую очередь — малых и средних размеров, длиной 100—200 мм. Можно рекомендовать такой минимальный набор: личные напильники — прямоугольный, плоский, треугольный и круглый или полукруглый. Чем шире набор напильников, тем легче будет работать. Все имеющиеся в мастерской напильники следует снабдить деревянными ручками.

Надфили. Кроме напильников надо обзавестись надфилями-напильниками небольших размеров, предназначенными для тонких работ. Надфили выпускаются без специальных ручек, для их закрепления у радиолюбителя должна быть одна ручка



Рис. III. 13. Киянка

с цанговым зажимом. Надфили, как и напильники, надо иметь различной формы: плоские, круглые и трехгранные и, по крайней мере, двух величин.

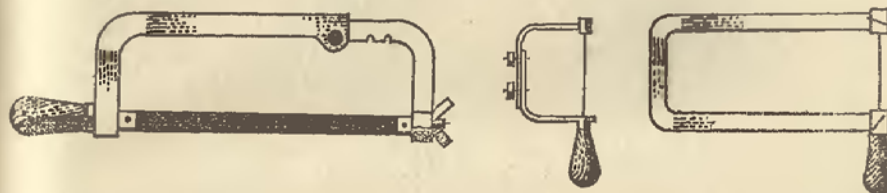


Рис. III. 14. Ножовка

Рис. III. 15. Лобзик часовой

Рис. III. 16. Лобзик обычного типа

Мелкие частицы обрабатываемого материала, забиваясь в бороздки насечки напильника, делают его тупым. Напильники, как говорят в таких случаях, «засаливаются» и перестают снимать стружку, скользя по поверхности обрабатываемого материала. Такие напильники надо чистить, для чего применяют специальную щетку из тонких стальных проволочек — кардощетку. Она пригодится не только для чистки напильников, но и для других целей, например для очистки металлов от краски, окислов и т. п.

В ряде случаев при обработке твердых изоляционных материалов, дерева и др., кроме напильников, требуется еще и рашпиль-напильник с очень крупной насечкой. Им лучше всего производить обработку материалов перед склеиванием.

Ножовка и лобзик. Для резки металла, изолирующих материалов, дерева, а также для выпилочных работ

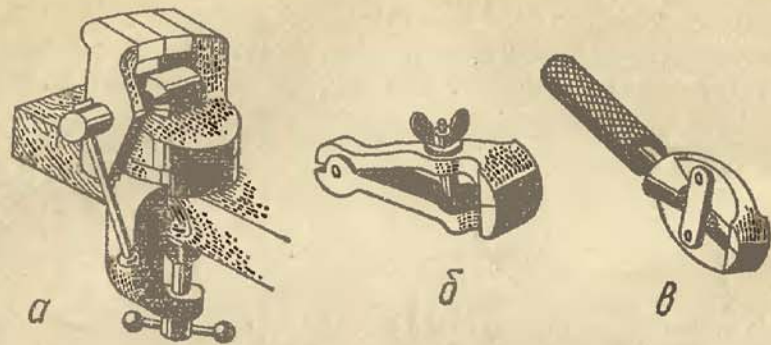


Рис. III. 17. Тисы

надо иметь в мастерской лобзика и ножовку. Лучше иметь два лобзика: обычного типа, показанный на рис. III.14, и часовой (рис. III.15). Последний очень удобен для всевозможных мелких работ по дереву и металлу. Лобзик первого типа более универсальный, допускающий выпиливание на довольно большом расстоянии от края панели.

Ножовку следует приобрести слесарного типа (рис. III.16).

Тиски — весьма важный предмет оборудования мастерской радиолюбителя. Многие детали приходится делать заново, некоторые подгонять, переделывать; часто также требуется приспособлять крепежный материал и т. д. Для всех этих работ тиски необходимы.

Наиболее универсальны настольные параллельные тиски небольшого размера с губками шириной примерно 40—60 мм (рис. III.17а). Удобно иметь съемные тиски, которые крепятся к столу зажимным винтом и легко снимаются, когда надобность в них миновала.

Столь же необходимы и ручные тисочки, показанные на рис. III.17б, имеющие губки шириной не более 40 мм. Ручные тисочки находят самое разнообразное применение,

в частности ими приходится пользоваться для увеличения диаметра отверстий при помощи разверток и сверл больших размеров, которые не могут быть зажаты в дрель. При приобретении тисков надо обращать внимание на то, чтобы их губки были строго параллельны и сходились сразу по всей длине без зазоров и просветов. Для предохранения губок тисков от вмятин и царапин полезно накладывать на них защитные угольнички, вырезанные из алюминия или другого мягкого листового металла толщиной 1—1,5 мм. Особенно необходимы такие угольнички при обработке зажатых в тиски деталей напильниками, так как при работе напильником легко повредить губки тисков. Желательно также иметь в мастерской небольшие, так называемые часовые ручные тисочки (рис. III.17в). Для мелких работ они значительно удобнее обычных ручных тисочков.

При всевозможных работах по склеиванию, часто встречающихся в радиолюбительской практике, вам обязательно понадобятся струбцины. Наиболее распространены струбцины металлические (рис. III.18а), но они могут быть и деревянными (рис. III.18б).

Перечисленные слесарные инструменты относятся к числу основных, которыми приходится пользоваться наиболее часто. Другие слесарные инструменты можно назвать второстепенными, так как они применяются значительно реже.

Для некоторых работ, например для вырубания отверстий в шасси, изготовления креплений и самодельных деталей, может понадобиться зубило небольших размеров, с шириной режущей части от 10 до 15 мм.

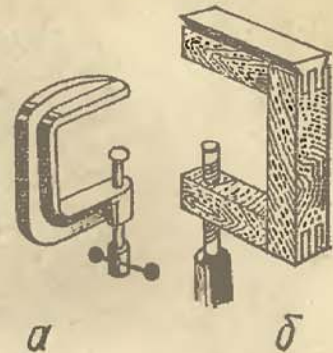


Рис. III.18. Струбцины



Рис. III. 19. Керн
и «чертилка»



Рис. III. 20.
Бородок

Иногда для нарезки болтов и гаек приходится пользоваться метчиками и плашками. Следует иметь набор тех и других на диаметры примерно от 1 до 8 мм.

Сверление отверстий в металле или твердой пластмассе представляет некоторые трудности из-за скольжения сверла. Сверло при начале просверливания очень часто смещается с той точки, на которую оно было установлено, вследствие чего отверстие получается не там, где надо. Чтобы этого не произошло, необходимо в месте отверстия сделать небольшую ямку. В дереве такая ямка делается шилом, а для металла надо иметь керн (рис. III.19а). Керн устанавливают перпендикулярно поверхности так, чтобы его острие совпало с центром нужного отверстия, а затем ударяют по обушке керна молотком. В результате на поверхности металла появится ямка, в которую и помещается конец сверла.

Расчерчивают металлическую поверхность «чертилкой» (рис. III.19б). «Чертилки» трудно найти в продаже, их обычно делают из старых надфилей, затачивая один из концов. Она должна быть очень острой и твердой, чтобы царапать любой металл. При заточке сталь обычно несколько отпускается, поэтому, заточив конец изготовленной «чертилки», надо его закалить. С этой целью конец «чертилки» нагревают до красного каления и затем опускают в воду или масло.

Бородок. Для пробивания в листовом металле дыр применяют бородок

(рис. III.20). Бородки бывают разных диаметров. При радиолюбительских работах чаще всего требуются бородки диаметром около 3 мм. Металлическую деталь, в которой надо пробить отверстие, кладут на толстую деревянную доску или на тиски с губками, раздвинутыми настолько, чтобы в пространство между ними свободно прошел бородок после того, как пробьет металл. Однако это пространство не должно быть излишне широким, иначе деталь при ударе будет проминаться. Отверстие пробивают сильным ударом молотка по обушке бородка. С помощью бородка можно пробивать отверстия в листовом железе толщиной до 1 мм, в более толстых листах других мягких металлов отверстия можно пробивать до 3 мм.

Развертка. Радиолюбителю трудно подобрать такой набор сверл, который дал бы возможность просверлить отверстия всех нужных по ходу работы диаметров. Поэтому следует приобрести хорошую развертку, лучше всего коническую (рис. III.21), тонкую на конце и постепенно утолщающуюся к основанию. С помощью подобной развертки можно легко расширить отверстие до 12—14 мм, что вполне достаточно для радиомонтажных работ.

Для обработки металла нужна наковальня. В этом качестве радиолюбитель может использовать кусок круглого металла или рельса диаметром около 50—60 мм. Очень хорошо также иметь небольшую ровную металлическую плиту для выправления и гартовки листового материала.

Для правки металла применяется киянка. Если неровный металл выправлять стальным молотком, то на



Рис. III. 21.
Развертка

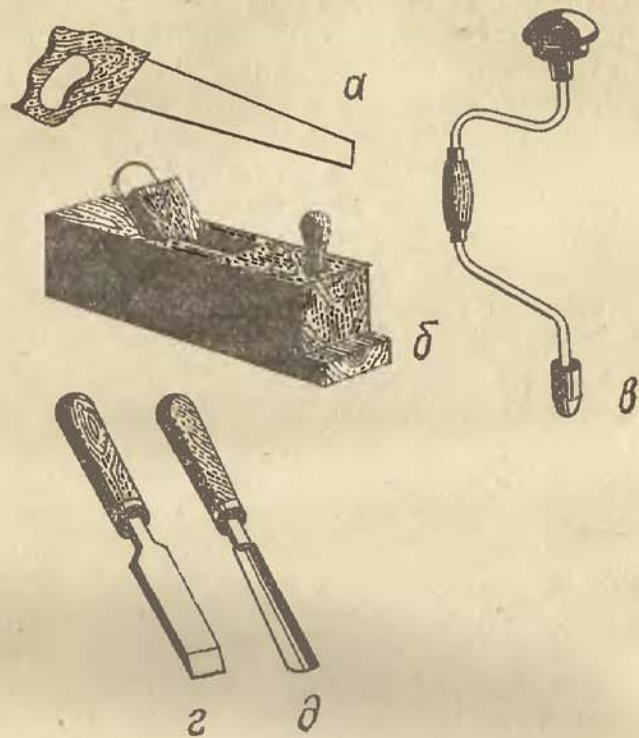


Рис. III. 22. Столярный инструмент

нем останутся вмятины. Удары киянки не оставляют никаких следов даже на таком мягком материале, как алюминий.

Столярный инструмент

Радиолюбители часто стараются не обзаводиться столярным инструментом, а когда им приходится сталкиваться с необходимостью обработки дерева, применя-

ют слесарный инструмент, что ухудшает качество обработки и отнимает много времени.

Каждый радиолюбитель должен иметь небольшое количество основных столярных инструментов. Они стоят недорого, зато намного облегчают и улучшают работу по конструированию аппаратуры.

К необходимым столярным инструментам в первую очередь относится ножовочная пила (рис. III.22а). Длина такой ножовки обычно 400—500 мм, а ширина полотна около ручки — 30—40 мм. При такой ширине полотна ножовки распиливать можно точно по прямой, а если нужно, выполнить и фигурный вырез. Такая ножовка в известной мере универсальна.

Очень нужным инструментом является рубанок (рис. III.22б). Лучше всего приобрести рубанок с двойной железкой, позволяющий чисто обрабатывать поверхность дерева.

Коловорот. Для сверления в дереве отверстий большого диаметра нужен коловорот (рис. III.22в) с набором перок (сверло по дереву) разной величины, примерно от 8 до 32 мм. Отверстия меньшего диаметра будут просверливаться дрелью.

Стамески. Прodelывать в дереве отверстия некруглой формы приходится с помощью стамесок. Вполне достаточно иметь в мастерской две стамески: плоскую с лезвием шириной 10—12 мм и полукруглую. Эти стамески показаны на рис. III.22г, д.

Без других столярных инструментов на первых порах можно обойтись.

Измерительный инструмент

Производить монтажные работы без мерительного инструмента нельзя. Все работы по монтажу радиоаппаратуры сопряжены с точными измерениями обрабатываемых и монтируемых материалов и деталей.

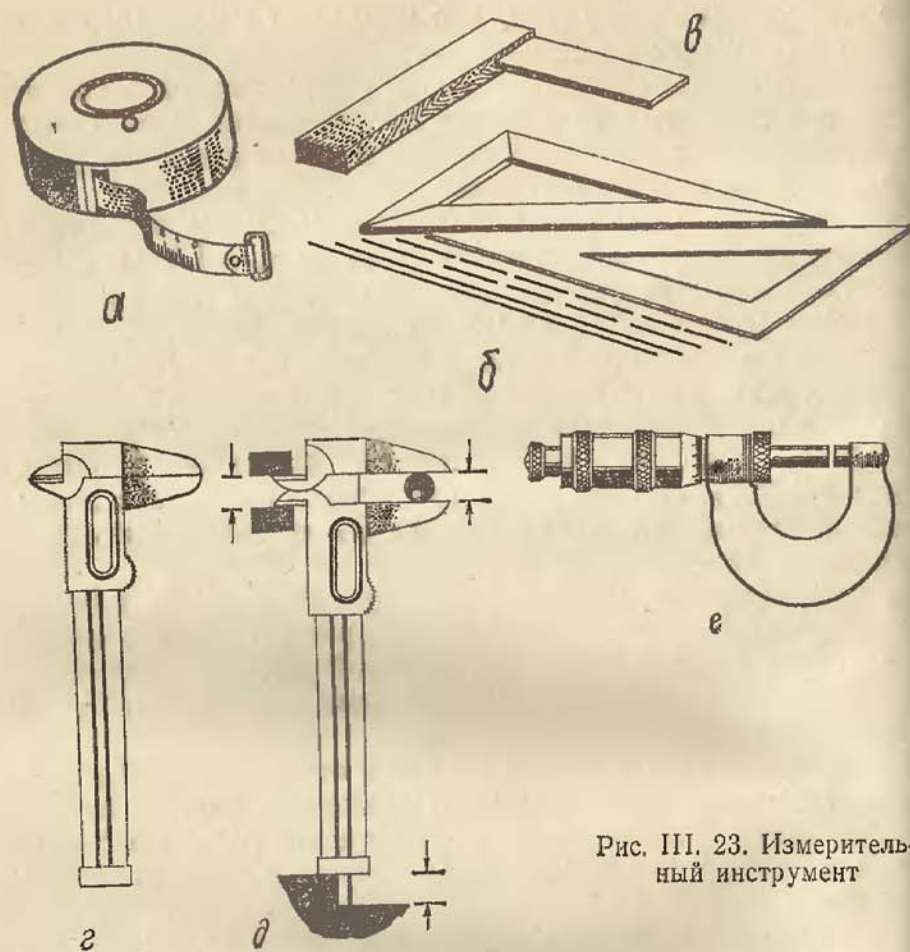


Рис. III. 23. Измерительный инструмент

Любое, самое маленькое отверстие должно быть просверлено именно там, где ему полагается быть и именно нужного диаметра, что может быть обеспечено только при использовании соответствующего измерительного инструмента. Особую точность нужно соблюдать при установке на плату микросхем.

Линейка — наиболее простой и совершенно необходи-

мый инструмент. Самыми удобными для работы являются металлические линейки с сантиметровыми и миллиметровыми делениями. Стальные линейки подобного типа обычно бывают длиной до метра. Они применяются для разметок плат, шасси, ящиков и пр. Кроме такой негнущейся стальной линейки следует иметь гибкую стальную линейку-рулетку (рис. III.23а). Рулетки применяются для измерений поверхностей окружности каркаса и в других подобных случаях.

Угольники. Для разметочных работ кроме линейки нужны угольники чертежного типа, снабженные миллиметровыми делениями. Рекомендуется иметь алюминиевые или пластмассовые угольники, так как деревянные очень ломки. Для удобства работы следует применять два угольника: с длиной наибольшего катета 250 и 150 мм. Их можно использовать при проведении параллельных линий. Для этого угольники складываются так, как показано на рис. III.23б.

Если нижний угольник будет неподвижен, а верхний передвигать так, чтобы его гипотенуза скользила по гипотенузе нижнего, то верхний катет передвигаемого угольника будет перемещаться параллельно.

Помимо двух угольников чертежного типа следует иметь столярный угольник, внешний вид которого показан на рис. III.23в. Без такого угольника трудно обеспечить правильную форму шасси и других самодельных конструкций.

Циркуль чертежного типа дает возможность описывать окружности радиусом до 200 мм. Циркуль должен иметь две насадки: карандашную и с прочным острием для очерчивания окружности на металле. Для того чтобы ножка циркуля, устанавливаемая в центре окружности на металле, не скользила, для нее надо выкернить небольшую ямку.

Штангенциркуль. К универсальным и необходимым измерительным инструментам относится штангенциркуль,

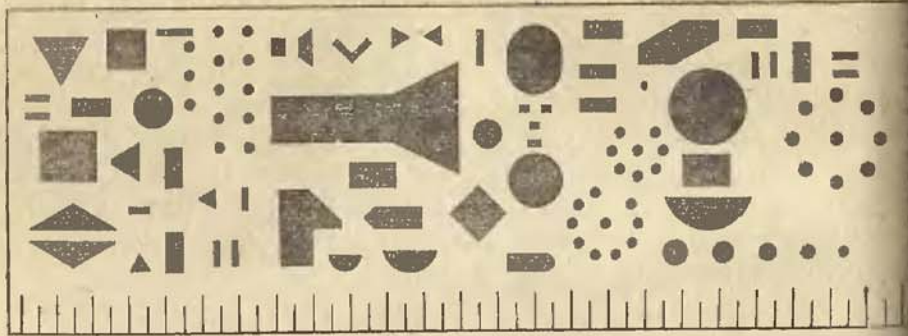


Рис. III. 24. Линейка-трафарет

или, как его чаще сокращенно называют, штангель (рис. III.23г). Им можно пользоваться для измерения длины, внутреннего и наружного диаметра и глубины. Различные случаи применения штангеля показаны на рис. III.23д. Хороший штангель позволяет производить все измерения с достаточной точностью.

Микрометр. Очень точные измерения (с точностью до сотых долей миллиметра) наружного диаметра и толщины в пределах до 20 мм можно получить, применяя микрометр (рис. III.23е). В радиолюбительской мастерской полезно иметь небольшой микрометр (до 10 мм).

При отсутствии микрометра или штангеля для приблизительного определения диаметра проводов можно рекомендовать следующий способ: очищенный от изоляции провод плотно, виток к витку, намотать на участок карандаша или отвертки длиной 10 мм. Результат деления длины намотки на число ее витков даст искомый диаметр провода.

Линейка-трафарет. С радиолюбительской конструкторской работой неразрывно связано составление и вычерчивание схем. Делать это надо аккуратно. В небрежно начерченной схеме трудно разобраться и, кроме того,

легко может быть допущена ошибка. При вычерчивании схем очень полезны так называемые линейки-трафареты (рис. III.24). Они помогают чертить эти схемы красиво и аккуратно. На такой линейке (их существует несколько разновидностей) всегда можно найти вырезы, подходящие для изображения конденсатора, сопротивления, антенны, транзистора и пр.

Вот тот краткий перечень инструментов, который необходим радиолюбителю. В этот перечень не вошли торцевые ключи, резак по пластмассе, другие приспособления, которые появятся у него по мере накопления опыта. Мастерская радиолюбителя на протяжении всей его творческой работы будет пополняться и обновляться.

Но необходимо твердо помнить, что весь инструмент нужно содержать в исправности и бережно хранить. Никогда не работайте тупым неисправным инструментом. Хороший прибор нельзя создать плохим инструментом.

Печатная плата

Для любого начинающего радиолюбителя лучшим способом создания хорошо работающего радиолюбительского прибора, будь то приемник, усилитель звуковой частоты, светомузыкальный инструмент или какое-либо другое устройство, является предварительная сборка его на макетной плате.

На первых порах макетную печатную плату проще всего сделать так. На бумагу перечерчивают принципиальную схему и наклеивают на кусок твердого картона. Залуженный медный провод прокладывают по линиям, обозначающим на принципиальной схеме проводники. Радиоэлементы устанавливают в том месте, где они обозначены на принципиальной схеме.

Необходимо запомнить одно неперемutable правило

работы: все детали, которые будут установлены на макетную плату, должны быть вами проверены прибором, даже совершенно новые. Этому правилу вы должны неукоснительно следовать во время всей вашей радиолюбительской практики. Отступление от него очень часто приводит к печальным последствиям — схема оказывается неработоспособной не по вине радиолюбителя, а из-за заводского брака. Полученный таким образом работающий макет очень удобен для настройки. Любой резистор, любой конденсатор может быть быстро заменен, на макете легко замерять режимы схемы, в любой ее точке есть свободный доступ. Но вот схема заработала, конструктор тщательно замерил ее параметры и остался доволен результатом.

Наступает следующий этап работы. Устройство нужно поместить в корпус, а для этого наша развертка — так называют радиолюбители макет — не годится. Ее нужно перенести на печатную плату, а только потом уже поместить в корпус. Зачастую тут и начинаются трудности. Многие радиолюбительские журналы и пособия для начинающих печатают не только принципиальную схему, но и чертеж печатной платы. Зачастую радиолюбитель, слепо копируя автора, пытается втиснуть в этот чертеж детали, стоящие на макетной плате. Как правило, такая задача оказывается непосильной, потому что на макетной плате радиолюбителя может стоять другой тип конденсатора или резистора. Бывает также, что печатную плату необходимо установить в корпус другого размера. Поэтому очень важно самому научиться конструировать печатную плату.

Но сначала несколько слов о том, как родилась идея создать печатный монтаж. Радиоустройства стали монтироваться на печатных платах относительно недавно. Когда были созданы миниатюрные радиолампы, транзисторы, малогабаритные резисторы и конденсаторы, встал вопрос об уменьшении размеров самих радио-

устройств. Тогда была создана новая технология монтажных схем. Эта технология позволила заменить объемный (или иногда его называют навесной) монтаж монтажом, расположенным в одной плоскости. Технология изготовления была заимствована в полиграфической промышленности. Такая схема печаталась или рисовалась на плоской изоляционной пластинке, покрытой металлической фольгой. В качестве изоляционной пластинки используют хороший изолятор, например гетинакс или стеклотекстолит. Такие схемы стали называть печатными. На заводе такие схемы делают очень простым способом. Рисуют расположение деталей на большом листе ватмана, фотографируют, получают негатив печатной платы. На стеклотекстолит наносят фоточувствительную эмульсию и с полученного негатива печатают (наносит) необходимый рисунок на печатную плату. Остается «проявить» эту фотографию и опустить плату в раствор, где она будет протравлена. Получилась изоляционная пластинка с нанесенными на ней проводящими полосками из медной фольги. Полоски фольги выполняют роль проводников. Достоинством такого способа является то, что с одного негатива можно печатать много тысяч плат, что очень удобно при массовом производстве радиоаппаратуры.

Печатные платы позволили стандартизировать производство, сократить время монтажа аппаратуры, автоматизировать производство радиоэлектронных устройств.

Лучше всего учиться конструировать печатную плату на конкретном примере. Давайте построим простой приемник на четырех транзисторах и изготовим для него печатную плату. Но предварительно несколько общих замечаний. Как вы уже, наверное, сами догадались, размеры печатной платы и расположение проводников на ней зависят от количества устанавливаемых на плате элементов и их типов.

Фольгированный стеклотекстолит, гетинакс бывает

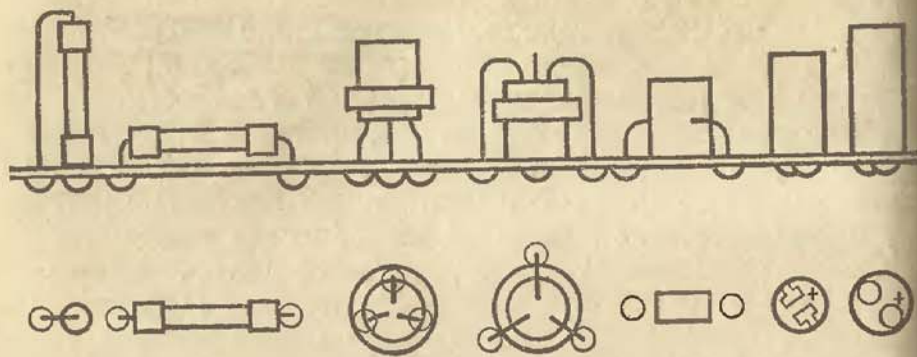


Рис. III. 25. Аппликации радиоэлементов

односторонним и двусторонним, то есть фольга наклеивается с одной или с обеих сторон платы. Начинаящим радиолюбителям мы рекомендуем начинать конструировать печатные платы, используя только односторонний монтаж, при котором все радиоэлементы располагаются с одной стороны, а соединяющие полупроводники (полоски фольги) — с другой.

Основной операцией размещения радиоэлементов на печатной плате является компоновка. От того, насколько она правильна, зависит работоспособность радиоэлектронного устройства.

Вспомним, что параллельные провода, по которым проходит ток, наводят друг на друга добавочную ЭДС, никем не запланированную и искажающую работу схемы. Проводники, резисторы и транзисторы могут образовывать дополнительные емкости, также нарушающие работу схемы, появляются паразитные связи, паразитные емкости, фазовые сдвиги, превращающие отрицательную связь в положительную. Например, при недостаточно продуманном расположении деталей генератора его работа становится неустойчивой. А неправиль-

ное расположение деталей в усилителе звуковой частоты (УЗЧ) приводит к тому, что он начинает самовозбуждаться, и радиолюбитель недоумевает, почему схема, нормально действующая на развертке, плохо работает на печатной плате. Существует множество способов компоновки печатных плат: графический, аппликационный, модельный и натуральный. Сущность этих способов ясна из их названий.

Для начинающих радиолюбителей наиболее приемлемым является способ аппликационной компоновки как наиболее простой и быстрый.

Делают это следующим образом. Изготавливают аппликации — кусочки плотной бумаги, на которых изображены контуры радиодеталей с учетом их установки и формовки (рис. III.25). Формовку производят для того, чтобы придать выводам определенную конфигурацию. При формовке выводов нужно помнить, что для каждого типа радиодеталей существуют свои строгие правила расположения изгибов и расстояния от корпуса до места пайки. Эти сведения публикуются в справочниках, но наиболее употребительные данные радиолюбитель должен помнить.

Выводы транзисторов можно изгибать не ближе 3 мм от корпуса, радиус изгиба зависит от диаметра провода. Чем он толще, тем меньше допустимое искривление. Выводы транзисторов средней и большой мощности (П-609, КТ-803, КТ-805 и им подобных) изгибать нельзя.

Выводы резисторов разрешается изгибать не ближе 2 мм от корпуса.

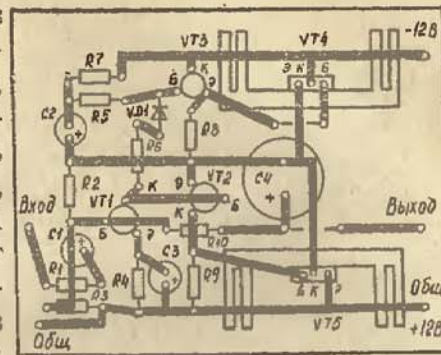


Рис. III. 26. Печатная плата

Конденсаторы типа КМ изгибают на расстоянии 2—3 мм, электролитические конденсаторы К-50-21.

При создании рисунка печатной платы кроме контуров радиодеталей на аппликациях наносят рисунок контактных площадок для подпайки выводов в виде кружочков диаметром 2,5 мм, расстояние между контактными площадками не должно быть меньше одного миллиметра (рис. III.26).

На заводских печатных платах наносят обозначения элементов согласно принципиальной схеме (например, С7, R10, T1, B1), названия выводов транзисторов (Б, Э, К), полярность включения электролитических конденсаторов (+ —) и т.д. Аппликации выполняются на плотной чертежной бумаге тушью, позиционные номера и номера точек соединения проставляются карандашом, что позволяет использовать аппликации многократно. На обороте аппликационного рисунка пишется наименование элемента (например, КТ315, КТ361, 155ЛА3 и т.д.). Создается набор аппликаций, который с каждой новой работой все увеличивается и в дальнейшем облегчает труд радиолюбителя.

Необходимо помнить, что каждая конструкция, как правило, соединяется с другими блоками (например, с блоком питания), с системой коммутации (кнопки, тумблеры, измерительные приборы), с системой индикации. Поэтому необходимо предусмотреть установку разъемов, контактных гребенок, стоек. Для этих элементов предусматривается место, свободное от радиодеталей, обычно у краев печатной платы.

В начале работы перечертите принципиальную схему, пронумеруйте на ней все точки соединения радиодеталей и внешних связей (см. цв. вклейку рис. III.27). Подбирая аппликации, впишите в соответствующие кружочки номера точек, а в контуры радиоэлементов — позиционные обозначения.

Составьте таблицу, указывающую, сколько раз каж-

дый из номеров точек соединения встречается на аппликациях. Таблица поможет контролировать ход составления рисунка платы и избежать грубых ошибок.

Компоновку начинают с того, что определяют примерные границы печатной платы, проведя у левого края миллиметровой бумаги две линии: вертикальную и горизонтальную.

Место их пересечения определит положение одного из углов будущей платы. С него и начинают раскладку аппликаций, стремясь расположить их таким образом, чтобы одинаковые номера выводов оказались как можно ближе друг к другу, а изображения пассивных элементов (резисторов, конденсаторов и т.д.) тяготели к соответствующим транзисторам, микросхемам. Помните, что контактные площадки не должны находиться в непосредственной близости от тех мест, где расположены места крепления деталей (например, узел крепления мощного транзистора КТ805 имеет три болта М4).

После проведенной работы все аппликации должны примерно с одинаковой плотностью разместиться в пределах прямоугольника, контактные площадки для внешних соединений должны находиться, как уже отмечалось выше, на краях платы, а площадки для подключения входных и выходных проводов — на максимальном удалении друг от друга. Проведите две недостающие взаимно перпендикулярные линии, и контур платы будет замкнут.

Закрепите каждую аппликацию на выбранном для нее месте резиновым клеем, наложите на рисунок лист кальки, перенесите на него контуры платы, радиоэлементов и контактных площадок. На изображениях элементов пометьте их позиционные обозначения, на контактных площадках — их номера. Теперь можно приступить к разработке рисунка печатных проводников дорожки. Для этого используйте лицевую сторону рисунка на кальке (вид со стороны установки элементов).

Соедините тонкими карандашными линиями все контактные площадки с одинаковыми номерами (см. рис. III.26), сверяясь по таблице. Ход линии выбирайте таким, чтобы впоследствии ширину дорожек можно было расширить до 1—1,5 мм. Если в схеме будут протекать значительные токи, ширину соответствующих проводников нужно увеличить до 2—3 мм. Может случиться, что проводники пересекутся. В этом случае придется одну из линий разорвать и на ее концах, находящихся по обе стороны пересекаемой линии, нарисовать дополнительные контактные площадки, обозначив их номером разорванной линии.

В процессе монтажа они должны быть соединены проволочной перемычкой, а пока она изображается на рисунке пунктирной линией с подписью «перемычка».

Переверните лист кальки обратной стороной (вид со стороны печатных полупроводников), изобразите поочередно, согласно нанесенным карандашным линиям, все печатные проводники шириной 1—1,5 мм, стараясь выдерживать такой же зазор между соседними проводниками и контактными площадками. Ширина проводника, соединяемого с «заземленным» выводом источника питания, должна быть больше.

У вас получился рисунок печатной платы с одинаковой шириной проводников.

Калька — материал очень непрочный, поэтому рисунок печатных проводников нужно перенести на лист плотной бумаги. Кроме проводников с центрами будущих отверстий для выводов элементов на этом рисунке изображают отверстия для крепления самой платы, крупногабаритных деталей (трансформаторов, радиаторов и т. д.) и контурных вырезов (например, под динамическую головку).

Это и есть вспомогательный рисунок для непосредственной работы с заготовкой из фольгированного стеклотекстолита (или гетинакса).

Рассмотрим в качестве примера порядок разработки платы для монтажа усилителя звуковых частот.

В устройстве использовано шесть маломощных транзисторов, 10 постоянных резисторов, один полупроводниковый диод, 7 конденсаторов других типов.

Принципиальная схема усилителя с сохранением обозначений приведена на рис. III.27.



Глава четвертая, в которой читатель совершает путешествие в глубь кристалла, узнает, что такое микросхема и из каких кубиков инженеры строят радиотехнические приборы

Но процесс миниатюризации не достиг еще предела, он продолжает развиваться. В крошечный элемент, размером в почтовую марку, можно теперь встроить тысячи едва различимых невооруженным глазом деталей электронной схемы, и с ее помощью аппарат, в котором она будет находиться, выполнит любое ваше задание. Вся современная техника зиждется на этих мельчайших фрагментах кристаллов-полупроводников.

Айзек Азимов

У инженера, создавшего электронную схему лет 70 назад, в распоряжении находилось всего четыре элемента: сопротивление, катушка индуктивности, конденсатор и детектор — устройство, пропускающее ток только в одном направлении. Изобретательность инженера наталкивалась на чисто технические трудности — как ни крутись, а сложной электронной схемы с такими элементами не создашь.

Появление пятого элемента — трехэлектродной лампы — произвело буквально революцию. Было придумано небывалое количество электронных схем, которые с успехом используются и поныне.

С создания трехэлектродной лампы практически и начинается развитие радиотехники, электроники и кибернетики.

Растет число элементов — растет и число возможностей в создании схем. Совершенствуя схемы на электронных лампах, инженеры натолкнулись на целый ряд

трудностей, принципиально не разрешимых при существующих элементах. Как совместить порой несовместимые требования — надежность и экономичность, малые габариты и большую мощность создаваемых устройств?

Давайте совершим небольшую экскурсию в совсем недалекое прошлое.

Радиолампы, так много давшие радиотехнике, уже не могли справиться со всеми новыми обязанностями. Они потребляли много энергии, имели относительно большие размеры и, что самое главное, — невысокую надежность, а потому должны были уступить место другим приборам, более надежным и долговечным. Внимание ученых привлекли новые материалы — полупроводники.

Первый полупроводниковый триод появился в 1948 году, электроника 50—60-х годов совершенно немислима без этих замечательных приборов. Миллионы их работают в электронных машинах, управляют производственными процессами. Полупроводники позволили получить необычайную надежность устройств, а попутно и значительно уменьшить габариты электронной аппаратуры.

Однако полупроводники не смогли полностью заменить радиолампу. Электронные лампы и сейчас используют там, где требуется получать колебания высокой частоты и большую мощность, например в выходных каскадах мощных радиопередатчиков, радиолокаторах, в бытовых микроволновых плитах.

Электронные устройства выполняют все более и более сложную работу, а для этого они и сами должны быть устроены достаточно сложно.

Современное электронное устройство — будь это радиоприемник или ЭВМ — состоит из десятков тысяч радиодеталей, но, как бы ни были они совершенны сегодня, завтра они перестают нас удовлетворять. К приемнику мы предъявляем все более жесткие требования

(выше чувствительность, лучше звучание), а от электронно-вычислительной машины мы требуем решения и постановки задач на уровне человеческого мозга. Но увы! Идеал пока далек от нас.

Чтобы расширить возможности электронных устройств, необходимо прежде всего все более усложнить их, приблизив число деталей в электронных вычислительных и управляющих машинах к количеству «деталей» человеческого мозга (несколько десятков миллиардов!).

Электронное устройство, содержащее такое количество обычных полупроводниковых элементов, должно было иметь размеры дома высотой около ста метров и потреблять тысячи киловатт электроэнергии, не гарантируя при этом надежности работы прибора.

Надо было добиться, чтобы электронные гиганты, созданные человеком, имели технически приемлемые параметры и высокую надежность в эксплуатации. Эту проблему решили следующим образом. Простой элемент научили выполнять сложные операции, которые раньше были под силу только целой группе этих элементов. Открытие оказалось чрезвычайно плодотворным. Интегральные схемы (так называли новые элементы) не уступают в надежности старым, классическим устройствам (резисторам, конденсаторам и т. д.).

Создание интегральных микросхем позволило решить и проблему уменьшения габаритов аппаратуры. За счет рационального монтажа, плотно и экономично разместив детали в схеме, можно в несколько раз уменьшить размеры прибора.

Для определения плотности расположения радиодеталей в устройстве делят их количество на объем всего устройства. Полученная цифра показывает число деталей в одном кубическом сантиметре и называется плотностью монтажа.

В самолетной аппаратуре, которая выпускалась лет

сорок тому назад, выполненной на малогабаритных лампах, миниатюрных резисторах с применением печатного монтажа, достигнута плотность 0,1 радиодетали в одном кубическом сантиметре. Применяющиеся для этих целей полупроводниковые устройства имеют плотность монтажа 0,5 деталей на кубический сантиметр. Именно при такой плотности монтажа нам пришлось бы строить небоскреб, если бы мы вдруг задалась целью создать электронный мозг. Значит, нужны совершенно новые способы конструирования и сборки электронной аппаратуры.

А можно ли создать надежную вычислительную машину размерами с обычную книгу? Для современной техники это вполне посильная задача.

Уменьшение элементов до микроразмеров, порой не видимых человеческим глазом,— вот один из путей, которые позволяют человеку создать устройства с совершенно необычными техническими характеристиками.

Как это делается, мы сейчас узнаем.

Инженер играет кубиками

У какого начинающего радиолюбителя не разбегались глаза от взгляда на множество разнокалиберных деталей, лежащих на витринах радиомагазинов. Резисторы-гиганты и резисторы-карлики, громадные конденсаторы, напоминающие консервные банки, и конденсаторы не более копеечной монеты.

А нельзя ли все эти радиодетали сделать одной формы и одного размера? «Конечно нет»,— возразите вы. Ведь размеры существующих радиодеталей— не прихоть заводов-изготовителей, они совершенно необходимы для получения тех или иных параметров. Чем большие мощности потребляются в схемах, тем крупнее должны быть радиодетали.

С изобретением полупроводников и микросхем по-

явилась возможность сделать все радиоэлементы маленькими и стандартных размеров, что упростило их сборку и наладку, а главное — значительно уменьшило размеры электронной аппаратуры.

При этом всем элементам можно придать одинаковую форму, например квадратной пластинки или маленького прямоугольника.

Идея создания микромодулей привела к появлению еще более надежных и компактных элементов. Почему нельзя, например, на одном керамическом основании создать целую схему? Можно также отказаться от объемных деталей, сделать их в виде отдельных пленок. Свойства деталей от этого не изменятся, а размеры станут намного меньше. Так и возникло новое направление микроминиатюризации — создание пленочных схем.

Схемы можно рисовать

Схема, созданная на тонкой пленке, напоминает слоеный пирог. На основание схемы — керамическую пластинку толщиной не более 0,5 мм — наносят слой за слоем различные материалы: алюминий играет роль проводника, никром — сопротивления, окись кремния — диэлектрика. Толщина пленки в таком «пироге» измеряется несколькими микронами. Слои определенной формы накладываются в строгой последовательности. На листе ватмана вычерчивают определенной формы трафарет — маску, затем фотографируют и уменьшают до размеров 20-копеечной монеты, а то и меньше. На поверхность основания накладывают первую маску, например с формой резистора, и помещают в специальную печь. Здесь поддерживается глубокий вакуум — 10^{-6} мм рт. ст. и находится тигель с хромоникелевой проволокой. При нагревании тигля никром испаряется и осаждается на основании. Осаждение никрома кон-

тролируют специальными приборами и получают нужную величину сопротивлений. Весь процесс длится несколько минут, и вот уже на основании готовы сверхминиатюрные резисторы, едва видимые глазом. Теперь на него накладывают другую маску с нарисованными на ней нужными соединениями между элементами и всю схему помещают в печь, в которой тоже путем нагревания испаряется алюминий. Осаждаясь на открытых местах, алюминий образует прочные и надежные проводящие соединения, хотя толщина таких проводников всего 0,5 мкм. Остается только приклеить полупроводниковый триод, припаять выводы — и получится усилитель величиной меньше почтовой марки. С помощью масок можно наносить десятки слоев на одно основание и формировать очень сложные схемы — целые блоки приемников и телевизоров, множество разнообразных резисторов, индуктивностей, емкостей полупроводниковых диодов. Такие блоки называются гибридными микросхемами.

Тонкопленочная технология позволяет относительно просто создавать надежные и сложные электронные устройства. Весь процесс изготовления пленочных схем автоматизирован. Основанием их служат различные материалы — керамика, пластмасса. Тонкопленочные схемы, изготовленные на эластичных основаниях, можно сгибать и придавать им любую форму, что особенно удобно при компоновке миниатюрных схем. Достаточно сказать, что плотность тонкопленочных элементов необычайно высока — до 200 в кубическом сантиметре. Электронная вычислительная машина на тонких пленках занимает столько же места, сколько нужно двум томам Большой Советской Энциклопедии, а обыкновенный многотранзисторный приемник имеет размеры почтовой марки.

Ученые и инженеры уже думают, нельзя ли сделать устройство еще более миниатюрным и надежным.

Создаются же тонкопленочные соединения, конденсаторы, катушки индуктивности, то есть все пассивные элементы, а что, если таким же путем выполнить и активные элементы — диоды, транзисторы? Задача непомерно трудная, но выполнимая. Один из способов ее разрешения — не собирать электронные блоки из отдельных частей, а делать их из целого куска исходного материала.

Атом работает на нас

От классического вида радиодеталей совсем ничего не останется. Элементарный целый блок будет выполнять определенную функцию, например усиление сигнала. Отсюда название таких микроблоков — функциональные. Здесь вы не увидите радиодеталей. Их функции будут выполнять атомы и молекулы вещества. Можно так изменить внутреннюю структуру материала, что одни группы атомов будут выполнять роль колебательных контуров, другие — запасать электромагнитную энергию, подобно конденсаторам или катушкам индуктивности, третьи — осуществлять усиление. Большой опыт, накопленный при производстве полупроводников, позволил создать первые образцы функциональных блоков. Как это делается?

В крупном масштабе на нескольких листах ватмана чертится изображение изготавливаемой структуры — ее план. Чертеж напоминает загадочный лабиринт, по которому впоследствии распределятся атомы различных легирующих добавок, придающих нужные свойства функциональному блоку. С чертежей делают фотокопии для изготовления масок, очень похожих на те, которые применяются при создании тонкопленочных схем. Каждая маска содержит десятки или даже сотни сильно уменьшенных изображений будущих схем.

Исходным сырьем служит пластинка кремния, кото-

рая обрабатывается как единый блок. Имеющийся на маске рисунок фотографическим способом переносится на пластинку. В вакуумных печах в незащищенные участки пластины вводятся различные добавки, формирующие заданные свойства этих участков, после чего, используя другие маски и другие примеси, обрабатывают остальные участки пластины.

Изготовленную таким способом пластину разрезают на квадратики, называемые кристаллами. Каждый кристалл укладывают в корпус, соединяют тонкими проволочками с его выводами, и микросхема готова.

Плотность упаковки элементов в кристалле поразительно велика — десятки тысяч деталей в одном кубическом сантиметре. Это обеспечивает их высокую надежность.

Разработка и изготовление такого кристалла — сложный и кропотливый труд людей многих специальностей — физиков, химиков, инженеров-электронщиков, технологов.

Новые элементы и схемы требуют совершенно иных видов и методов изготовления и новых инструментов. Для этой работы используют ультразвук, электромагнитные волны, электронные и лазерные лучи.

В основе ультразвуковой сварки лежит проникновение атомов одного вещества в другое. Ультразвук позволяет соединять самые различные материалы. Насколько аккуратен такой инструмент, можно судить хотя бы по тому, что провод диаметром 0,04 мм и фольга толщиной 0,004 мм свариваются без повреждений. Сварка получается необычайно чистой, без каких-либо дефектов, ею можно пользоваться при соединениях, чувствительных к нагреву и даже летучих материалов.

Электронный луч, рисующий изображение на экране телевизоров, также необычайно точный инструмент.

Вы, конечно, знаете, что такое электронная пушка. Это мирное орудие, «стреляющее» электронным лучом.

Катод пушки выбрасывает электроны, предварительно сфокусированные специальным электродом. Электростатическое поле, действуя на электронное облако, вытягивает его в цилиндрический пучок. Ускоряющее напряжение приложено между анодом и катодом. Изменяя это напряжение, можно влиять на интенсивность электронного луча. Электромагнитные линзы позволяют производить очень тонкую его фокусировку. Вы, наверное, обратили внимание, что это устройство напоминает электронный микроскоп, только мощность луча здесь очень и очень велика — $1,5 \times 10^7$ Вт/мм². Такая плотность позволяет выпаривать, да, да, выпаривать любой из известных материалов. Регулируя силу электронного луча, можно разрезать вещество, сваривать либо «выскабливать» его слои толщиной в несколько атомов. Все операции сверления, резки и сварки ведутся в вакууме порядка 10^{-6} мм рт. ст. Специальный оптический микроскоп, пристроенный к прибору, позволяет следить за ходом процесса и управлять им.

Применяя современную технологию, можно получить 100 и более деталей на одном квадратном сантиметре. Попробуйте чем-нибудь разделить их. А электронный луч делает это довольно свободно.

Технологические процессы производства миниатюрных деталей и микроблоков очень трудоемки. Получение химически чистых веществ, в которых примеси должны составлять не больше одной молекулы на миллиард, сложные процессы напыления и диффузии различных легирующих добавок требуют больших знаний и высокой культуры производства. Цех, в котором делают такие микроблоки, представляет сложный комплекс, необычного металлургического оборудования, специальных вакуумных установок, химических аппаратов, фото- и телевизионных камер. Все процессы автоматизированы. Умные и точные приборы надежно соблюдают технологические режимы, собирают детали, не видимые невоору-

женным глазом, отбраковывают и снимают характеристики созданных элементов и блоков.

Микромодули, схемы на тонких пленках, молекулярные блоки — это все различные пути уменьшения габаритов электронных устройств.

Самые важные кирпичики радиоэлектроники

Техника сегодняшнего дня грандиозна по своим скоростям и масштабам. Сложность производственных процессов, освоение атомной энергии, полеты в космос требуют от электронных устройств тысячи часов безотказной работы.

Но приборы, созданные даже на очень качественных электронных лампах, были ненадежны: на тысячу электронных ламп обязательно находилась одна, которая выходила из строя в первые же часы работы. А если аппаратура находится в космическом корабле, где малейшая неисправность ведет к аварии? Да и мыслимо ли разместить электронную аппаратуру на вакуумных лампах, состоящую из сотен тысяч деталей, хотя бы в современном самолете? В нем просто не хватило бы места ни пассажирам, ни летчикам. Только миниатюризация элементов позволяет оснастить такой аппаратурой самолеты и космические корабли.

Чем меньше габариты электронных устройств, чем монолитней их структура, тем легче они противостоят ударным и вибрационным нагрузкам. Моноблоки не боятся высоких температур, а надежность их просто поразительна — они могут работать без отказа десятки тысяч часов! Преимущества, которые несет с собой микроминиатюризация элементов и устройств, бесспорны.

Возможности этих трех вычислительных машин одинаковы. Одна из них собрана на обычных электронных лампах, другая — на транзисторах, третья — на микро-

схемах. Для установки первой требуется большая комната и десяток киловатт электроэнергии, вторую можно разместить в самолете, а третью — положить в карман пиджака!

Уменьшение размеров электронной аппаратуры особенно важно в наш век освоения космоса. Килограммы, запущенные в межпланетное пространство, стоят многих тонн горючего на старте. Значит, необходимо усложняющееся электронное оборудование космических кораблей делать все более миниатюрным.

До сих пор не удалось значительно уменьшить радиоэлектронные устройства, предназначенные для передачи, усиления и преобразования больших мощностей. Наряду с электронными устройствами-карликами существуют электронные великаны — современные мощные телевизионные и радиовещательные станции, электронные устройства для исследования атома и целый ряд других.

Элементы микроминиатюрной электроники прочно вошли в повседневную инженерную практику. В настоящее время нет таких серийно выпускаемых приборов, в состав которых не входили бы интегральные микросхемы.

Существует два основных вида интегральных микросхем (ИМС). К первому виду относятся аналоговые микросхемы, это широко известные усилители низкой частоты, детекторы, усилители высокой частоты. Второй вид — дискретные схемы, или иначе цифровые схемы, используемые в вычислительной технике, микропроцессорах и других дискретных устройствах. Освоено уже большое количество различных типов микросхем. Среди них триггеры, усилители низкой частоты, одновибраторы, схемы, реализующие логические функции, и т. п. Интегральные микросхемы выпускаются сериями. В каждую из них входят элементы, необходимые для создания целого радиоэлектронного устройства. Например, серия

К-174 используется для сборки радиовещательного приемника, цветного телевизора и звукоусилителей стереофонической аппаратуры, состоящих всего из нескольких микросхем. Отличительной особенностью каждой серии является возможность соединения отдельных ее микросхем без специальных согласующих устройств. Например, усилитель ВЧ на микросхеме К2УС242 стыкуется с частотным детектором на микросхеме К2ДС241, а тот в свою очередь — с усилителем низкой частоты К224УН17. Микросхемы серии К155 реализуют логические функции, нашедшие употребление при создании вычислительных машин. Логические функции оперируют всего с двумя состояниями — «да» и «нет», которые легко представляются двумя уровнями напряжений. С помощью логических функций объединяются несколько сигналов. При этом каждому сочетанию входных сигналов ставится в однозначное соответствие один из двух возможных выходных сигналов. Простейшими логическими функциями являются операции «и», «не» и «или».

Наибольшее распространение в цифровых устройствах получили микросхемы серий К155 и К176. Микросхемы серии К155 изготавливаются по технологии транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Микросхемы этой серии наиболее доступны, на их основе разработано множество разнообразных радиолобительских конструкций. Основные недостатки таких микросхем — большая потребляемая мощность и необходимость использования источника питания $5В \pm 10\%$, что затрудняет их использование в устройствах с питанием от батарей.

Указанных недостатков лишены микросхемы серии К176, изготовленные по так называемой КМОП технологии. Для их питания можно использовать источники с напряжением от 3 до 15В, потребляемая мощность при этом очень мала.

В настоящее время выпускается несколько серий ТТЛ и КМОП микросхем, отличающихся друг от друга

Таблица IV.1

Основные характеристики цифровых микросхем

Серия	Технология	Время задержки, нС	Ток потребления, мА	Напряжения питания, В	Нагрузочная способность (входов)
K155, K133	ТТЛ	18	10	5	10
K531	»	5	26	5	10
K555	»	20	3	5	20
KP1531	»	4	6	5	10
KP1533	»	14	2	5	20
K176, K561, K564	КМОП	250	0,0003	3...15	50

электрическими параметрами и конструкцией корпуса. Основные данные микросхем этих серий приведены в таблице IV.1.

Микросхемы серий K133, K564 изготавливаются в плоском корпусе с ленточными выводами (рис. IV.1а), а микросхемы остальных серий — в корпусе больших размеров со штыревыми выводами (рис. IV.1б). Такие корпуса более удобны для монтажа в любительских условиях.

На корпус микросхемы обязательно наносят ключ в виде точки или углубления в пластмассе. Номера выводов отсчитываются от ключа против часовой стрелки, если смотреть на микросхему сверху. Для того чтобы правильно подключить микросхему, номера выводов проставляют на электрической схеме возле обозначений цепей, подключаемых к этим выводам.

Микросхемы серии K157 являются разновидностью другого распространенного типа микросхем — операционных усилителей (ОУ), которые представляют собой устройства, усиливающие сигналы в несколько десятков

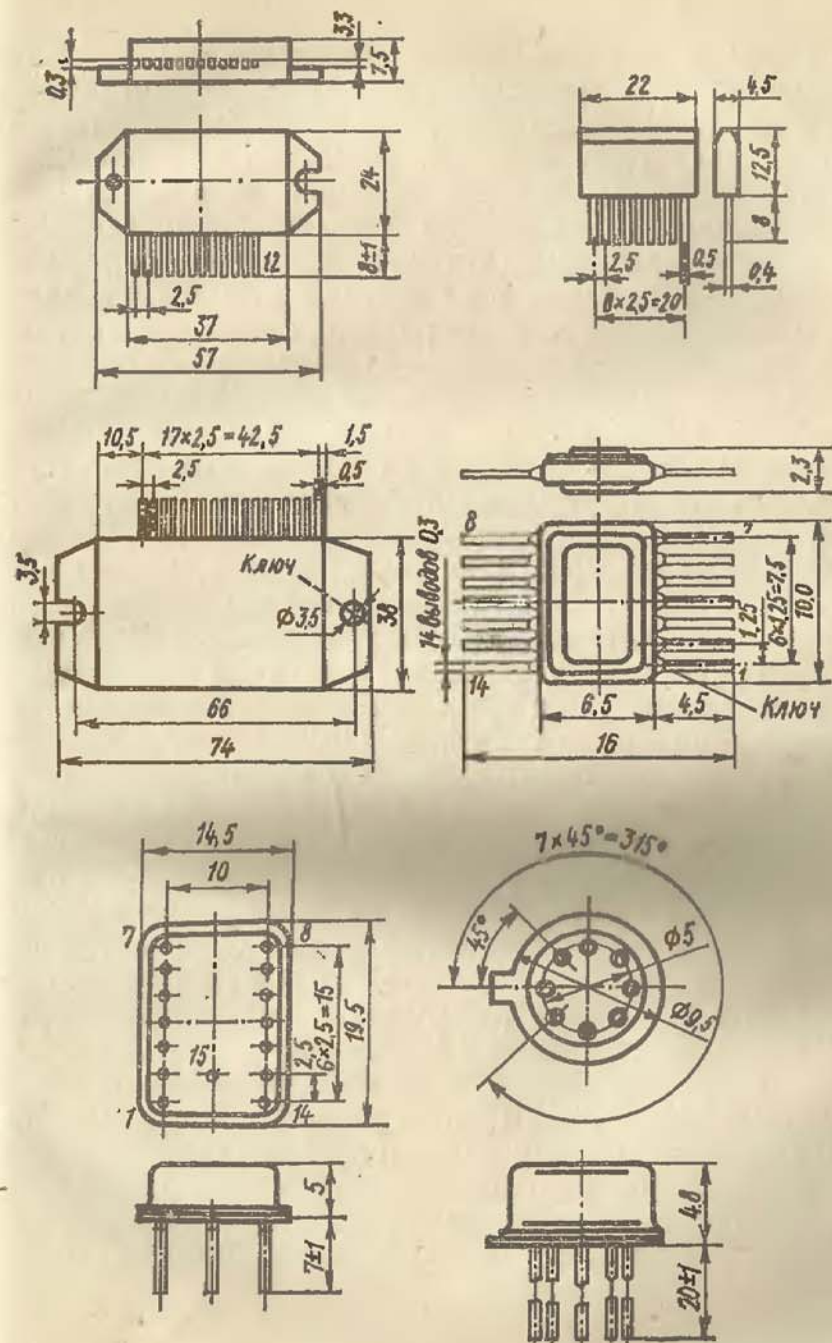


Рис. IV. 1. Типы корпусов микросхем

и сотен тысяч раз и имеющие два высокоомных входа, один из которых (инвертирующий) поворачивает на 180° фазу входного сигнала, а другой (неинвертирующий) не меняет эту фазу. С помощью операционных усилителей можно создать большое количество устройств, например генераторы пилообразного напряжения, интеграторы, мультивибраторы, усилители, нечувствительные к помехам типа сетевых наводок, стабилизаторы напряжений, схемы сравнения двух напряжений и т. д. На их основе можно реализовать различные линейные и нелинейные аналоговые и аналого-цифровые устройства. Наша промышленность выпускает ОУ нескольких типов. ОУ строятся на основе трех- или двухкаскадных структурных схем, имеющих гальваническую связь.

Все ОУ, выпускаемые в нашей стране, можно разбить на две группы по их элементной базе.

Одна из них, группа, в которую входят ОУ первого поколения, где использованы главным образом биполярные транзисторы типа $n-p-n$ и большое количество резисторов, например ОУ типа К140УД1.

Другая группа ОУ отличается от первой тем, что в них применены комплементарные структуры (совокупность биполярных транзисторов и полевые транзисторы во входных каскадах типа $p-n-p$ и $n-p-n$) и минимальное количество резисторов, например ОУ типа К157УД2. Параметры усилителей этой группы намного лучше, чем у первой. У ОУ этой группы имеется хорошая защита от короткого замыкания по выходу.

В большом семействе ОУ появились новые типы — программируемые. Мы уже знаем, что эффективность применения микросхемы определяется числом простых элементов, которые она заменяет. Поэтому усилия ученых и инженеров направлены на создание технологии, позволяющей расширить функциональные возможности микросхем. Появились большие интегральные схемы

(БИСы), представляющие собой законченные функциональные узлы вычислительной машины, например оперативное запоминающее устройство, логический коммутатор, сумматор, различные регистры и т. п. Применение БИСов позволит создать миниатюрные вычислительные машины, способные решать разнообразные сложные задачи с большой скоростью. Но и это не предел. Инженеры и технологи работают над созданием объемных интегральных схем. Плотность монтажа отдельных элементов в них будет огромной, достигая $10^7 \dots 10^8$ элементов в одном см^3 . Эта цифра приближается к «плотности монтажа» нейронов в мозге (10^8 нейронов на 1 см^3).

Создание и внедрение БИСов в технологический процесс произведет революцию в специализации радиозаводов. Если раньше один завод получал транзисторы, резисторы, конденсаторы и другие детали, а монтажники превращали этот набор в вычислительную машину, радиоприемник или телевизор, то теперь, с появлением БИСов, картина меняется — всю электронную часть аппаратуры (например, карманную ЭВМ — микрокалькулятор) можно изготовить на одном заводе.

Наше путешествие мы закончим очень короткой характеристикой наиболее распространенных радиодеталей, с которыми читателю придется встретиться при конструировании кибернетических устройств, описанных в этой книге.

Резисторы. Промышленность выпускает резисторы постоянные и переменные. Постоянные резисторы различают по типам, номинальной мощности, номинальному электрическому сопротивлению и допуску. В любительской практике наиболее употребительны следующие типы резисторов: МЛТ — металлизированные, лакированные, теплостойкие, МОН — металлоокисные низкоомные, УЛМ — углеродистые, лакированные малогабаритные.

Буквенные коды резисторов

Единица измерения	Код	Предел Р номинала	Пример сокращенного обозначения	Соответствующее ему полное обозначение
Ом	Е	до 91	Е47	0,47 Ом
КилоОм	К	от 0,91 до 91	К47, 4К7, 47К	470 Ом, 4,7 кОм, 47 кОм
МегаОм	М	от 0,9 до 91	М47, 4М7, 47М	470 кОм, 4,7 мОм, 47 мОм
ГигаОм	Г	от 0,1 до 91	Г47, 4Г7, 47Г	470 мОм, 4,7 гОм, 47 гОм
ТераОм	Т	от 0,1 до 1	Т47, 1Т0	1,0 тОм

Номинальная мощность — это та наибольшая мощность, которая может длительное время рассеиваться без изменений электрических и механических параметров резистора. В настоящее время выпускаются непроволоочные резисторы мощностью 0,125; 0,25; 0,5; 2; 5; 8; и 10 Вт.

Номинальное электрическое сопротивление сокращенно называется номиналом сопротивления. По номиналу резисторы выпускаются согласно стандартизованному ряду в зависимости от класса. Эти данные имеются в справочной литературе.

Допуск — это наибольшее возможное отклонение действительного сопротивления от того номинала, который на нем обозначен. Резисторы выпускаются с допуском $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$. Зачастую вместо цифр с процентным обозначением допуска ставят римские цифры I (первый класс точности) или II (второй класс точности). Резистор, на котором нет такого обозначения, имеет III класс точности. Имеются резисторы и с повышенным классом точности. При выборе резисторов необходимо помнить, что для хорошей работоспособности прибора нужно точно придерживаться рекомендуемых в принципиальных схемах параметров по мощности. Если мощность резистора в принципиальной схеме не указана, то ее нетрудно подсчитать по простой формуле (закону Ома):

$$P = \frac{U^2}{R}, P = I^2 R, P = U \cdot I,$$

где P — мощность, рассеиваемая на резисторе в ваттах (Вт);

I — ток, протекающий в резисторе, в амперах (А);

U — напряжение на резисторе в вольтах (В);

R — сопротивление в омах (Ом).

Практически все опубликованные в этой книге конструкции будут работоспособны, даже если вместо ука-

занного в описании поставить резистор, отличающийся от номинала на $\pm 20\%$. Например, в схеме указано сопротивление резистора 43 кОм, его можно заменить на любой подходящий резистор с сопротивлением в интервале от 39 до 47 кОм.

Для транзисторных схем применяют резисторы с мощностью рассеивания 0,125 или 0,25 Вт. Если у конструктора не окажется в наличии резистора указанной на схеме мощности, он всегда может заменить его другим, такого же номинала, но большей мощности. Например, вместо указанного в схеме резистора 10 кОм 0,25 Вт использовать резистор 10 кОм 0,5 Вт.

Маркируются резисторы буквенно-цифровым кодом. Он содержит: вид, номинальную мощность, номинальное сопротивление, допуск и дату изготовления.

Для миниатюрных резисторов принята кодированная система обозначения сопротивления и допусков.

Для различных допускаемых отклонений введены следующие кодированные обозначения:

Допуск в %	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20
Код	Ж	У	Д	Р	Л	И	С	В

Пример: резистор с сопротивлением 470 Ом с допускаемым отклонением $\pm 5\%$ записывается так: K47И.

Переменные непроволочные резисторы применяют для плавного изменения сопротивления в различных схемах.

В зависимости от назначения они подразделяются на подстроечные и на регулировочные. Подстроечные резисторы рассчитаны на периодическую подстройку радиосхемы. Их подвижная ось обычно выводится под шлиц, но в некоторых типах резисторов предусмотрено стопорение его оси.

Регулировочные резисторы используются при многократных регулировках аппаратуры. Ось такого резистора для безопасности снабжается пластмассовой декоративной ручкой.

Переменные непроволочные резисторы выпускаются в различных конструктивных вариантах: ординарные и двоярные, (СП-1, СП-2), (СП-3, СПЗ-10), без стопорения и со стопорением (СПЗ-9, СПЗ-6, СПЗ-16), (СП4-1, СП4-2, СП2-1) для навесного и печатного монтажа (СП4-4, СПЗ-13, СПЗ-16).

Токопроводящий слой в них выполняют из углеродистого или композиционного состава (сажа, бакелитовая смола), нанесенного на пластину из листового гетинакса. Переменные резисторы различаются по характеру изменения сопротивления в зависимости от угла поворота на три типа: А — с линейной зависимостью; Б — с логарифмической зависимостью; В — с обратной логарифмической зависимостью. Включается в схему переменный резистор при помощи трех контактных лепестков, средний из которых соединен с подвижной щеткой, крайние — с кон-

цами токопроводящей дужки. Рассеиваемая мощность переменных резисторов следующая: 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 1; 2 Вт.

Конденсаторы являются обязательной деталью почти любой радиотехнической схемы. В простейшем случае это два параллельных проводника электрического тока, разделенные диэлектриком. Проводники или пластины в конденсаторах называют обкладками. Номинальная величина емкости конденсатора зависит от размера обкладки, вида и толщины диэлектрика.

Принцип действия конденсатора основан на способности накапливать на обкладках электрический заряд при приложенной к ним разности потенциалов. Конденсаторы имеют следующие основные параметры: номинальная величина емкости, класс точности, электрическая прочность; температурный коэффициент емкости (ТКЕ) и др.

Номинальная емкость и допускаемые отклонения наносятся краской на корпус конденсатора. Единицей измерения электрической емкости является фарада (Ф). Это очень большая величина, на практике обычно применяют меньшие единицы: микрофараду (мкФ), равную 10^{-6} Ф, нанофараду (нФ), равную 10^{-9} Ф, и пикофараду (пФ) — 10^{-12} Ф.

Класс точности показывает допускаемые отклонения емкости в процентах от номинальной величины. Если мы измерим прибором емкость конденсатора, то увидим, что она иногда отличается от обозначенной на его корпусе. Разброс параметров не должен превышать пределов допуска, составляющего, согласно ГОСТу, $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$.

Электрической прочностью называется величина, способная выдержать приложенное к обкладке конденсатора напряжение без пробоя диэлектрика. Перед отправкой потребителю конденсаторы испытывают на пробой повышенным напряжением. На корпусе каждого кон-

денсатора указано рабочее напряжение, которое несколько меньше испытательного.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ), или иначе стабильность емкости,— это изменение емкости конденсатора при изменении температуры окружающего воздуха на 1°C. ТКЕ может быть положительным и отрицательным.

На корпус конденсатора наносят буквенные обозначения, которые показывают: тип конденсатора: Б — бумажный, К — керамический, Э — электролитический;

вид защиты конденсатора: О — опрессованный или открытый, Г — герметизированный;

конструктивную особенность: Т — трубчатый, Д — дисковый, П — плоский или пластинчатый, Б — бочоночный, Г — горшкообразный, О — однослойный, Ц — цилиндрический;

особые свойства: Т — теплостойкий, В — высоковольтный, М — малогабаритный, Ч — частотный, У — ультракоротковолновый. Например, КСО-2 — конденсатор слюдяной, опрессованный, ПОВ — пленочный открытый высоковольтный.

В последние годы введен новый ОСТ на обозначения и маркировку конденсаторов, появились новые диэлектрические материалы для их производства. В связи с бурным развитием микроэлектроники и полупроводниковой техники рабочие напряжения в радиосхемах уменьшились, поэтому широкое распространение получили низковольтные конденсаторы на основе тонких пленок. Начинающему радиолюбителю на первых порах трудно ориентироваться в большой номенклатуре выпускаемых конденсаторов. В этой главе приведены как старая маркировка конденсаторов, так и их новые обозначения. Нельзя забывать и о том, что в радиотехнической литературе прежних лет, которую широко используют радиолюбители, все обозначения выполнены по старым ОСТам. Поэтому приведена таблица № 3, в которой

имеются основные характеристики конденсаторов, а также новые и старые их обозначения. Это поможет начинающему радиолюбителю в выборе необходимых конденсаторов для радиосхем.

Реле. С появлением транзисторной техники реле начинают уступать место так называемым бесконтактным элементам. Хотя такой элемент надежнее и долговечнее реле, он во много раз сложнее его по конструктивному исполнению. Многие схемы, описанные в данной книге, выполнены с использованием реле. Поэтому мы сочли необходимым поместить короткое описание его устройства. С помощью реле осуществляют скачкообразное изменение параметров управляемых цепей за счет использования энергии в управляющей цепи, это называется коммутация цепей.

«Реле» — французское слово. Вольный перевод его на русский язык звучит так: «место, где меняют уставших лошадей». В России оно вошло в обиход в то время, когда началось строительство телеграфных линий. Отдельные их участки были оборудованы электромагнитными контактами для подключения к ним электроэнергии, для этого и применялось реле.

Реле состоит из сердечника, изготовляемого из мягкой отожженной электротехнической стали. Отжигают сталь для того, чтобы свести к минимуму остаточное намагничивание. Реле с таким сердечником после обесточивания быстро возвращается в исходное состояние (не «прилипает»).

На сердечник наматывается обмотка из изолированного медного провода. Для разных типов реле характерны различное количество витков и толщина провода, что зависит от напряжения включения реле и от того, для каких целей оно предназначено. Все необходимые для конструирования данные о реле приведены в справочниках.

Проходящий через катушку ток намагничивает сер-

Основные характеристики конденсаторов, старые и новые обозначения и область применения

Тип конденсатора по виду диэлектрика	Сокращенное обозначение	Прежнее обозначение конденсаторов	Основные особенности	Основные области применения
Керамические (номинальное напряжение ниже 1600 В)	K10	KMK, KЛГ, KЛС, KM, KЛ, KПС, Kд, KДУ, KТ, KТБ, KТН, KТП, KO, KДО, KM-C	Для высокочастотных: малые потери, большой выбор значений ТКЕ. Для низкочастотных: большая удельная емкость, резкая зависимость емкости от температуры	Для высокочастотных цепей: термокомпенсация, емкостная связь, фиксированная настройка контура на высокой частоте Для низкочастотных: шунтирующие, блокирующие, фильтрующие цепи, связь между каскадами на низкой частоте
Керамические (номинальное напряжение 1600 В и выше)	K15	KВИ, KВП	То же	Емкостная связь, фиксированная настройка мощных высокочастотных контуров, импульсная техника
Стекланые Стеклокерамические Стеклоэмалевые	K21 K22 K23	СКМ, СКМ-Т	Малые потери, высокое значение сопротивлений изоляции, высокая стабильность емкости во времени	Блокировка, фиксированная настройка высокочастотных контуров, емкостная связь, шунтирующие цепи
Слюдяные малой мощности	K31	KСГ, KСО, СГМ, СГВ, СГО-С, ОСГ	Малые потери, низкая удельная емкость, малое изменение емкости от температуры и во времени	Блокировочные и шунтирующие, высокочастотные, фильтровые цепи, емкостная связь, фиксированная настройка контуров
Слюдяные большой мощности	K32	KСГ, KСО-5, KСОТ	Малые потери, низкая удельная емкость, малое изменение емкости	Шунтирующие и блокирующие цепи, емкостная связь, фиксированная настройка контуров
Бумажные с обкладками из фольги (номинальное напряжение ниже 1600 В)	K40	KПБ, ОКБП, ОПБГ, КБПС-Ф	Повышенные потери, высокая удельная емкость, значительная индуктивность	Блокировочные, буферные, шунтирующие, фильтровые цепи, емкостная связь
Бумажные с обкладками из фольги (номинальное напряжение 1600 В и выше)	K41	KМБМ	То же	То же
Бумажные с металлизированными обкладками (металлобумажные)	K42	МБТВ, МБГИ, МБГО, МБГТ, МБГЧ, МБМ	Большая, чем у бумажных, удельная емкость, способность самовосстанавливаться при пробое	Цепи развязок и фильтры; для емкостной связи не применяются
Оксидные алюминиевые	K50	KЭ, ЭГЦ, ЭМ	Очень большая удельная емкость, большие потери, значительный ток утечки	Шунтирующие и фильтровые цепи, накопительные энергии в импульсных устройствах
Оксидные танталовые фольговые	K51	ЭТ, ЭТН	По сравнению с оксидными алюминиевыми: большая удельная ем-	Применяются в тех же целях, что и оксидные алюминиевые, в основ-
Оксидные танталовые	K52	ЭТО		

Тип конденсатора по виду диэлектрика	Сокращенное обозначение	Прежнее обозначение конденсатора	Основные особенности	Основные области применения
ловые объемно-ристые Оксиднополупроводниковые	К53	КОП	кость, меньше потери и ток утечки, увеличенный срок хранения, более широкий интервал рабочей температуры. Лучшие температурно-частотные характеристики	ном в транзисторной аппаратуре с повышенными требованиями к параметрам конденсаторов
Вакуумные Газонаполненные	К60 К61	В, КВ, ВВ, ВМ	Очень малые потери и малая удельная емкость, очень малое изменение емкости во времени	Образцовые емкости, высоковольтные, блокнорованные, развязывающие, контурные конденсаторы
Полистирольные с обкладками из фольги Полистирольные с металлизированными обкладками Фторопластовые	К70	ОПТ, ПМ, ПО, МПГ, МПО, ПОВ Ранее не выпускались	Очень высокое сопротивление изоляции, низкая абсорбция	Точные временные цепи, интегрирующие устройства, настроенные конденсаторы высокой добротности, образцовые емкости
	К72	ФГТИ, ФЧ	Высокая рабочая температура (до 200 °С), очень высокое сопротивление изоляции, низкая абсорбция, очень малые потери и малое изменение емкости от температуры	В тех же цепях, что и полистирольные, при повышенной температуре и жестких требованиях к электрическим параметрам

дечник и притягивает якорь. С якорем жестко связаны контактные пластины, которые перемещаются и соединяются (замыкаются) между собой.

В местах соприкосновения приклепываются контакты из серебра или другого материала с низким удельным сопротивлением, которые уменьшают сопротивление в точке соприкосновения. Контакты бывают нормально замкнутые, нормально разомкнутые и переключающие. Нормально замкнутыми считаются такие контакты, которые при обесточенной обмотке реле соединяются между собой, а при поступлении тока в обмотку размыкаются. Если при обесточенном реле контакты его разомкнуты и замыкаются в момент подачи напряжения на обмотку, то они называются нормально разомкнутыми. Во многих современных типах реле устанавливаются переключающие группы, в которых имеются три пластины. Средняя пластина соединяется через изоляционную прокладку с якорем реле и при отсутствии напряжения замыкается с нижней, а при подаче напряжения — с верхней пластиной (группа на переключение).

Иногда возникает необходимость, чтобы реле сработало не моментально после подачи напряжения на обмотку и отпускало — после его снятия, а с некоторой задержкой во времени. Для этого применяют несколько способов. Один из них — включение конденсатора параллельно обмотке реле. Чем больше емкость конденсатора, тем больше время задержки.

Второй способ основан на том, что непосредственно на сердечник наматывают дополнительную короткозамкнутую обмотку. Она выполняется голым медным проводом диаметром 0,5 мм и выше.

На принципиальной схеме реле обозначается в виде прямоугольника, к которому подводятся провода. Как правило, над обмоткой рисуют контактные группы.

Шаговые искатели первоначально были сконструированы для автоматического соединения абонентов теле-

фонной сети между собой, а затем нашли широкое применение в автоматике и радиотехнике. По принципу работы шаговый искатель похож на реле. Устройство его несложно. Электромагнит шагового искателя под действием импульсов, приходящих в обмотку, притягивает якорь, соединенный с небольшой пластинкой — собачкой, которая заходит своим концом в одну из впадин храпового колеса. Храповое колесо имеет косой зуб. Когда в обмотку шагового искателя поступает импульс, собачка передвигает храповое колесо. При каждом импульсе, поступающем в обмотку, собачка будет поворачивать храповое колесо на один зуб (несколько градусов). Вместе с храповым колесом будет поворачиваться (передвигаться) контактная щетка, скользящая по контактам (см. цв. вклейку рис. IV.2).

Таким образом, при каждом импульсе тока, поступающем от прерывателя (например, номеронабирателя телефонного аппарата, оконечного каскада управляющей схемы и т. д.), контактная щетка будет перемещаться с одного контакта на другой, делая один шаг по контактному полю (ламелям). Отсюда и название «шаговый искатель».

Нашей промышленностью выпускаются шаговые искатели с 11, 25, 27 и 50 контактами.

В зависимости от количества контактов их маркируют таким образом, чтобы можно было сразу определить функциональные возможности шагового искателя. Например, маркировка ШИ-25/8 означает, что шаговый искатель имеет 25 контактов и восемь контактных полей.

Если в шаговом искателе несколько полей, то каждое из них имеет свою контактную щетку, электрически не связанную с соседними щетками. Контактное поле занимает угол $140\text{--}180^\circ$. Как видно из рис. IV.2, контактная щетка через несколько шагов сойдет с контактного поля и вновь попадет на него только через пол-оборота. Чтобы при этом не нарушалась работа схемы, у каж-

дого искателя бывает две или три щетки. Когда одна сходит с контактного поля, другая заходит на первый контакт.

Шаговые искатели подбираются по рабочему напряжению электромагнита, количеству контактов и количеству необходимых полей.

Терморезисторы. Для конструирования различных кибернетических и радиотехнических конструкций, следящих за изменением температуры, созданы терморезисторы — малоинерционные датчики, чувствительные к изменениям окружающей температуры.

Терморезисторы представляют собой непроволочные полупроводниковые объемные резисторы, активное сопротивление которых существенно изменяется при увеличении температуры. В зависимости от применяемого полупроводникового материала терморезисторы делаются медно-марганцевые (ММТ-СТ2), кобальто-марганцевые (КМТ и СТ1), медно-кобальто-марганцевые (СТ3) и титано-бариевые, имеющие малый допуск по величине сопротивления (СТ5 и СТ6). Выпускаемые нашей промышленностью терморезисторы по назначению делят на следующие группы:

для измерения и регулирования температуры: ММТ-1, КМТ-1, ММТ-4, КМТ-4, ММТ-4Б, КМТ-4Б, ММТ-6, ММТ-12, КМТ-12;

для системы теплового контроля, основанных на использовании релейного эффекта: КМТ-10, КМТ-10а, КМТ-11;

для применения в качестве регулируемых бесконтактных резисторов в цепях автоматики, где необходимо разделить управляющую цепь от управляемой: ТКП-20, ТКП-20Б, ТКП-50А, ТКП-300, ТКП-300А, СТ1-21, СТ3-27.

Первые две группы относятся к терморезисторам прямого подогрева, у которого нагрев рабочего тела осуществляется током, протекающим непосредственно через него. Третья группа — терморезисторы косвенного

подогрева, так как рабочее тело у них нагревается в результате теплопроводности и излучения от подогревательного элемента.

Важнейшие параметры терморезисторов: номинальное сопротивление R_n — сопротивление рабочего тела терморезистора при температуре окружающей среды $20^\circ\text{C}/\text{Ом}$, а также температурный коэффициент сопротивления α_t , выражающий в процентах изменение абсолютной величины сопротивления рабочего тела терморезистора при изменении температуры на 1°C .

Чувствительная часть терморезистора представляет собой бусинку, помещенную внутри оболочки. Выводы бусинки подведены к наружным контактам, которыми терморезисторы впаиваются в схему. Терморезисторы маркируются буквами ММТ. Если взять, к примеру, терморезистор, имеющий сопротивление 30 кОм , то при изменении температуры на 10° его сопротивление изменится на 8 кОм . Терморезисторы обладают интересной особенностью — при повышении температуры омметр покажет изменение сопротивления. Объясняется это свойством тех материалов, из которых изготовлены терморезисторы. На схемах терморезисторы обозначаются буквами R_K .

Знак температурного коэффициента сопротивления (ТКС) терморезистора указывается только тогда, когда он отрицательный, т. е. с ростом температуры сопротивление уменьшается.

Терморезисторы имеют форму стержней, пластинок, дисков, шайб и бусинок. Выпускаются терморезисторы прямого и косвенного подогрева, с отрицательным и положительным температурным коэффициентом сопротивления (ТКС).

Наиболее часто встречаются терморезисторы с отрицательным ТКС.

Основные показатели, характеризующие терморезисторы:

Таблица IV.4

Основные параметры термисторов с прямым подогревом

Тип	Предел номинального сопротивления кОм при $+20^\circ\text{C}$	P_{max} , мВт, не более	Постоянная времени, С, не более
КМТ-1	22—1000	0,3	85
ММТ-1	1—200	0,4	85
КМТ-4 _a	22—1000	0,3	115
СТ1-17	0,3—20	0,1	30
СТ3-17	0,033; 0,047	0,2	30
СТ3-19	2,2; 10; 15	0,04	3
СТ3-26	0,1—0,68	0,01	0,4

1. Максимальная мощность рассеивания. P_{max} — это такая мощность, при которой терморезисторы, находящиеся в спокойном воздухе при $293 \pm 1^\circ\text{K}$, при протекании тока разогреваются до максимальной рабочей температуры.

2. Постоянная времени C — время, в течение которого температура терморезистора изменяется в несколько раз (на 63 %) при перенесении терморезистора из воздушной среды с $t=0^\circ\text{C}$ в воздушную среду с $t=100^\circ\text{C}$.

Для стабилизации режимов транзисторных каскадов, для температурной компенсации электронизмерительных приборов, в устройствах измерения и регулирования температуры, в устройствах автоматики и контроля используются терморезисторы с отрицательным ТКС.

Терморезисторы с положительным ТКС применяют в термостатах кварцевых резонаторов для защиты элементов радиоаппаратуры от нагрузки по току.

Фотоэлектрические датчики. Во многих описанных в этой книге конструкциях управляющим элементом является свет.

Среди используемых в технике разнообразных при-

емников лучистой энергии, то есть приборов, осуществляющих преобразование световой энергии в электрическую, нас будут интересовать фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы.

Действие фоторезисторов основано на свойстве полупроводников при различном освещении изменять сопротивление электрическому току. В темноте сопротивление фоторезисторов велико, при свете оно резко падает. В зависимости от спектральной чувствительности фоторезисторы делятся на три группы: для видимой части спектра; для инфракрасной части спектра; реагирующие на проникающее излучение.

Фоторезисторы изготавливаются из химически чистых соединений кадмия и свинца. Ранние выпуски этих приборов обозначались следующим образом: первый элемент — буквы, показывающие тип устройства (ФС — фотосопротивление), второй элемент — буква, обозначающая материал чувствительного элемента (А — сернистый свинец, К — сернистый кадмий, Д — селенистый кадмий), третий — цифра, обозначающая тип конструктивного оформления, а буква П или М — пленочный или монокристаллический материал чувствительного элемента. Сейчас фоторезисторы маркируются иначе. Первый элемент — буква, обозначающая тип прибора (СФ — сопротивление фоточувствительное, РГД — рентгено-гамма-датчик), второй — цифра, обозначающая материал полупроводника (2 — сернистый калий, 3 — селенистый кадмий, 4 — селенистый свинец), третий — цифра, обозначающая порядковый номер разработки.

Мы не случайно привели маркировки старых и новых обозначений: юные радиолюбители часто получают списанные детали, среди которых могут оказаться фоторезисторы выпуска прошлых лет.

Важнейшим параметром фоторезисторов является темновое сопротивление, определяемое при полностью затемненном фоторезисторе.

Фоторезисторы могут рассеивать мощность, не превышающую определенного предельно допустимого значения. В противном случае прибор значительно нагревается и выходит из строя.

Фотодиоды применяются для преобразования световой энергии в электрическую. Они имеют повышенную чувствительность по сравнению с фоторезисторами и находят широкое применение в схемах кибернетики и электроники. Фотодиоды могут использоваться как фоторезисторы или как генераторы постоянного и переменного напряжения, величина которого зависит от освещенности.

Тот или иной режим работы устанавливается соответствующим включением фотодиода в схему.

Фототранзисторы. Самым чувствительным фотоэлектрическим датчиком является фототранзистор. По своей конструкции и по принципу работы он мало отличается от обыкновенного транзистора, но в отличие от последнего у фототранзистора часть верхней крышки заменена прозрачной пластмассовой вставкой.

Белая точка на корпусе фототранзистора обозначает вывод, к которому присоединяется минус питающего напряжения. Пайка и изгибание выводов разрешается на расстоянии не более 5 мм от корпуса.

Микрофоны. В описаниях многих кибернетических приборов, помещенных в этой книге, используются устройства, реагирующие на звук. В качестве «слушающих» датчиков применяются микрофоны, которые служат для преобразования звуковых колебаний в электрические. В зависимости от способа преобразования различают электродинамические, конденсаторные, пьезоэлектрические и угольные микрофоны. Наибольшее распространение в радиолюбительской практике получили электродинамические и угольные, т. к. они дешевы и имеют высокую чувствительность.

Устройство микрофона достаточно просто и много-

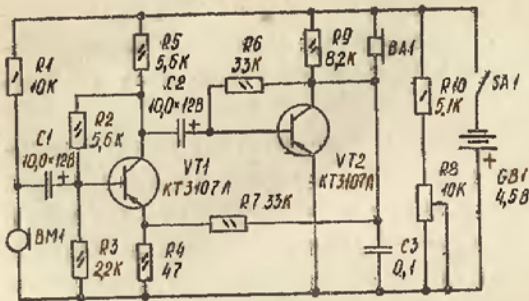


Рис. IV.3. Принципиальная схема микрофонного усилителя на транзисторах

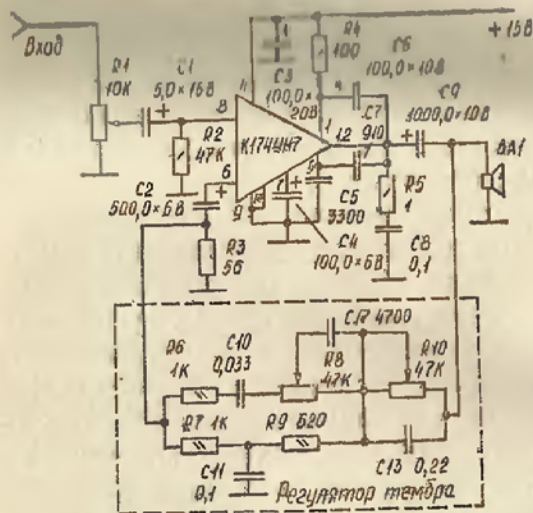


Рис. IV.4. Принципиальная схема усилителя звуковой частоты на микросхеме

кратно описано в популярной литературе, поэтому мы не будем останавливаться на нем. Необходимо помнить, что важнейшим параметром микрофона является его чувствительность, которая может быть выражена отношением величины напряжения, развиваемого микрофоном, на сопротивление нагрузки, к величине звукового давления, воздействующего на диафрагму микрофона. В качестве датчиков звука лучше всего использовать отечественные электромагнитные и электродинамические микрофоны ДЭМ-4М, ДЭМШ МД-201, угольные МК-10, МД-80.

Относительно небольшая чувствительность не позволяет использовать микрофон без усилителя. Усилитель

низкой частоты, используемый в качестве микрофонного усилителя, обычно содержит два или три каскада на полупроводниковых триодах или одну микросхему.

На рис. IV.3 приведена практическая схема микрофонного усилителя на транзисторах и усилителя на микросхеме (рис. IV.4).

Если на выходе микрофонного усилителя установлены электромагнитное или бесконтактное реле, то такое устройство называют акустическим реле.

Светодиоды. Широко применяют в индикаторных схемах, электронных цифровых часах, системах ночного видения, ядерной радиоэлектронике, автоматике, вычислительной технике и т. д.

Основой полупроводниковых светодиодов является электронно-дырочный переход, который излучает свет при прохождении через него прямого тока. Излучение светодиодов может лежать в видимой части спектра или в инфракрасном диапазоне.

Эффективность работы светодиодов оценивают по следующим параметрам: 1) сила света I_v — световой поток, излучаемый светодиодом в направлении, перпендикулярном плоскости кристалла;

2) яркость β — отношение силы света светодиода к площади светящейся поверхности, кд/м^2 ;

3) постоянное прямое напряжение U — напряжение на светодиоде при прохождении постоянного прямого тока.

Светодиоды КЛ101, АЛ102, АЛ103, АЛ109, АЛ112 и АЛ301 используются в качестве световых индикаторов разного цвета. Например, источниками инфракрасного излучения являются светодиоды АЛ106, АЛ107, АЛ108, АЛ109. Нароботка светодиодов КЛ не менее 15 000 ч, а остальных не менее 10 000 ч.

При эксплуатации светодиодов в радиолюбительских приборах необходимо соединять светодиоды с элементами конструкции пайкой. При монтаже изгибать и при-

паивать выводы следует на расстоянии не менее 5 мм от защитного покрытия светодиода. Время пайки должно быть не более 3 с, при этом необходимо использовать теплоотвод и следить, чтобы припой не попал на излучающую поверхность. Максимально допустимый нагрев при монтаже и эксплуатации равен 70°C.

Индуктивность. В каждом радиоприемнике, в каждом телевизоре имеются катушки индуктивности. Без катушки индуктивности не смогут работать ни радиоприемники, ни телевизоры, ни магнитофоны. Что такое индуктивность и как устроена катушка индуктивности? Любой провод, по которому протекает электрический ток, обладает индуктивностью, так как при протекании тока вокруг провода образуется магнитное поле. Однако индуктивность прямого провода мала. Если провод свернуть в спираль и пропустить по нему переменный ток, то магнитные силовые линии каждого витка будут пересекать остальные витки, и явление индуктивности будет проявляться сильнее.

Катушка индуктивности оказывает переменному току индуктивное сопротивление. Чем выше частота переменного тока, тем больше будет индуктивное сопротивление. Индуктивное сопротивление возрастает также с увеличением индуктивности катушки. Если в электрическую схему включить катушку индуктивности и амперметр и увеличивать ЭДС, то мы увидим, что увеличение тока будет происходить не мгновенно, а с некоторой задержкой.

Конструктивно катушки индуктивности выполняют намоткой проволоки на корпус (полый стержень, сделанный из изолятора (фарфор, текстолит и т. д.)). Обмотка может быть однослойной и многослойной. Катушки характеризуются двумя основными параметрами — индуктивностью и добротностью.

Индуктивность измеряется в генри (Гн), величина в тысячу раз меньшая называется миллигенри (мГн), в

10 тысяч раз меньшая называется микрогенри (мкГн).

Если радиолюбителю необходимо увеличить индуктивность катушки — это легко сделать двумя способами: увеличить число витков или применить магнитный сердечник. Применение сердечников с большой магнитной проницаемостью приводит к концентрации магнитного поля внутри катушки и увеличению индуктивности.

Конструктивно изменение индуктивности достигается введением в катушку магнитного стержня (стального или магнитодиэлектрика). Если по стержню и по катушке сделать резьбу, то можно плавно перемещать стержень, а значит, и регулировать величину индуктивности.

Трансформаторы. Очень часто радиолюбителю приходится изготавливать блоки питания, приемники и другую аппаратуру, и везде он сталкивается с необходимостью использовать трансформаторы.

Трансформатор — это низкочастотная катушка индуктивности с сердечником из стальных пластин или с сердечником из прессованных специальных порошков, обладающих высокими магнитными свойствами.

С помощью трансформатора можно повысить или понизить напряжение в схеме, подбирая определенным образом количество витков первичной и вторичной обмоток. Если количество витков первичной обмотки меньше, чем вторичной, то такой трансформатор называется повышающим. Если количество витков вторичной обмотки меньше, чем первичной, то такой трансформатор называется понижающим.

В этой главе мы коротко рассказали читателю, из каких отдельных элементов-кирпичиков монтируются радиотехнические приборы. Наиболее известные элементы, такие, как тумблеры, кнопки, сигнальные лампы, из-за малого объема книги остались не описанными. Но в тех главах, где автор рассказывает, как построить ту или иную модель, будут даны подробные характеристики и типы применяемых деталей.



Глава пятая, в которой читатель знакомится с химическими источниками тока, узнает, как работают выпрямители для питания радиоэлектронной аппаратуры и сам научится конструировать источники питания для радиоустройств

Источники питания являются неотъемлемой частью радиоаппаратуры, ее фундаментом, ее кровеносной системой. Ни один радиоприемник не может работать без источника питания.

Из лекции по радиоэлектронике

На страницах журналов и научно-популярных книг часто встречается выражение «наш век — век электроники и кибернетики». А всего несколько лет назад его называли веком химии. В чем же истина? И в том, и в другом. Без химии, электроники и кибернетики невозможны были бы достижения современной науки и прогресс техники. Однако не следует забывать, что ни химический завод, ни электронно-вычислительная машина не смогут работать при отсутствии электроэнергии. Электричество — хлеб промышленности. Без электроэнергии не действует радиоприемник, не «показывает» телевизор, не работают телефон и телеграф.

Электроэнергия нужна всюду. Сегодня каждый пятиклассник знает, что «вечный двигатель» изобрести нельзя, потому что энергия не возникает из ничего и не уничтожается — она лишь переходит из одного вида в другой. Это один из основных законов природы. Для работы механизма любой машины необходим источник энергии. И конечно, радиоэлектроника не является исключением.

Для работы всех приборов и устройств, описанных в этой книге, требуются источники питания — гальванические элементы, аккумуляторы, выпрямители, стабилизаторы.

Самые распространенные из них — гальванические элементы, или, как их называют обычно, батарейки, работающие, например, в радиоприемниках, в детских игрушках, электрических часах и т. д. Как устроен гальванический элемент, почему он дает ток, знает не каждый, хотя многие наверняка не раз его разбирали.

Давайте и мы разберем отслужившую свой срок батарейку и внимательно изучим ее устройство.

Основой гальванического элемента является цельнотянутый стакан, изготовленный из цинковой ленты (см. цв. вклейку рис. V.2). Стакан 1 служит минусовым электродом. Он заполнен активной массой плюсового электрода +2, напрессованного на угольный стержень.

Угольный графитовый стержень является положительным электродом. Вокруг него имеется мешочек, наполненный смесью угля, порошка графита и двуокиси марганца. Это деполяризатор. Он необходим для того, чтобы нейтрализовать положительные ионы водорода, которые препятствуют движению электрических зарядов.

Электролитом в гальваническом элементе служит паста, представляющая собой раствор нашатыря с примесью крахмала и муки.

В процессе работы элемента выделяющийся водород соединяется с кислородом, содержащимся в двуокиси марганца, в результате чего поляризация не наступает.

Батарейка служит до тех пор, пока химическая реакция не разрушит цинковый электрод и не изменит состав электролита и деполяризатора.

Нашей промышленностью выпускается несколько типов гальванических элементов для питания маломощных электродвигателей, промышленных и любительских

транзисторных приемников, магнитофонов, измерительных приборов.

Наиболее распространенными являются элементы 373, 343, 332, 316 (см. цв. вклейку рис. V.1). Измерение высокоомным вольтметром показывает, что ненагруженный гальванический элемент развивает напряжение от 1,55 до 1,75 В. Если элемент нагрузить, то есть подсоединить к его клеммам резистор или подключить электронную схему, его напряжение падает до 1,3—1,6 В. В тех случаях, когда сопротивление резистора (или нагрузки) будет очень малым, большой ток (ток короткого замыкания) может вывести элемент из строя, и он станет непригодным для работы.

Ток, который может отдать элемент, зависит от геометрических размеров электродов и обычно не превышает 0,2—0,3 А.

Гальванические элементы, выпускаемые в нашей стране, маркируются в основном цифрами, например 373, 343, 332, 316.

Наименование элемента нанесено на защитный футляр литографским способом. Следует иметь в виду, что по электрическим характеристикам новые элементы превосходят выпускавшиеся ранее на 10—30 % (в зависимости от типа элемента и режима его разрядки).

Новые отечественные элементы 373 «Орион М», 343 «Юпитер М», 316 «Уран М» изготовлены с учетом географических и климатических особенностей различных районов СССР и разработаны как универсальные источники тока. Это нужно понимать так: элементы могут нормально работать в разных режимах нагрузки при температуре от -20° до $+45^{\circ}$ С. Так при -20° С продолжительность работы элементов не должна составлять менее 20 % от срока их действия при нормальной температуре.

При длительном хранении элементов в них самопроизвольно протекают химические процессы, приводящие

к частичному расходу материала электродов и образованию нерастворимых соединений. Все это в конечном итоге укорачивает срок службы элементов. Поэтому на них обязательно указывается гарантийный срок хранения до начала эксплуатации. Новые элементы выпускаются по современным международным требованиям СЭВ и МЭК (международной электротехнической комиссии). По их стандартам элементы обозначаются следующим образом: 316 «Уран М» — Р6, 343 «Юпитер М» — Р14, 373 «Орион М» — Р20.

Работоспособность гальванических элементов обусловлена не только их конструкцией и технологией изготовления, но во многом зависит от правильной эксплуатации.

Не рекомендуется оставлять элементы в неблагоприятных условиях, например там, где они могут подвергаться действию прямых солнечных лучей, вблизи радиаторов отопления и т. д.

Следует принимать меры по предотвращению попадания электролита на детали радиоаппаратуры, что обычно приводит к повреждению этих деталей и как следствие — выходу аппаратуры из строя.

Многие радиолюбители пытаются восстанавливать элементы, экспериментальные исследования показали, что повторная зарядка не может, в подавляющем большинстве случаев, обеспечить стабильность электрических характеристик восстановленных элементов. Срок действия их очень невелик, к тому же при неоднократной зарядке элементов возрастает опасность их разгерметизации.

Тем не менее начинающий радиолюбитель может изготовить простейший выпрямитель для восстановления гальванических элементов и провести опыты по их зарядке.

Схема такого выпрямителя приведена на рис. V.3. Следующий вид источника энергии — аккумулято-

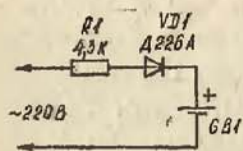


Рис. V.3. Принципиальная схема выпрямителя для восстановления гальванических элементов

ры — названы так потому, что при их зарядке электрическая энергия преобразуется в химическую и хранится (аккумулируется) до тех пор, пока не начнется разряд. В отличие от первичных гальванических сухих элементов аккумуляторы называют вторичными элементами из-за их способности многократно заряжаться.

В радиолюбительской практике наибольшее применение получили никель-кадмиевые аккумуляторы. Их выпускают в трех конструктивных вариантах: дисковом, цилиндрическом и прямоугольном с энергоемкостью от 0,6 до 1,5 ампер-часов (А·ч).

По сравнению с широко распространенными элементами и батареями марганцево-цинковой системы никель-кадмиевые аккумуляторы при равных габаритах имеют почти в полтора раза большую емкость, в два раза больший срок хранения, значительно меньшее внутреннее сопротивление. Срок службы таких аккумуляторов достаточно велик (гарантируются 100—200 циклов заряда — разряда), и поэтому стоимость одного ватт-часа при их эксплуатации по сравнению с элементами марганцево-цинковой системы в 100—200 раз меньше. ЭДС заряженного никель-кадмиевого аккумулятора 1,35 В в конце цикла разряда равна 1 В.

Рабочий интервал температуры для большинства никель-кадмиевых аккумуляторов находится в пределах от -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Эти аккумуляторы имеют ярко выраженную зависимость от температуры. Так, при температуре -10°C емкость уменьшается более чем в два раза по сравнению с емкостью при $+20^{\circ}\text{C}$.

Хранить аккумуляторы можно и незаряженными, и заряженными. Необходимо только учитывать, что после зарядки в течение первых десяти дней хранения заряд

аккумулятора уменьшается примерно на 25 %, а через 30 дней — на 40 %.

Если аккумуляторы долго хранились незаряженными, то первую зарядку рекомендуется проводить при напряжении несколько большем, чем рекомендовано заводскими инструкциями. Это делается для того, чтобы уменьшить внутреннее сопротивление аккумулятора, которое заметно увеличивается после длительного хранения.

Обозначаются дисковые аккумуляторы буквой Д, цифры, следующие через дефис за буквой, указывают на номинальную электрическую емкость в ампер-часах (например, Д-0,2). Буквы ЦНК означают цилиндрический никель-кадмиевый аккумулятор, а цифры, стоящие после дефиса, указывают на емкость аккумуляторов в ампер-часах (например, ЦНК-0,45).

Дисковые никель-кадмиевые аккумуляторы собраны в стальном никелированном цилиндрическом корпусе, состоящем из двух частей: крышки и чашки.

При сборке на заводе устанавливают герметизирующую винилпластовую прокладку и края чашки завальцовывают. Внутри чашки размещают положительный и отрицательный дисковые электроды, разделенные сепаратором. Электроды и сепаратор пропитывают электролитом. Все элементы конструкции фиксированы (сжаты) плоской крестообразной пружиной.

Цилиндрические и прямоугольные никель-кадмиевые аккумуляторы отличаются от дисковых только формой корпуса, конфигурацией и числом положительных и отрицательных электродов.

Корпусом цилиндрического аккумулятора служит стальная никелированная трубка с несколькими кольцевыми канавками. В корпусе установлен блок положительных электродов, представляющий собой два полуметра с общим выводом, укрепленным на пластмассовой крышке аккумулятора. Отрицательные электроды

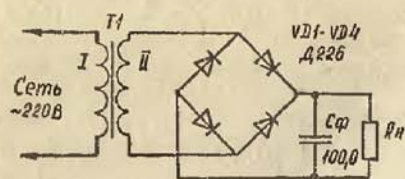


Рис. V.4. Принципиальная схема простейшего двухполупериодного выпрямителя

с трех сторон охватывают блок положительных электродов. Отрицательным выводом аккумулятора служит корпус. Сепаратор изготовлен из капроновой ткани. В зазорах между стенками корпуса и отрицательными электродами циркулирует газ, выделяющийся при работе аккумулятора. Герметичность аккумулятора обеспечивается завальцовкой краев корпуса.

Оптимальной считают зарядку аккумулятора в течение 15 часов током, указанным в заводской инструкции. При этом аккумулятору сообщается 150 % количества электричества, отданного при предыдущем разряде.

Дальнейшее увеличение длительности разряда так же, как и увеличение зарядного тока, может привести к деформации и разрыву корпуса. Если при зарядке аккумулятора пользуются током значительно меньшим, чем рекомендовано инструкцией, отдаваемый аккумулятором заряд соответственно уменьшается.

Из герметичных никель-кадмиевых аккумуляторов, имеющих минимальный разброс емкости, комплектуют батареи.

Аккумуляторы так же, как и гальванические элементы, соединяются в батареи последовательно, если необходимо увеличивать напряжение; параллельно, если необходимо увеличивать величину тока, и смешанно, если необходимо увеличивать и напряжение, и ток.

Используя гальванические элементы и аккумуляторы для питания радиоэлектронных конструкций, радиолюбитель не «привязан» к сети переменного тока. Однако такие батареи, как мы уже рассказывали, требуют или подзарядки, или их замены. Частая замена гальванического элемента не экономична, требует расходов, а глав-

Таблица V.1

Мгочные данные трансформатора ТВК

Трансформатор	Обмотка, номер выводов	Число витков	Применение	Провод	Сопротивление постоянному току, Ом
ТВК-70Л2	I (1—1)	3000	сетевая	ПЭВ-1 0,12	460
	II (3—4)	146	вторичная	ПЭВ-1 0,47	1,75
ТВК-110ЛМ	I (1—2)	2400	сетевая	ПЭВ-1 0,14	280
	II (3—4)	148	вторичная	ПЭВ-1 0,62	1,05
	III (5—6)	240	не используется	ПЭВ-1 0,14	30
ТВК-110Л-1	I (1—2)	2140	сетевая	ПЭВ-1 0,17	250
	II (3—4)	214	вторичная	ПЭВ-1 0,64	1,5
	III (5—6)	238	не используется	ПЭВ-1 0,17	25
ТВК-110Л-2	I (1—2)	2430	сетевая	ПЭВ-1 0,15	280
	II (3—4)	150	вторичная	ПЭВ-1 0,55	1,05
	III (5—6)	243	не используется	ПЭВ-1 0,15	32

ное, в продаже не всегда бывает тот или иной необходимый элемент. Поэтому те радиоэлектронные устройства, которые работают в стационарных условиях, лучше питать от сети переменного тока через выпрямитель.

Простейший выпрямитель можно собрать, используя понижающий трансформатор, 4 диода, включенных по мостовой схеме, и конденсатор (рис. V.4.). Вместо четырех диодов можно использовать один элемент (блок), в котором заключены выпрямительные диоды (например, КЦ403А). Мостовая схема имеет ряд преимуществ. Во-первых, она позволяет получить двухполупериодное выпрямление, во-вторых, трансформатор, используемый в такой схеме, не имеет средней точки, что упрощает изготовление. В-третьих, при двухполупериодном вы-

прямлении происходит более высокая частота пульсации, которая легче поддается фильтрации с помощью электролитических конденсаторов.

Практически легко и быстро можно изготовить выпрямитель, используя трансформаторы ТВК-70, ТВК-110ЛМ-К, ТВК-110-Л (трансформатор выходной кадровой от телевизора), стоящие в схемах кадровой развертки черно-белых телевизоров. Эти трансформаторы можно успешно применять во многих радиолюбительских конструкциях, поэтому приводим таблицу точных данных трансформаторов ТВК.

Несложный выпрямитель, описанный выше, может быть использован для питания простых конструкций. Следует только учесть, что наряду с достоинствами, о которых мы уже рассказали, ему присущ и очень крупный недостаток — он не имеет стабилизации, то есть при изменении потребляемого от выпрямителя тока изменяется его выходное напряжение, что отрицательно влияет на работу любого радиоустройства. Почему это происходит?

Вспомним закон Ома: при уменьшении сопротивления цепи ток увеличивается, а напряжение в цепи уменьшается. Значит, падение напряжения зависит от величины тока, который протекает через элементы источника питания (выпрямители, дроссели, резисторы и т. д.). Чем больший ток отбирается от источника питания, тем большее падение напряжения происходит на его элементах, что в свою очередь приводит к снижению его выходного напряжения. Когда же от источника питания отбирается меньший ток, выходное напряжение возрастает, поскольку падение напряжения на элементах источника минимально.

Изменение выходного напряжения в зависимости от потребляемого тока от источника питания характеризуется коэффициентом стабилизации напряжения. Обычно эту величину выражают в процентах.

Коэффициент стабилизации ($K_{ст}$) можно определить по очень простому уравнению.

$$K_{ст} = \frac{\text{Напряжение холостого хода} - \text{Напряжение при полной нагрузке}}{\text{Напряжение при полной нагрузке}} \times 100.$$

Это простое правило употребляется при определении коэффициента стабилизации напряжения и учитывает пропорциональность увеличения или уменьшения напряжения при изменении сопротивления нагрузки на источниках питания. Чем меньше разница в величине напряжения холостого хода и при полной нагрузке, тем лучше коэффициент стабилизации.

В радиотехнике существуют различные способы стабилизации напряжения тока, но наиболее удобным для радиолюбительских конструкций является стабилизатор, выполненный с использованием специальных полупроводниковых приборов — стабилитронов.

Стабилитрон — это опорный диод, предназначенный для стабилизации уровня напряжения при изменении величины протекающего через диод тока. В зависимости от типа стабилитрона он обладает способностью поддерживать некоторое постоянное напряжение протекающего через него тока.

В практике радиолюбителя может возникнуть такая ситуация, когда под рукой нет необходимого стабилитрона. Не следует отчаиваться. Эту проблему можно решить с помощью различных схем включения стабилитронов. Например, стабилитроны можно включать последовательно. У вас имеются стабилитроны на 3,5 В, 8 В и 10 В. Соединив их последовательно, как показано на рис. V.5, получим общее стабилизированное напряжение, равное сумме напряжений на отдельных стабилитронах.

В нашем примере стабилизированное напряжение будет равным 21,5 В. Однако при создании стабилитронов

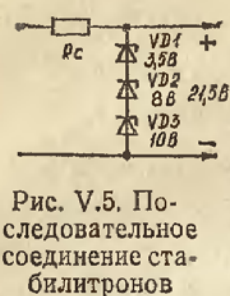


Рис. V.5. Последовательное соединение стабилитронов

необходимо помнить, что по мощности отдельные стабилитроны должны быть одинаковыми.

Теперь, когда мы узнали, как работает стабилизатор, радиолюбителю предлагается построить универсальный сетевой стабилизированный блок питания, который выдает 12—15 В постоянного напряжения (рис. V.6).

Работает такой стабилизированный выпрямитель следующим образом. Напряжение со второй обмотки трансформатора Т1 поступает на двухполупериодный выпрямитель, собранный на диодах $VD1 \div VD4$. После выпрямления оно поступает на электролитический конденсатор $C1$, который сглаживает пульсации. Отсюда можно снимать нестабилизированное напряжение 16—20 В. С обкладок фильтрующего конденсатора $C1$ это же напряжение подается на стабилизатор. Резистор $R1$ задает ток, текущий через стабилитрон $VD5$. Транзисторы $VT1$ и $VT2$, включенные по схеме ОК (общий коллектор), образуют составной транзистор, работающий в режиме усилителя тока. Источником сигнала для него служит опорное напряжение, снимаемое со стабилитрона $VD5$. Резистор $R2$ задает ток базы транзистора $VT2$, а $C2$ «набело» фильтрует выпрямленное напряжение. Детали блока питания можно разместить на печатной или монтажной плате. После окончания монтажа нужно только подобрать резистор $R1$, чтобы ток через стабилитрон не превышал 15 мА для диода Д813; 20 мА для Д814Г и для Д814Д.

В качестве сетевого трансформатора можно использовать трансформаторы ТВК (трансформатор выходной кадровой от телевизора). Ихмоточные данные приведены в таблице 5.

Резисторы $R1$ и $R2$ могут быть типа МЛТ с мощностью рассеивания 0,25÷1,0 Вт.

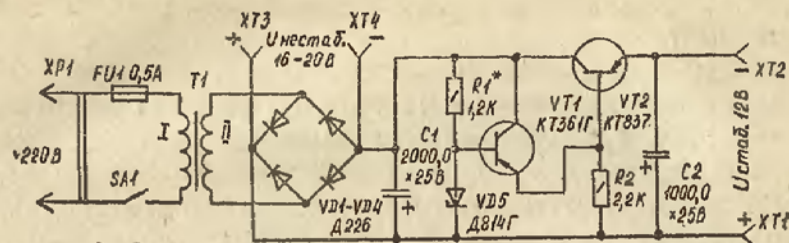


Рис. V.6. Принципиальная схема универсального стабилизированного блока питания

Конденсаторы $C1$ и $C2$ типа К-50-6 или К-50-3 рассчитаны на рабочее напряжение 25 В. Их емкость может быть и меньше указанной на схеме, но в этом случае качество фильтрации ухудшится. Диоды $VD1 \div VD4$ могут быть любые серии Д7, Д226 и КД202. В качестве транзистора $VT1$ можно использовать КТ361Г, для $VT2$ подойдут любые транзисторы серий КТ837 с любым буквенным индексом, или П213Б, или П201. Устанавливается он на радиаторе, который несложно сделать самому из алюминиевых или медных пластин. С помощью этого блока питания вы сможете испытать большинство конструкций, приведенных в этой книге.

Стабилизированное напряжение следует подавать на предварительные усилители звуковой частоты (ЗЧ) — это заметно улучшит их работу, а нестабилизированное напряжение пригодится для опробования мощных каскадов усилителей звуковой частоты или схем автоматики. Помните, что мощность выпрямителя всего 10—12 Вт, а стабилизатора не более 8 Вт. Если вы захотите попробовать запустить усилитель низкой частоты (УНЧ) мощностью 20 Вт «на всю катушку», то блок питания немедленно выйдет из строя. Поэтому не забывайте, что при использовании этого блока мощные усилители звуковой частоты можно испытывать только при выходной

мощности не более 2—3 Вт (звук громко включенного телевизора).

Корпус для блока питания следует сделать обязательно из изоляционного материала, так как на первичной обмотке трансформатора имеется высокое сетевое напряжение, которое опасно для жизни. На передней панели монтируются клеммы, к которым подключаются провода двух напряжений (сетевого и выходного) и тумблер включения блока питания. При монтаже старайтесь быть аккуратными — одна неверно присоединенная деталь может «стоять жизни» всему блоку питания, он сгорит.

Широкое внедрение в радиоэлектронику микросхем значительно упростило монтаж радиоэлектронной аппаратуры. Появились микросхемы, которые заменяют многокаскадные схемы (например, схема усилителя звуковой частоты).

Применение микросхем предъявляет повышенные требования к выпрямительным устройствам. Большинство микросхем требуют двуполярного питания.

На рис. V.7 приведена принципиальная схема двуполярного блока питания, дающего напряжение ± 12 В.

Блок состоит из понижающего трансформатора Т1, двухполупериодного выпрямителя на диодах VD1÷VD4, конденсаторов фильтра С1, С2 и двух параметрических стабилизаторов R1, VD5 и R2, VD6.

В этой схеме используются конденсаторы К50-12, стабилитроны Д814Д. Трансформатор можно использовать готовый, с двумя вторичными обмотками с напряжением по 12,6 В при токе нагрузки до 50 мА. I обмотка — 5000 витков ПЭВ-1 \varnothing 0,1 мм. II обмотка 2×320 витков ПЭВ-1 \varnothing 0,15 мм.

Многие схемы, описанные в этой книге, собраны на интегральных микросхемах серии К155, К133. Для их питания вам потребуется стабилизированный блок питания, рассчитанный на постоянное напряжение 5 В.

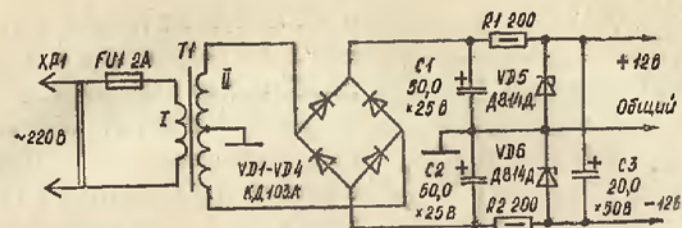


Рис. V.7. Принципиальная схема двуполярного блока питания

Использовать гальванические элементы для питания микросхем этой серии нельзя, т. к. батарея КБС дает 4,5 В, а батарея «Крона» — 9 В. Поэтому мы предлагаем читателю самому изготовить такое устройство, которое бы автоматически поддерживало на выходе напряжение 5 В. Это устройство называется стабилизатором, его принципиальная схема приведена на рис. V.8.

Источником питания для стабилизатора может служить одна «Крона» или две батареи 3336Л, соединенные последовательно.

Питание на схему подается через стабилизатор, собранный на стабилитроне VD1, балластном резисторе R1, эмиттерном повторителе на транзисторе VT1.

Напряжение на выходе блока ± 5 В устанавливают переменным резистором R2.

В схеме использованы следующие радиоэлементы: постоянные резисторы МЛТ-0,25, переменный резистор СП3 или СП4, транзистор VT1-КТ315Б или КТ312Б, конденсаторы: С1-КМ, С2-К50-6, выключатель — малогабаритный микропереключатель МТ1, стабилитрон КС168А. Высокую точность и надежность собираемой радиолюбителями аппаратуры можно обеспечить только тогда, когда будут стабильны питающие напряжения, для чего

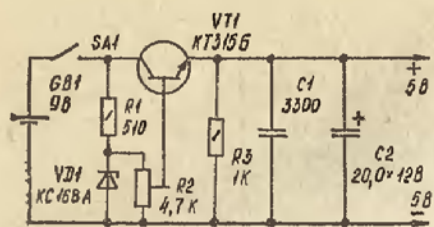


Рис. V.8. Принципиальная схема питания стабилизатора для микросхем

Несомненный интерес для радиолюбителей всех категорий представляют полупроводниковые микросхемы стабилизаторов напряжения серий К181, К142, К299. Они предназначены для стабилизации напряжения во вторичных источниках питания. Такие устройства позволяют, в частности, по-новому осуществить электропитание сложных устройств нестабилизированными источниками постоянного тока за счет применения индивидуальных стабилизаторов для отдельных блоков и каскадов.

Мы предлагаем читателю самому собрать сетевой блок питания на микросхеме серии К142ЕН1Б. Этот блок дает напряжение от ± 9 до 12 В, мощностью 3÷4 Вт. Его принципиальная схема приведена на рис. V.9.

Многие из наших читателей, вероятно, обратят внимание на то, что блок содержит минимальное количество радиоэлементов. Это достигнуто за счет введения в схему блока интегральной микросхемы серии К142ЕН1Б и стабилизатора с регулируемым выходным напряжением.

В схеме блока питания можно использовать любой сетевой трансформатор с напряжением на вторичной обмотке 10—12 В или трансформатор марки ТС-5-4.

Можно использовать диодную сборку: I-КД906А или КЦ407А, К542НД1. В крайнем случае можно использовать четыре диода с допустимым выпрямленным током не менее 100 мА, например К 510А.

в блоках питания применяются интегральные стабилизаторы напряжения.

Современная интегральная технология позволяет создать различные стабилизирующие устройства — от простейших параметрических стабилизаторов до схем стабилизаторов компенсационного и импульсного типа.

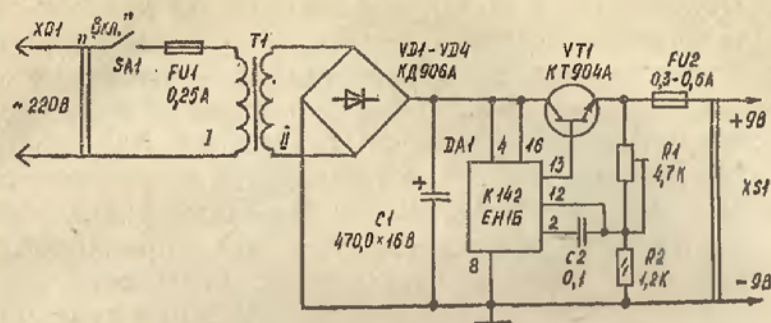


Рис. V.9. Принципиальная схема сетевого блока питания на интегральной микросхеме

Транзистор VT1 — К1904А можно заменить на транзистор КТ815 или КТ817 с любым буквенным индексом. Конденсаторы: С1-К52-1Б, С2-КМ-5. Постоянный резистор МЛТ-0,25, переменный типа СП4-1. Предохранитель FU1 ВП1. Выключатель питания SA1 — кнопочный выключатель типа П2К или ТВ1-1 — тумблер.

Налаживание блока питания сводится к установке резистором R1 необходимого напряжения на выходе блока.

Следует иметь в виду, что ни начинающий, ни опытный радиолюбитель не застрахованы от схемных оши-

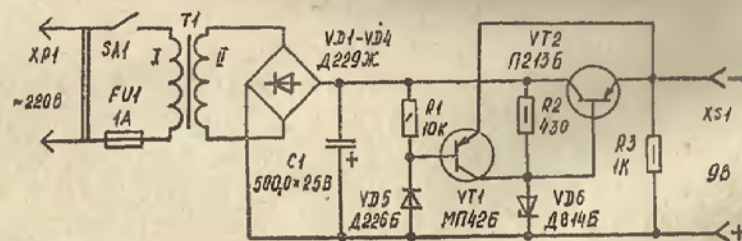


Рис. V.10. Принципиальная схема блока питания с защитой от коротких замыканий

бок. Долгие дни и часы, затраченные на монтаж схемы, иногда заканчиваются печально. При включении раздастся треск, вспышка, сгорает предохранитель — в схеме короткое замыкание. А ведь очень часто радиолюбители совершенно напрасно не ставят в своих конструкциях предохранителей, что приводит к сгоранию дорогостоящего выпрямителя. Во избежание таких ошибок предлагаем вам собрать схему стабилизированного блока питания с защитой от коротких замыканий.

Блок обеспечивает напряжение 9 В при токе потребляемой нагрузкой до 500 мА (рис. V.10).

Переменное напряжение со вторичной обмотки трансформатора Т1 подается на двухполупериодный выпрямитель, собранный на диодах VD1÷VD4. Выпрямленное и сглаженное конденсатором С1 напряжение поступает на регулирующий транзистор VT2 и стабилитрон VD6 (через балластный резистор R3). Падение напряжения на стабилитроне, равное напряжению его стабилизации (около 9 В), приложено между базой и эмиттером регулирующего транзистора. А так как этот транзистор включен эмиттерным повторителем, практически такое же напряжение будет и на нагрузке, подключаемой к гнездам XS1, XS2.

Автомат защиты от коротких замыканий собран на транзисторе VT1. Его база подключена к делителю напряжения, образованного резистором R2 и прямым сопротивлением диода VD5.

В исходном состоянии транзистор VT1 закрыт положительным (относительно эмиттера) напряжением смещения на его базе. Как только в нагрузке, подключенной к выходу блока, произойдет короткое замыкание, эмиттер этого транзистора окажется подключенным к аноду диода VD5, на его базе появится отрицательное напряжение смещения. Транзистор при этом откроется и зашунтирует собой стабилитрон VD6. В это время регулирующий транзистор практически закроется, и через него

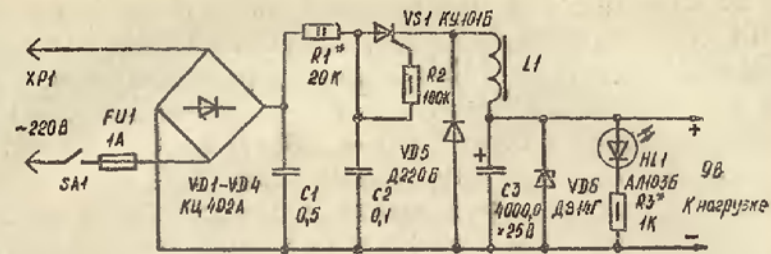


Рис. V.11. Принципиальная схема бестрансформаторного блока питания

(а значит, и через цепь короткого замыкания) будет протекать незначительный постоянный ток. Как только короткое замыкание устранено, на нагрузке вновь появится напряжение постоянного тока.

При использовании исправных деталей блок питания налаживания не требует.

Действие автомата защиты от короткого замыкания проверяют амперметром на ток не менее 2 А, подключенным к гнездам XS1, XS2. При нормальной работе автомата стрелка амперметра сначала должна резко отклониться от нулевой отметки и тут же вернуться в исходное положение.

В схеме использованы детали: транзисторы VT1—МП42Б, VT2—П213Б или КТ837 с любым буквенным индексом.

У обоих транзисторов коэффициент передачи тока транзисторов должен быть не менее 40.

Транзистор VT2 необходимо установить на теплоотводящий радиатор размерами не менее 80×70 мм. Резисторы постоянные типа МЛТ-1. Электрический конденсатор К50-6, его можно заменить на К50-13, К50-16, К50-24.

Трансформатор Т1 намотан на магнитопровод III

20×20 сечением не менее 3 см². Обмотка I содержит 2200 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,18 мм. Обмотка II — 150 витков ПЭВ-1 диаметром 0,45 мм. Диоды VD1÷VD4 — Д229Ж+Л или Д302 — Д305, VD5 — Д226Б. Стабилитрон — VD6 — Д814Б или Д809. Выключатель SA1 любого типа, можно П2К, ТВ2.

Одна из самых трудоемких и сложных для радиолюбителей операций — намотка силового трансформатора в домашних условиях. Лучше использовать в своих конструкциях готовые, заводские трансформаторы. Не случайно в начале этой главы мы рассказывали об использовании ТВК в качестве силового трансформатора. Вот почему очень заманчиво выглядит предложение радиолюбителя Е. И. Зайцева вообще избавиться от силового трансформатора, изготовить стабилизированный бестрансформаторный блок питания, схему которого мы предлагаем на рис. V.11.

Этот блок питания отличается от других, как уже говорилось, отсутствием понижающего трансформатора. При выходном напряжении 9 В, токе нагрузки 100 мА блок питания потребляет от сети около 10÷12 мА.

Малые габариты блока питания позволяют легко встроить его в различные радиотехнические устройства, описанные в этой книге. Работает он следующим образом: сетевое напряжение, выпрямленное диодным мостом 1 (рис. V.11.), заряжает конденсаторы C1, C2. Время зарядки конденсатора C2 определено номиналами цепи R1C2. В первый момент после включения устройства тиристор VS1 закрыт, но при некотором напряжении на конденсаторе C2 он откроется и подключит к этому конденсатору цепь L1C3. При этом от конденсатора C2 будет заряжаться конденсатор C3 большей емкости. Напряжение на конденсаторе C2 будет уменьшаться, а на C3 — увеличиваться.

Ток через дроссель L1, равный нулю в первый момент после открывания тиристора, постепенно увеличивается

до тех пор, пока напряжения на конденсаторах C2 и C3 не уравниваются. Как только это произойдет, тиристор VS1 закроется, но энергия, запасенная в дросселе L1, будет некоторое время поддерживать ток зарядки конденсатора C3 через открывшийся диод VD5. Далее диод закрывается и начинается относительно медленная зарядка конденсатора C3 через нагрузку. Стабилитрон VD6 ограничивает сверху напряжение на нагрузке.

Как только закрывается тиристор VS1, напряжение на конденсаторе C2 снова начинает увеличиваться. В какой-то момент тиристор снова открывается и начинается новый цикл работы устройства. Частота открывания тиристора в несколько раз превышает частоту пульсации напряжения на конденсаторе C1 и зависит от номиналов элементов цепи R1C2 и параметров тиристора VS1.

Рекомендуем использовать следующие детали в блоке питания: конденсаторы C1, C2 — МБМ на рабочее напряжение не менее 250 В, C3 — К50-6, или К50-7, или К50-3; диодный мост VD1 — VD4 — КЦ402А; резисторы R1 — R3 — ОМЛТ-2, МЛТ-2, тиристор VS1 — КУ101Б; диод VD5 — Д226; стабилитрон VD6 — 814Г; светодиод HL1 — АЛ310Б, АЛ307; выключатель SA1 — сетевой типа П2К. Дроссель L1 должен иметь индуктивность 1+2 мГн и сопротивление постоянному току не более 0,5 Ом.

Дроссель можно изготовить, взяв бумажный цилиндрический каркас диаметром 7 мм. Ширина намотки — 10 мм, она состоит из пяти слоев провода ПЭВ-2 диаметром 0,25 мм, намотанного плотно, виток к витку. В осевое отверстие каркаса дросселя нужно вставить подстроечник СС28×12 из феррита марки М200НН-3.

Конструкция блока питания имеет бестрансформаторное питание от сети переменного тока. Обращайте особое внимание на соблюдение техники безопасности.

В этой главе приведены выпрямители, которые могут обеспечить питание практически любых радиотехнических конструкций.



Глава шестая, из которой вы узнаете, как оснастить домашнюю радиотехническую лабораторию необходимыми самодельными измерительными приборами

Для многих людей наука — это измерения, выполняемые со скрупулезной тщательностью.

Джордж Томпсон

В третьей главе мы рассказали о том, как создать мастерскую радиолюбителя и оборудовать ее необходимым инструментом. Однако изготовление радиоаппаратуры требует не только наличия инструмента, но и проверки каждой детали, налаживания приборов после окончания монтажа, измерения режимов транзисторов и т. д. Зачастую одна неработающая деталь, которую не удалось выявить до начала монтажа, является причиной неисправности всего прибора.

Измерительные приборы для радиолюбителя — это глаза и уши, без них нельзя правильно настроить и отремонтировать радиоаппаратуру. Без измерительной аппаратуры невозможно грамотное конструирование радиоустройств.

Начинающему радиолюбителю трудно самому изготовить сложный измерительный прибор, поэтому на первых порах рекомендуем ему иметь в своем арсенале простые измерительные приборы (пробники). С ростом мастерства ваша домашняя лаборатория будет пополняться более совершенной измерительной аппаратурой, а пока попробуем собрать простейшие измерительные пробники, имеющие узкую специализацию. Например, для проверки диодов, тиристоров, транзисторов и т. д.

В главе приведены описания схем измерительных приборов, расположенных по мере нарастания — от про-

стых конструкций к более сложным.

Первый и самый простой пробник, который может собрать радиолюбитель за несколько минут (рис. VI.1), состоит из одной лампочки *HL1*, рассчитанной на напряжение 2,5 В, ток потребления 68 мА, двух гальванических элементов типа 332, соединенных последовательно и двух самодельных щупов, которые изготавливаются из изолированного провода с припаянными на концах зажимами типа «крокодил». Этот простейший прибор может оказать радиолюбителю большую помощь. Если необходимо, например, проверить целостность катушки магнитной антенны, достаточно коснуться щупами начала и конца обмотки, и лампочка загорится. При этом необходимо помнить, что яркость свечения лампочки зависит от величины сопротивления катушки. Если конструируемый вами приемник рассчитан на станции средневолнового диапазона, сопротивление катушки, намотанной проводом 0,18 мм или 0,2 мм, составит примерно 3—5 Ом, и свет лампочки пробника будет ярким. При проверке катушки длинноволнового диапазона с большим сопротивлением, чем у средневолновой, лампочка пробника загорится вполнакала. В случае обрыва провода в катушке лампочка не светится.

В главе третьей мы уже говорили, что работоспособность радиоконструкции во многом зависит от качества пайки.

С помощью описанного выше пробника можно проверить и этот показатель. Если коснуться щупами проводников, соединенных пайкой, яркий свет лампочки покажет, что пайка хорошая, а отсутствие света или горение вполнакала предупреждает о некачественно выполненной пайке. Аналогично можно проверить обмотки транс-

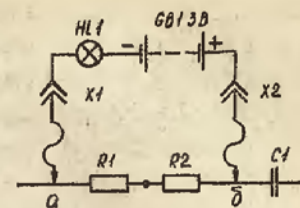


Рис. VI.1. Простейший электрический пробник

форматоров и дросселей, конденсаторов, только помните, что при большом количестве витков, а значит, и высоком сопротивлении трансформатора, даже если он исправен, лампочка не должна гореть, а если загорится, значит, конденсатор пробит.

Юный радиолюбитель должен быть особенно осторожен и не пренебрегать правилами техники безопасности при работе с электрическим током. Нельзя забывать, что напряжение свыше 40 В уже является опасным для жизни, ток силой 0,03 А вызывает сильную мышечную реакцию; 0,06 А — вызывает паралич дыхательных органов, а доза 0,1 А смертельна. Поэтому нужно взять за правило: прежде чем коснуться провода, клемм или других токонесущих деталей, необходимо проверить прибором наличие, величину и полярность напряжения.

Универсальный пробник собран на светодиодах КЛ101В (рис. VI.2а). Принцип его действия чрезвычайно прост. Он основан на свечении светодиодов при подаче на них напряжения. На корпусе пробника имеется пять гнезд, снабженных надписями: «240 В», «150 В», «24 В», «6 В». Последовательно со светодиодами включены резисторы. Напряжение измеряют установкой переключающего штекера (рис. VI.2б), начиная с гнезда, маркированного более высоким напряжением — 240 В, затем переключая на более низкое напряжение — 150 В и т. д. до тех пор, пока светодиоды не начнут светиться. Это делается для того, чтобы при большом напряжении не сжечь светодиоды. При измерении постоянного напряжения полярность определяется по светящемуся светодиоду, помеченному знаком «+» или «-». При измерении переменного напряжения светятся оба светодиода.

Пробник — индикатор напряжения, предложенный радиолюбителем А. Селецким для измерения низкого напряжения, опробован автором и показал хорошие результаты. Он не требует налаживания и начинает работать сразу же после окончания монтажа. Для сборки

этого пробника понадобится всего пять деталей (рис. VI.3). Радиолюбитель с помощью данного прибора убедится в наличии напряжения, определит его вид (постоянное или переменное) и полярность. Диапазон измеряемых напряжений от 3 до 30 В (для постоянного) и от 2,2 до 22 В для переменного тока. Ток потребления очень мал и составляет 6 мА. В схеме пробника применены полевые транзисторы VT1 и VT2. На них собран стабилизатор тока, который нагружен на встречно-параллельно включенные светодиоды HL1 и HL2.

Гнездо XS1 (использован зажим типа «крокодил») присоединяют к общему проводу контролируемого напряжения, а щупом XP1 касаются исследуемых точек схемы. Если на щупе плюс, а на гнезде XS1 минус, то вспыхивает светодиод HL2, и наоборот, когда на щупе XS1 — плюс, загорается светодиод HL1. Свечение обоих светодиодов означает наличие между щупом и гнездом переменного напряжения. Если не горит ни один из светодиодов — то напряжение менее 2 В или вообще отсутствует.

В пробнике индикатора можно использовать полевые транзисторы VT1, VT2 — КП303Д, светодиоды HL1, HL2 — АЛ102 или АЛ307 с любым буквенным индексом.

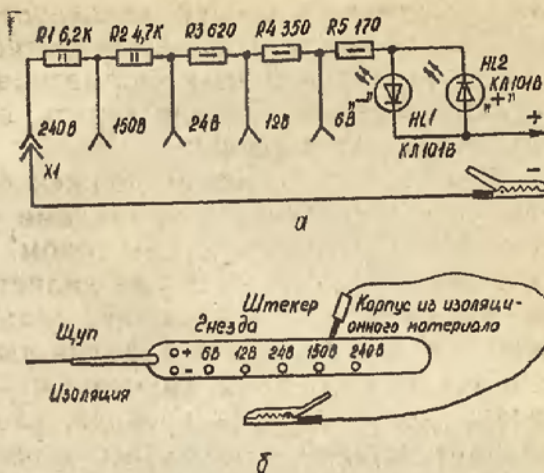


Рис. VI.2. Электронный пробник на светодиодах для определения величины напряжения и полярности тока

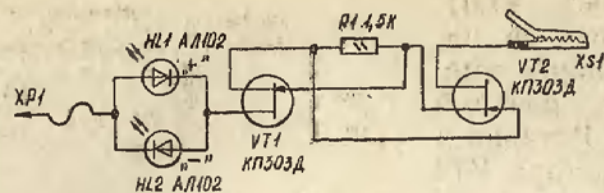


Рис. VI.3. Пробник — индикатор напряжения

Пробники для проверки диодов

Начинающим радиолюбителям нередко приходится проверять диоды высокочастотные, низкочастотные, маломощные и мощные. Прибегая к помощи авометра или омметра, радиолюбители не подозревают, что при таком измерении возможно повреждение днода, происходящее из-за того, что в цепи начинает течь значительный прямой ток (его значение может достигать сотен миллиампер на пределе измерения единиц Ом).

Поэтому предлагаем собрать очень удобный пробник, в котором ток, проходящий через проверяемый диод, ограничен до безопасного значения. В этом пробнике использованы распространенные детали, имеющиеся в широкой продаже. Схема пробника очень проста (рис. VI.4). Здесь можно использовать светодиоды HL1, HL2 — АЛ102, АЛ307, АЛ310 с любым буквенным индексом. Трансформатор питания Т1 — различных типов с напряжением питания во вторичной обмотке от 5 до 20 В. При настройке пробника резистор R1 подбирается так, чтобы ток, проходящий через светодиоды HL1 и HL2, не превышал 5 мА. Для этого нужно подключить миллиамперметр к гнездам XS1 и XS2.

Пробник для проверки маломощных транзисторов может радиолюбителю быстро определить исправность маломощных германиевых транзисторов любой струк-

туры (рис. VI.5).

На передней панели пробника имеется два разъема XS1, XS2. Вставив в них транзисторы VT1 и VT2 разной структуры, получим генератор, вырабатывающий колебания звуковой частоты, которые будут слышны в головном телефоне BF1.

От положения движка переменного резистора R3, имеющего надпись «генерация», зависит момент возникновения генерации.

Если нужно проверить исправность транзистора структуры $p-n-p$, его выводы подключают к разъему XS1, а в гнезда разъема XS2

вставляют контрольный транзистор VT2. При исправности проверяемого транзистора в головном телефоне раздастся звук. Чем выше коэффициент усиления проверяемого транзистора, тем в большем диапазоне перемещения движка переменного резистора будет слышен звук. Если транзистор не исправен, независимо от положения движка, в телефоне будет слышен шум либо вообще не будет никакого звука.

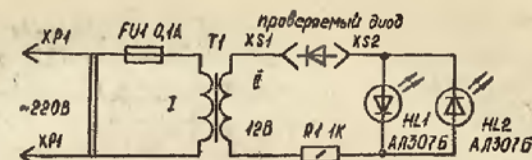


Рис. VI.4. Принципиальная схема пробника для проверки диодов

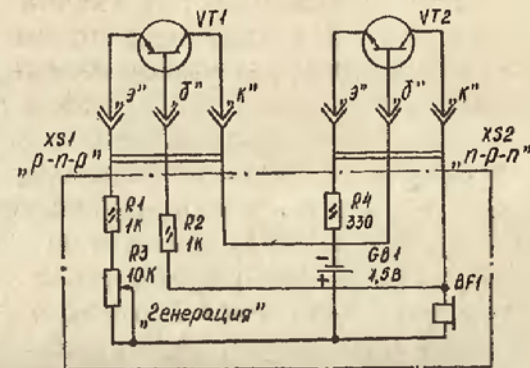


Рис. VI.5. Простой пробник для проверки маломощных транзисторов

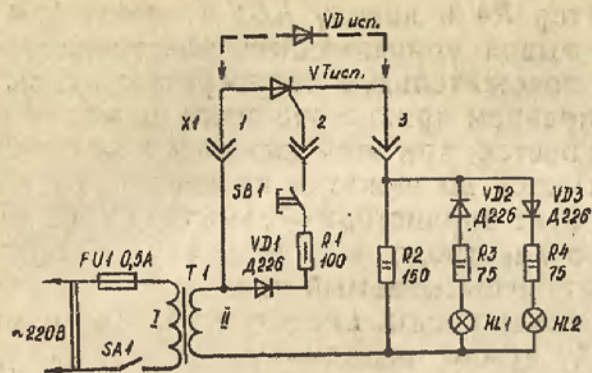


Рис. VI.6. Принципиальная схема пробника для проверки мощных диодов и тиристоров

Проверяя транзистор структуры $n-p-n$, нужно поступить наоборот — к разъему $XS1$ подключить контрольный транзистор $VT1$, а в гнезда разъема $XS2$ вставить выводы проверяемого транзистора.

При правильно собранной схеме и исправных радиоэлементах пробник в налаживании не нуждается.

В его схеме можно использовать постоянные резисторы типа ОМЛТ, МЛТ, 0,125, 0,25 Вт, головной телефон $BF1$ марки ТМ-2А, переменный резистор $R3$ любого типа, например СП-1, СП-2 или другой, источник питания $GB1$ — элемент 316, 346 или 373. Разъемы $XS1$ и $XS2$ — любой конструкции, например панельки под транзисторы или гнезда любого типа.

Пробник для проверки мощных диодов и тиристоров, простой и достаточно точный, показан на рис. VI.6.

Питание этого прибора осуществляется от сети переменного тока через понижающий трансформатор $T1$.

Со вторичной обмотки трансформатора $T1$ переменное напряжение подается на входное гнездо 1, к которому подключают вывод анода тиристора. Через диод

$VD3$, резистор $R4$ и кнопку $SB1$ к гнезду 2, с которым соединяют вывод управляющего электрода тиристора, поступают положительные полупериоды напряжения.

При исправном тиристоре после нажатия на кнопку $SB1$ он откроется, при этом зажжется лампа $HL1$. Если лампа зажжется до нажатия на кнопку, следовательно, имеется дефект тиристора — замыкание в цепи его управляющего электрода, а если зажгутся лампы $HL1$ и $HL2$, значит, испытываемый тиристор $VT_{исп.}$ пробит.

Проверяемые диоды, рассчитанные на прямой ток не менее 0,3 А, нужно подключать к гнездам 1, 3 разъема $X1$.

Аноды диодов подключают к гнезду 3, а катоды — к гнезду 1. При исправном диоде зажжется лампа $HL2$, а при изменении полярности подключения к пробнику — лампа $HL1$.

В случае, если диод пробит, зажгутся одновременно обе лампы, а при внутреннем обрыве не зажжется ни одна из них.

В пробнике можно использовать диоды $VD1 + VD3$ — Д226; резисторы $R1, R2, R3$ — ОМЛТ, МЛТ-2 Вт, $R4$ — ОМЛТ-0,5 Вт, выключатель $SA1$, тумблер типа ТЗ и гнезда 1÷3 любого типа; кнопка $SB1$ типа КМ-1-1, $T1$ — трансформатор с напряжением на первичной обмотке — 220 В, а на вторичной обмотке — 25 В.

Можно сделать и самодельный трансформатор, у которого первичная обмотка содержит 2200 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,2 мм; вторичная обмотка имеет 250 витков провода ПЭВ-1 диаметром 0,5 мм. Трансформатор изготовлен на магнитопроводе $Ш120 \times 25$. Сигнальные лампы $HL1$ и $HL2$ на напряжение 6,3 В и ток 0,28 А.

Теперь, когда лаборатория юного радиолюбителя оснастилась простыми пробниками, мы начнем конструировать более сложные и точные измерительные приборы. Но прежде необходимо познакомиться с их устройством, узнать самые необходимые сведения по измерительной

технике, правильному применению наиболее распространенных измерительных приборов.

Промышленность выпускает целый ряд измерительных приборов. Они различаются в зависимости от рода измеряемой величины (напряжения, тока и т. д.).

По принципу действия измерительные приборы делятся на магнитоэлектрические, электродинамические, тепловые, электростатические, электронные и др.

Как известно, единица измерения напряжения — вольт. Приборы, предназначенные для измерения напряжения, называются вольтметрами, для измерения тысячных долей вольта — милливольтметрами, миллионных долей — микровольтметрами.

Ток измеряется в амперах. Прибор, предназначенный для измерения тока, называется амперметром (А), для измерения тысячных долей ампера — миллиамперметром (мА), миллионных долей — микроамперметром (мкА).

Активное сопротивление измеряют с помощью омметра; для измерения больших сопротивлений существуют мегомметры (ими измеряют миллионы Ом) и термометры (ими измеряют тысячи мегом и выше).

В радиолюбительской практике получили широкое распространение универсальные многошкальные приборы — авометры (радиолюбители иногда называют их тестерами). Данные устройства объединяют в одном корпусе омметр, вольтметр, амперметр, а часто и прибор для проверки транзисторов.

Радиолюбители используют для создания измерительных приборов детали (головки), изготовленные промышленным способом, например микроамперметры, на шкалах которых указывается тип устройства, его система, род тока (постоянный или переменный), рабочее положение прибора (вертикальное или горизонтальное), напряжение, при котором испытана изоляция его токонесущих частей относительно корпуса, диапазон частот и другие данные. Эти данные приведены в табл. 1 и табл. 2.

Точность электроизмерительного прибора разделяется на восемь классов: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0, определяющих допустимую в них погрешность. Для технических и радиолюбительских измерений используют приборы 1; 1,5; 2,5; 4 классов, то есть наибольшая погрешность $\pm 1\%$; $\pm 1,5\%$; $\pm 2,5\%$; $\pm 4\%$ от измеряемой величины.

Существуют еще индикаторы низкой точности, которые применяются не для измерений, а для определения наличия какой-либо электрической величины, например напряжения питания в магнитофонах.

Чувствительность измерительного прибора — это способность измерять малые значения электрических величин: чем они меньше, тем он чувствительнее.

Когда радиолюбитель приступает к измерениям, он обязательно должен знать ответы на следующие вопросы:

1. Какие электрические величины нужно измерить: напряжение, силу тока, сопротивление, емкость, мощность электрического тока и т. д. Это поможет выбрать вид измерительного прибора, который необходим для данного измерения.

2. Какой ток течет в цепи, в которой нужно произвести измерение: постоянный или переменный. От этого зависит выбор прибора определенной системы (например, вольтметр бывает постоянного или переменного тока).

3. Какое значение имеет измеряемая величина (например, 1000 или 100). Чем точнее это определено, тем правильнее выбран диапазон измерения. Диапазон рекомендуется устанавливать значительно большим, чем вы предполагаете, а затем, переключая, «спускаться» с большего предела к меньшему.

Часто радиолюбителю встречаются символы и графические обозначения на шкалах приборов, знать их необходимо. Табл. VI.1 поясняет условные обозначения наи-

Таблица VI.1

Виды измерительных приборов














Символ	Название и назначение прибора	Символ	Название и назначение прибора
	Вольтметр — служит для измерения напряжения в вольтах (В)		Омметр — служит для измерения сопротивлений в омах (Ом)
	Киловольтметр — служит для измерения высоких напряжений в киловольтах (кВ)		Мегомметр — служит для измерений больших сопротивлений в мегомах (МОм)
	Милливольтметр — служит для измерения малых напряжений в милливольтках (мВ)		Частотомер — служит для измерения частоты переменного тока в герцах (Гц)
	Гальванометр — служит для обнаружения чрезвычайно небольших напряжений и токов		Ваттметр — служит для измерения мощности в ваттах (Вт)
	Амперметр — служит для измерения силы тока в амперах (А)		Киловаттметр — служит для измерения большой мощности в киловаттах (кВт)
	Миллиамперметр — служит для измерения слабых токов в миллиамперах (мА)		Счетчик электрической энергии — служит для измерения работы тока в киловатт-часах (кВт·ч)
	Микроамперметр — служит для измерения очень слабых токов в микроамперах (мкА)		

Таблица VI.2

Обозначения на шкалах электронизмерительных приборов

Символ	Значение символа	Символ	Значение символа
	Прибор магнитоэлектрический с подвижной рамкой		Прибор электростатический
	Прибор магнитоэлектрический с двумя подвижными рамками		Прибор вибрационный (резонансный)
	Прибор магнитоэлектрический с выпрямителем		Класс точности прибора (здесь 2, 5)
	Прибор магнитоэлектрический с контактным термопреобразователем		Изоляция прибора испытана на напряжение (здесь 2 кВ)
	Прибор магнитоэлектрический с бесконтактным термопреобразователем		Прибор для включения в цепь постоянного тока
	Прибор электромагнитный		Прибор для включения в цепь переменного тока
	Прибор тепловой		Прибор для включения в цепь постоянного и переменного токов
	Прибор электродинамический		Рабочее положение прибора вертикальное
	Прибор ферродинамический (со стальным сердечником)		Рабочее положение прибора горизонтальное

более часто встречающихся измерительных приборов, их название и область применения.

Основные системы измерительных приборов

Как мы уже рассказывали выше, система измерительных приборов определяет принцип их действия, то есть указывает, какое электрическое явление используется в устройстве для измерения той или иной электрической величины.

Каждая система прибора имеет соответствующее графическое обозначение. Взглянув на шкалу, можно узнать принцип работы прибора, а следовательно, определить, для каких измерений его можно использовать.

Рассмотрим принцип действия системы наиболее употребительного измерительного прибора — магнитоэлектрического.

Магнитоэлектрические приборы

Устройство и принцип действия таких устройств показаны на рис. VI.7 цв. вклейки. Между полюсами постоянного магнита 1 помещена рамка-катушка — 2, намотанная тонким проводом. Если к рамке подключить измеряемый ток, он начнет взаимодействовать с магнитным полем постоянного магнита. Давайте вспомним учебник физики. Проводник с током, помещенный в поле постоянного магнита (1), начнет двигаться (вращаться) в зависимости от направления тока, протекающего по проводнику. Если проводник свернуть в виде рамки (подвижная катушка 4), рамка будет поворачиваться вправо или влево. Полному ее повороту противодействует пружинка. При равенстве сил, стремящихся повернуть рамку, противодействующим силам пружинки рамка перестанет перемещаться. Так как величина силы, стремящейся повернуть рамку, зависит от силы тока, угол отклонения рамки будет тем больше, чем больше протекающий по

ней ток, то есть ток (или напряжение), который мы хотим измерить.

Угол отклонения рамки и прикрепленной к ней оси указательной стрелки прямо пропорционален силе измеряемого тока. Поэтому шкала у магнитоэлектрических приборов равномерная. Так как направление отклонения стрелки зависит от направления тока в рамке, то на клеммах приборов обычно указывают полярность с помощью знаков «+» и «—» с тем, чтобы правильно подключать их к измеряемой цепи.

Магнитоэлектрические приборы с выпрямителем

Магнитоэлектрические приборы можно включать только в цепь постоянного тока, т. к. при прохождении переменного тока рамка будет стремиться поворачиваться то в одну, то в другую сторону.

Измерение переменного тока можно проводить, если предварительно этот ток выпрямить с помощью диода.

Магнитоэлектрические приборы с выпрямителем применяются для измерения переменных напряжений и токов. Выпрямительные элементы могут быть включены по различным схемам. Одна из возможных схем показана на рис. VI.8.

Электромагнитные приборы

Действие электромагнитных приборов основано на образовании магнитного поля при протекании тока по катушке. Вспомним, что если через обмотку катушки пропустить ток (постоянный или переменный), катушка становится электромагнитом, способным притягивать подвижный металлический сердечник.

На рис. VI.9 цв. вклейки показан принцип работы электромагнитного прибора с втягивающимся сердечником из стали. Когда по катушке 1 прибора протекает ток, то в зависимости от его силы образуется более силь-



Рис. VI.8. Магнитоэлектрический прибор с выпрямителем

ное или более слабое магнитное поле. Это поле втягивает сердечники 2, 3, поворачивая вместе с осью 4 стрелку 6. Свободному движению сердечника противоборствует пружинка 5. При отключении прибора от тока пружинка возвращает подвижную систему в первоначальное положение. Чтобы стрелка после отклонения не совершала колебательных движений, в системе применен воздушный демпфер 8.

Электромагнитные приборы используются для измерений постоянных и переменных напряжений и токов, так как сердечник втягивается в катушку независимо от направления протекания тока. Преимуществом этих приборов является простота их конструкции, а следовательно, относительно низкая стоимость и доступность.

Точность большинства электромагнитных устройств, как правило, невысока, особенно при измерениях переменного тока и напряжения. На нее сильно влияет частота переменного тока, с ростом частоты точность измерений падает. Поэтому электромагнитные приборы чаще всего работают на частоте 50 гц.

Электромагнитными приборами можно измерять постоянный и переменный ток. Устройства чувствительны к влиянию внешнего магнитного поля, поэтому их обычно помещают в стальной экран 7.

Диапазоны (пределы) измерений

Приступая к измерениям, следует сначала прикинуть, какое приблизительно значение должна иметь измеряемая электрическая величина. Это значение можно представить себе на основании данных, приводимых на схеме расчета и т. п. Например, приблизительное значение тока, протекающего через питающуюся от сети установ-

ку известной мощности, можно найти по формуле $I = \frac{P}{U}$, где P — потребляемая установкой мощность в ваттах, U — напряжение сети в вольтах, I — сила тока в ампе-

рах. Если примерное значение измеряемой величины известно, то надо выбрать прибор с таким диапазоном (пределом) измерений, в который входит измеряемая величина. В сомнительных случаях лучше использовать сначала прибор с заведомо большим диапазоном измерений, определить приблизительное значение величины, после чего уже применять прибор на нужном диапазоне. Если измеряемая величина выходит за диапазон прибора, последний можно вывести из строя.

Аналогично надо поступать с многодиапазонными приборами. Вначале включают его на большой диапазон, а затем, после прикидочного определения измеряемой величины, переключают на нужный диапазон.

Правильно подобранным диапазоном измерений следует считать такой, когда во время измерения стрелка прибора находится ближе к концу шкалы. В этом случае точность измерения повышается.

Совершенно естественно, что невозможно располагать приборами, каждый из которых был бы предназначен для работы только в определенном диапазоне измерений. Это было бы очень дорого и неудобно. Однако сравнительно просто расширить пределы измерений токов и напряжений до любой практически необходимой величины. Применив же еще и несложную коммутацию (переключатели), можно создать многопределные (многодиапазонные) измерительные приборы.

Ниже рассказывается, как с помощью имеющегося прибора можно измерить величины, на которые не рассчитан диапазон его измерений. Это могут быть вольтметр, амперметр или описанные выше устройства для измерения малых токов и напряжений.

Расширение диапазона измерений токов

Расширение диапазона измерений прибора, предназначенного для измерения силы тока, осуществляется с помощью подключения к нему шунтов (от англ. shunt — ответвление) — сопротивлений небольшой вели-

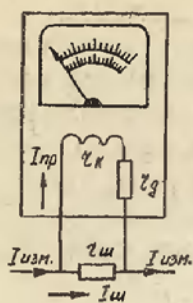


Рис. VI.10. Схема соединения шунта с измерительным прибором

чины. Шунт включается параллельно с измерительным прибором (рис. VI.10.).

Поскольку прибор и шунт включены параллельно, через прибор пойдет только определенная часть протекающего в цепи тока, остальной ток пройдет через шунт. Очевидно, сумма токов, проходящих через прибор $I_{пр}$ и шунт $I_{ш}$ равна току, протекающему в цепи $I_{изм.}$.

Приведем формулу, с помощью которой можно вычислить величину сопротивления шунта, который нужно использовать для получения заданного диапазона измерения силы тока:

$$R_{ш} = \frac{R_{пр}}{n - 1},$$

где $R_{ш}$ — сопротивление шунта в омах;

$R_{пр}$ — внутреннее сопротивление прибора в омах;

n — число, показывающее, во сколько раз нужно увеличить диапазон измерений прибора. Величина определяется из выражения

$$n = \frac{I_{изм.}}{I_{пр}},$$

где $I_{пр}$ — наибольшее значение тока, на которое рассчитан прибор (чувствительность прибора) в амперах;

$I_{изм.}$ — наибольшее значение тока, которое может быть измерено при подключении к прибору шунта в амперах.

Как видно из формулы, для определения сопротивления шунта нужно знать величину внутреннего сопротивления прибора $R_{пр}$. Так как величина $R_{пр}$ имеющегося прибора не всегда известна, приведен способ ее определения.

По этому способу можно в основном найти внутреннее сопротивление миллиамперметров с диапазоном до 10 мА, то есть таких, с какими обычно имеют дело радиолюбители. Для определения сопротивления $R_{пр}$ имеющегося миллиамперметра необходим источник тока,

а также два резистора: R_1 и R_2 известной величины.

Из этих элементов в соответствии с рис. VI.11 собирают схему измерения. Соединив точки 1—2 (рис. VI.11а), определяют по прибору силу тока I_1 , когда в цепь включен резистор R_1 . Затем включают в цепь резистор R_2 . Для этого разъединяют точки 1—2 и соединяют точки 1—3 (рис. VI.11б). С резистором R_2 находят по прибору силу тока I_2 .

После измерения силы токов I_1 и I_2 находим значение внутреннего сопротивления прибора по формуле

$$R_{пр} = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}.$$

В этой формуле все сопротивления выражены в омах, а сила тока в миллиамперах.

Величину сопротивления R_1 и R_2 следует подобрать так, чтобы при включении резистора R_1 стрелка миллиамперметра отклонилась возможно ближе к концу шкалы, а при включении резистора R_2 стрелка прибора отклонилась меньше, чем до половины шкалы.

Следует иметь в виду, что качество измерений зависит от того, насколько хорошо известны сопротивления резисторов R_1 и R_2 . Поэтому в качестве их лучше всего применить лабораторные сопротивления, изготавливаемые с большой точностью.

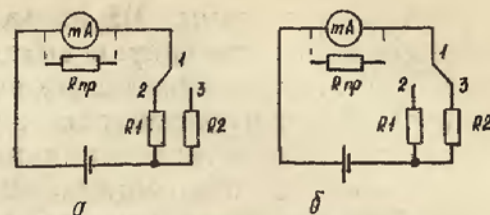


Рис. VI.11. Схема для измерения внутреннего сопротивления миллиамперметра:

- а — измерение силы тока I_1 ;
- б — измерение силы тока I_2

Если используются обычные резисторы, то они должны иметь класс точности не хуже $\pm 5\%$.

В качестве источника тока в этой схеме лучше использовать один элемент свежезаряженного аккумулятора (напряжение его порядка 1,5 В). Применение старого источника тока может вызвать ошибку при определении внутреннего сопротивления прибора из-за увеличенного внутреннего сопротивления источника тока.

Как уже говорилось, этот способ может быть успешно использован для определения внутреннего сопротивления миллиамперметра с диапазоном до 10 мА и в зависимости от применяемого источника тока позволяет определить $R_{пр}$ до $\pm 5\%$.

Пример. Имеем миллиамперметр с диапазоном измерений до 5 мА ($I_{пр}$). С его помощью нужно измерить ток до 10 мА ($I_{изм}$). Какое сопротивление должен иметь шунт $R_{ш}$, подключаемый к прибору, если внутреннее сопротивление миллиамперметра $R_{пр}$ равно 12 Ом?

1. Определяем число n , на которое следует умножить показания миллиамперметра, то есть число, показывающее, во сколько раз расширяется диапазон измерения силы тока

$$n = \frac{I_{изм}}{I_{пр}} = \frac{10}{5} = 2.$$

2. Находим сопротивление шунта

$$R_{ш} = \frac{R_{пр}}{n-1} = \frac{12}{2-1} = 12 \text{ Ом.}$$

Таким образом, параллельно прибору следует подключить шунт сопротивлением 12 Ом.

Расширение диапазона измерений напряжений

Диапазон измерения напряжений расширяется с помощью добавочных сопротивлений, но включаются они не параллельно прибору, как шунты, а последовательно с измерительной системой устройства. Способ включения добавочного сопротивления показан на рис. VI.12.

Для расширения диапазона измерений напряжения нужно, как и раньше, знать внутреннее сопротивление прибора $R_{пр}$ (на рис. VI.12. $R_{пр}$ обозначено через $R_{доб}$, т. к. здесь мы имеем дело с вольтметром) и число n , показывающее, во сколько раз хотим увеличить диапазон измерений. Тогда значение добавочного сопротивления определяется по формуле:

$$R_{доб} = (n - 1) \cdot R_{пр},$$

где $R_{доб}$ — величина добавочного сопротивления, Ом;

$R_{пр}$ — сопротивление прибора, Ом;

n — число, показывающее, во сколько раз нужно увеличить диапазон измерений прибора. Величину n можно определить по формуле:

$$n = \frac{U_{изм}}{U_{пр}},$$

где $U_{изм}$ — наибольшее значение напряжения, которое требуется измерить, В;

$U_{пр}$ — падение напряжения на приборе, когда по нему протекает наибольший ток, на который он рассчитан, то есть $I_{пр}$ (ток чувствительности прибора);

напряжение $U_{пр}$ подсчитывается по формуле:

$$U_{пр} = I_{пр} \cdot R_{пр}.$$

Величина внутреннего сопротивления прибора может быть известна по его данным, или ее можно установить экспериментально.

Для определения внутреннего сопротивления имеющегося вольтметра $R_{пр}$ нужен соответствующий источник тока, а также резистор с известной величиной R сопро-

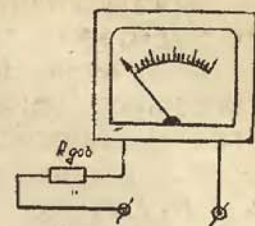


Рис. VI.12. Схема подключения добавочного сопротивления к измерительному прибору

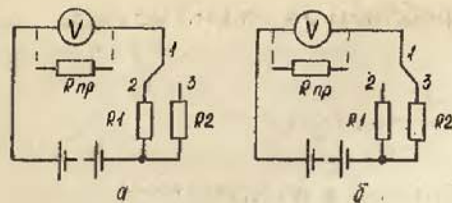


Рис. VI.13. Схема для измерения внутреннего сопротивления вольтметра:

а — измерение напряжения U_1 ;
б — измерение напряжения U_2

ключателем замыкают точки 1—3 (рис. VI.13б). Тогда последовательно с источником тока оказывается включенным резистор R известной величины. Показания вольтметра в этом случае обозначим через U_2 .

Теперь можно вычислить величину внутреннего сопротивления $R_{пр}$ по следующей формуле:

$$R_{пр} = \frac{R}{\frac{U_1}{U_2} - 1}$$

В этой формуле сопротивления R и $R_{пр}$ выражены в килоомах, а напряжения U_1 и U_2 — в вольтах. Величина сопротивления резистора R должна быть подобрана так, чтобы при его включении стрелка вольтметра отклонилась меньше чем на половину шкалы; класс точности резистора должен быть возможно более высоким.

Напряжение источника тока — батареи или выпрямителя — должно быть близким к максимальному значению шкалы вольтметра. В схеме надо использовать свежую батарею, а в случае применения выпрямителя он должен обладать достаточной мощностью (на силу тока порядка десятка или более миллиампер).

Найдя внутреннее сопротивление вольтметра $R_{пр}$,

можно вычислить ток, потребляемый вольтметром, по следующей формуле:

$$I_{пр} = \frac{U_{пр}}{R_{пр}},$$

где $I_{пр}$ — сила тока, потребляемого вольтметром, в миллиамперах;

$U_{пр}$ — диапазон измерений вольтметра в вольтах (наибольшая величина, которую можно им измерить).

Пример. Внутреннее сопротивление вольтметра $R_{пр} = 100$ кОм, диапазон измерений — до 100 В. Какое нужно применить добавочное сопротивление, чтобы можно было измерять напряжение до 300 В?

1. Находим число, показывающее, во сколько раз нужно увеличить диапазон измерения

$$n = \frac{300}{100} = 3.$$

2. Вычислим величину добавочного сопротивления $R_{доб} = (n-1)R_{пр} = (3-1) \cdot 100000 = 200000$ Ом = 200 кОм.

Для проведения простых радиолюбительских измерений удобно пользоваться многодиапазонным вольтамперметром. При достаточном опыте такой прибор можно изготовить самостоятельно. Сравнительно простой универсальный измерительный прибор, рассчитанный для изготовления начинающим радиолюбителем, описан на стр. 154.

Погрешности при измерениях и классы точности приборов

При измерении всегда неизбежны ошибки, то есть измеренное значение электрической величины будет отличаться в той или иной мере от истинного значения

этой величины. Эти ошибки принято называть погрешностью. Погрешности делятся на абсолютные и относительные.

Абсолютной погрешностью называют разность между измеренной величиной $U_{\text{изм}}$ (показанием прибора) и истинным значением измеряемой величины $U_{\text{ист}}$, то есть

$$\gamma = U_{\text{изм}} - U_{\text{ист}}$$

Насколько эта погрешность дает понятие об абсолютной величине ошибки, настолько она не характеризует точности измерений. Действительно, абсолютная погрешность, равная, например, 2 В, при измерении 5 и 100 В имеет разное качественное значение. В первом случае ошибка измерения составляет 40 %, а во втором — только 2 %. Относительная погрешность $\gamma_{\text{отн}}$ — это отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины $U_{\text{ист}}$, то есть

$$\gamma_{\text{отн}} = \frac{\gamma}{U_{\text{ист}}} \cdot 100.$$

Эта погрешность характеризует точность измерения; чаще всего она выражается в процентах, для чего полученную величину умножают на 100. Относительная погрешность не характеризует точности показаний прибора.

Точность измерительного прибора определяется его основной погрешностью, или классом точности. Класс точности, как мы уже говорили, показывает, какую погрешность допускает данный прибор в процентах от наибольшего значения измеряемой величины на шкале.

Измерительные устройства подразделяются на следующие классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Технические приборы обладают меньшей точностью, чем лабораторные, но они вполне пригодны для измерений при эксплуатации электрических и радиотехниче-

ских установок, а также в радиолюбительской практике. Эти устройства делятся на три класса точности:

- 1,0 — погрешность до 1 %;
- 1,5 — погрешность до 1,5 %;
- 2,5 — погрешность до 2,5 %.

Индикаторы — приборы малой точности, применяются не столько для измерений, сколько для индикации наличия электрической величины. Рассмотрим пример, поясняющий понятие класса точности.

Измерительным прибором (вольтметром) можно измерить напряжение 100 В. На его шкале 0—100 В сделано четыре отметки измерения напряжения: 25 В, 50 В, 75 В, 100 В. Определим, какова возможная точность выполненных измерений, если класс точности прибора 1,5.

1. Прибор с классом точности 1,5 имеет погрешность 1,5 % при полном отклонении стрелки, то есть она находится на крайнем правом делении 100 В. Следовательно, величина погрешности может равняться $\frac{100 \times 1,5}{100} = 1,5 \text{ В}$

для каждого из четырех замеров. Таким образом, погрешность 1,5 В может трактоваться как абсолютная ошибка каждого из этих замеров.

2. Для определения точности при каждом из четырех замеров следует вычислить относительную погрешность $\gamma_{\text{отн}}$.

Относительная погрешность первого измерения

$$\gamma_{\text{отн} 1} = \frac{1,5}{25} \cdot 100 = 6 \%;$$

второго измерения

$$\gamma_{\text{отн} 2} = \frac{1,5}{50} \cdot 100 = 3 \%;$$

третьего измерения

$$\gamma_{\text{отн} 3} = \frac{1,5}{75} \cdot 100 = 2 \%;$$

четвертого измерения

$$\gamma_{\text{отн 4}} = \frac{1,5}{100} 100 = 1,5 \%$$

Из этого примера видно, что чем меньшая величина измеряется, тем больше ошибка. Отсюда следует очень важный вывод для проводимых измерений: нужно так подбирать диапазоны (шкалу прибора), чтобы измерение осуществлялось при больших отклонениях стрелки (примерно на последней четверти шкалы прибора), так как при этом измерение получается наиболее точным.

Универсальные измерительные приборы

Измерительные приборы крайне необходимы в радиолюбительской практике — как при ремонте различных радиолюбительских устройств, так и во время постройки и налаживания новых. Наиболее удобны универсальные приборы, то есть такие, которые позволяют измерять различные электрические величины, например силу тока и напряжение. Наибольшее распространение получили ампервольтметры (авометры) — приборы, рассчитанные на измерение силы тока, напряжения и сопротивления, причем, как правило, измерение каждой величины может производиться на нескольких диапазонах (пределах), что позволяет выбрать наиболее удобный из них. Таким образом, универсальные приборы являются многодиапазонными (иначе говоря, многошкальными) или многопредельными. В радиолюбительской практике вполне пригодны и самодельные измерительные приборы. Хотя начинающему радиолюбителю вряд ли удастся сделать прибор высокой точности, однако это не так важно, ведь в большинстве случаев вполне достаточно измерить электрическую величину с точностью 5—10 %.

В этом разделе будет приведено описание сравнительно простого универсального измерительного прибора, предназначенного для самостоятельного изготовления.

В подавляющем большинстве случаев не требуется достижения очень высокой точности измерения, поэтому радиолюбителю вполне подходят и фабричные приборы с классом точности не выше 2,5 %, которые сравнительно недороги. Подключение любого устройства к измеряемой цепи в большей или меньшей степени обязательно нарушает ее нормальную работу. Так при измерении тока миллиамперметр (или амперметр) включается, как нам уже известно, последовательно в цепь (рис. VI.14).

Общее сопротивление цепи возрастает на величину внутреннего сопротивления прибора, а значит, сила тока уменьшается по сравнению с той, которая была в этой цепи до включения устройства (так называемый рабочий ток).

Пример. В цепь, показанную на рис. VI.14, включен миллиамперметр с внутренним сопротивлением $R_{\text{пр}} = 5 \text{ Ом}$. До включения прибора по цепи протекал ток

$$I = \frac{U}{R_1} = \frac{9 \text{ В}}{450 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А} = 200 \text{ мА}.$$

После включения прибора ток в цепи стал равен

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_{\text{пр}}} = \frac{9 \text{ В}}{(45 + 5) \text{ Ом}} = 0,18 \text{ А} = 180 \text{ мА}.$$

Таким образом, прибор показывает ток, меньший рабочего на 10 %.

Из сказанного следует: чтобы миллиамперметр как можно меньше влиял на величину тока в цепи, сопротивление прибора должно быть возможно меньшим. Поэтому при сравнении двух приборов для измерения тока предпочтение следует отдать тому из них, у которого внутреннее сопротивление (с учетом, конечно, подклю-

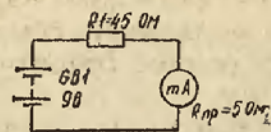


Рис. VI.14. Измерение миллиамперметром силы тока в цепи

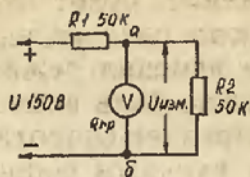


Рис. VI.15. Измерение напряжения вольтметром

ченных шунтов) меньше при одинаковых других данных у этих приборов.

Иное требование предъявляется к вольтметру. Вольтметр подключается параллельно тому участку цепи (рис. VI.15), напряжение на котором измеряется. Следовательно, общее сопротивление этого участка при измерении станет меньше, так как параллельно оказываются включенными R_2 и внутреннее сопротивление вольтметра $R_{пр}$ (рис. VI.15). Изменение сопротивления влечет за собой изменение тока в цепи, и следовательно, иным будет падение напряжения на участке а—б.

Пример. В цепи, показанной на рис. VI.15, падение на резисторе R_2 (на участке а—б) равно 75 В. При измерении напряжения на резисторе R_2 вольтметром с внутренним сопротивлением $R_{пр} = 100$ кОм (рис. VI.15) общее сопротивление участка а—б станет равным

$$R_{общ} = \frac{R_2 \cdot R_{пр}}{R_2 + R_{пр}} = \frac{50 \cdot 100}{150} \approx 33 \text{ кОм}$$

тогда по цепи потечет ток

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_{общ}} = \frac{150}{50 + 33} \approx 0,0018 \text{ А} \approx 1,8 \text{ мА.}$$

Падение напряжения на участке а—б станет равным

$$U_{изм} = I R_{общ} = 1,8 \cdot 33 \approx 60 \text{ В,}$$

что и покажет вольтметр. Таким образом, измеренное

напряжение будет отличаться от рабочего на 20 %.

Отсюда следует вывод: чтобы вольтметр как можно меньше изменял режим цепи, внутреннее сопротивление его должно быть возможно большим.

Внутреннее сопротивление вольтметра (его также называют входным сопротивлением) принято характеризовать величиной сопротивления, приходящегося на 1 вольт шкалы прибора (например, 100 Ом/1 В). Дело в том, что при измерении на различных диапазонах внутреннее сопротивление будет неодинаковым, так как подключаются разные по величине добавочные сопротивления; зная же величину сопротивления на 1 вольт шкалы вольтметра, легко определить внутреннее сопротивление вольтметра на любой шкале (диапазоне) измерений. Так, если эта величина равна, предположим, 1 кОм/В, то на шкале 0—5 В внутреннее сопротивление будет равно 5 кОм, на шкале 0—50 В оно равно 50 кОм, на шкале 0—250 В составит 250 кОм и т. д.

Теперь, когда мы узнали, как устроены электроизмерительные приборы, как рассчитываются добавочные сопротивления к вольтметру, шунты к амперметру и что такое погрешность прибора, приступаем к конструированию самодельного ампервольтметра.

Этот универсальный измерительный прибор может измерять напряжение постоянного и переменного токов, величину постоянного тока, сопротивление постоянному току и целостность электрической цепи.

Промышленность выпускает аналогичные приборы, но схемы их сложны для повторения начинающим радиолюбителем и у них высокая стоимость.

Мы предлагаем принципиальную схему простого ампервольтметра, которая позволяет измерять переменное и постоянное напряжение в пределах 0—10, 0—200, 0—500 В, постоянный ток в пределах 0—1, 0—10, 0—100 мА, сопротивление в пределах 10 Ом—20 кОм, и 200 Ом—100 кОм.

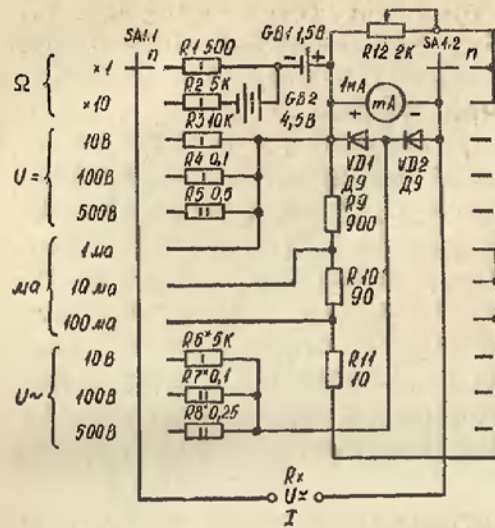


Рис. VI.16. Схема самодельного ампервольтметра

Принципиальная схема прибора приведена на рис. VI.16. Необходимо помнить, что все номиналы указанных на схеме радиоэлементов (особенно резисторов) должны быть подобраны с точностью $\pm 5\%$.

Выпрямительное устройство прибора собрано по однопериодной схеме с обратным диодом. Общее обратное сопротивление цепи $VD1-VD2$ достигает 150—200 кОм, так что ее шунтирующее действие совершенно не сказывается, и диоды при переходе от одного рода измерения к другому от миллиамперметра можно не отключать.

Конструкция и детали. Прибор смонтирован на плате размером 220—110 мм. В качестве платы может быть использован любой изоляционный материал, например стеклотекстолит, гетинакс, эбонит, органическое стекло и т. д. На лицевой панели расположены прибор, гнезда, ручка переключателя $SD1$ и ручка потенциометра $R12$.

Одним из преимуществ предлагаемой принципиальной схемы является возможность использования электроизмерительного прибора — миллиамперметра с током полного отклонения 1 мА.

Данный ампервольт-омметр, конечно, будет уступать в чувствительности комбинированным промышленным универсальным приборам, но на первых порах он окажет значительную помощь радиолюбителю в работе.

Корпус можно склеить из органического стекла или полистирола или использовать любую пластмассовую коробочку.

Налаживание и градуирование прибора. Градуировку начинают с миллиамперметра. Если подбор шунта был выполнен с необходимой точностью, то убедиться в правильности показаний нашего миллиамперметра можно, сравнивая их с показаниями контрольного прибора в любой точке на каждом из трех пределов измерения.

После миллиамперметра градуируют прибор по схеме вольтметра постоянного тока, для этого его подключают вместе с контрольным вольтметром постоянного тока к регулируемому источнику постоянного напряжения и подбирают сопротивления добавочных резисторов $R3, R4, R5$.

Градуировку ампервольтметра на трех пределах переменного напряжения 10, 100, 500 В производят путем такого же последовательного подбора величины добавочных резисторов $R6, R7, R8$. Для градуировки можно воспользоваться соответствующим контрольным вольтметром переменного тока и регулируемым источником переменного напряжения (например, ЛАТР-1 или ЛАТР-2).

Для градуировки омметра предварительно нанесут на шкалу карандашные риски и цифры в точках, соответствующих положениям стрелки прибора при подключении различных эталонных резисторов к клеммам «Омы». По окончании градуировки шкалу с прибора снимают и вычерчивают цветной тушью нанесенные значения, затем карандашные отметки стирают мягкой резинкой.



Глава седьмая, в которой читатель конструирует радиоэлектронные приборы для дома, школы и производства

Единственный путь, ведущий к знанию,— это деятельность.

Б. Шоу

Постепенно, шаг за шагом, мы с вами вступаем в удивительный мир радиоэлектроники. Следующая ступенька — переход к самостоятельным действиям. Давайте попробуем изготовить сами несколько простых радиоэлектронных приборов, которые могут пригодиться и дома, и в школе.

Схемы приведенных устройств достаточно просты и рассчитаны на начинающих.

Радиолобитель при конструировании должен ясно представлять себе работу каждой схемы, уметь найти замену той или иной детали, знать основы материаловедения, технологии обработки дерева, пластмассы и т. д. Надо уметь также правильно рисовать печатную плату, склеивать детали, красиво выполнять монтаж.

Не огорчайтесь, если среди многих схем, описание которых приводится в этой книге, нужных вам не найдется. Даже удвоив объем книги, невозможно удовлетворить каждого любознательного радиолобителя. Воспользуйтесь библиографическим указателем, приведенным в конце книги, и в литературе, указанной там, поищите интересующие вас схемы.

В описании конструкций автор рекомендует применять широко распространенные узлы и детали заводского исполнения. Это облегчит начинающему радиолобителю сборку, монтаж, настройку радиоприбора.

И последнее замечание. Из приведенных в книге схем

следует собирать только такие приборы, физический смысл и принципы действия которых вами четко усвоены. Если что-то неясно, а ответа в книге вы не нашли, обратитесь за консультацией к более опытным радиолобителям или к преподавателю физики.

Прежде чем приступить к постройке того или иного прибора, надо критически оценить свои силы, знания, опыт и материальные возможности. К моменту, когда вы начнете работу, все необходимые радиодетали должны быть в наличии. Тщательно проверьте все их электрические параметры (даже если радиоэлементы только что приобретены в магазине и еще не были в употреблении), а в смонтированном приборе проследите за правильностью монтажных соединений. Расположение радиодеталей на монтажной плате, разработка корпуса прибора — важный и интересный этап конструкторской деятельности радиолобителя.

Конструктивное исполнение прибора может иметь много вариантов — это зависит от вашего опыта и фантазии, наличия материалов и других факторов. Поэтому автор счел необходимым для некоторых приборов привести помимо схем и рисунки расположения деталей на монтажных платах. Радиолобитель должен сам научиться правильно располагать радиоэлементы на плате, проектировать корпус для прибора. Эта работа развивает конструкторские навыки, здесь приобретается необходимый опыт. Очень часто собранный прибор не сразу начинает действовать, требуется его наладить и отрегулировать. О том, как лучше это сделать, рассказано в описании каждой схемы. Итак, принимаемся за работу и начнем конструировать радиоприборы.

**Простейший приемник
на четырех транзисторах**

Схема приемника, предложенного радиолобителем В. И. Козловым, отличается предельной простотой (рис.

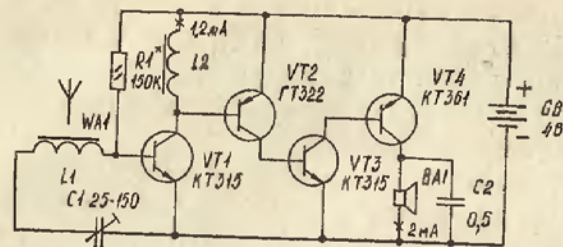


Рис. VII.1. Принципиальная схема простейшего приемника на четырех транзисторах

ков. Антенная катушка намотана на ферритовый стержень с магнитной проницаемостью 600 НН. Длина стержня 100 мм, диаметр — 8 мм. Провод ПЭЛШО 0,12—0,15.

Транзистор VT1 является усилителем высокой частоты. Транзистор VT2 — амплитудный детектор. Усилитель звуковой частоты собран на транзисторах VT3 и VT4 по схеме с непосредственной связью по постоянному току.

Нагрузкой транзистора VT1 является дроссель L2, намотанный на ферритовое кольцо (600 НН) и содержащий 100 витков провода ПЭЛ-0,1. Настройка приемника сводится к точному подбору резистора R1. Монтаж производят вначале на монтажной плате, выполненной из твердого картона или куска древесноволокнистой плиты размером 120×80 мм. Затем, когда приемник будет хорошо работать на плате, монтаж переносят на печатную плату, выполненную из фольгированного стеклотекстолита или фольгированного гетинакса.

В качестве громкоговорителя используются головные телефоны типа ТМ-2А с сопротивлением 150—200 Ом или капсуль ДЭМ-4.

VII.1). На его входе имеется входной контур, состоящий из антенной катушки и конденсатора. Если приемник будет работать в средневолновом диапазоне, то необходимое число витков катушки — 90; на длинноволновом диапазоне требуется 160—180 витков катушки —

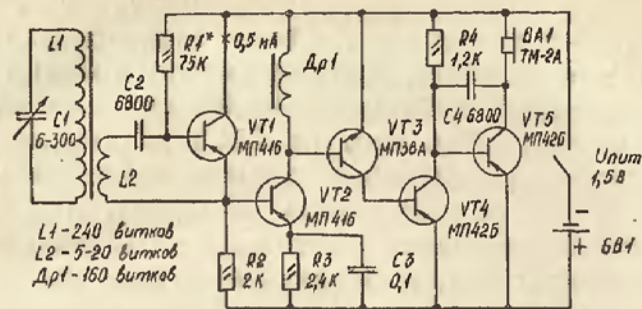


Рис. VII.2. Принципиальная схема радиоприемника «Уралец»

Радиоприемник «Уралец»

Этот миниатюрный приемник сконструирован юными радиолюбителями Свердловска. Его существенное преимущество — питание от одной батарейки (или аккумулятора) напряжением всего 1,5 В. Приемник можно сделать очень компактным. Работает он в диапазоне длинных волн, на частоте Свердловской радиостанции 281 кГц. Схема радиоприемника приведена на рис. VII.2.

Почти все транзисторные приемники имеют на входе магнитную антенну, которая представляет собой катушку индуктивности, намотанную на ферритовый стержень круглого или прямоугольного сечения.

Вместе с конденсатором C1 она образует колебательный контур приемника, в котором возникают колебания радиочастоты. Через катушку связи L2, намотанную на тот же ферритовый стержень, радиочастота поступает на базу входного транзистора VT1. Катушку связи L2 наматывают на легко перемещаемую по ферритовому стержню бумажную гильзу. Катушка позволяет при настройке приемника подобрать наиболее выгодную связь

между ними, а значит, и получить наибольший радиосигнал, который поступает на базу транзистора VT1.

Необходимо помнить, что магнитная антенна обладает направленным действием. Более сильные электромагнитные колебания в контуре L1C1 возникают тогда, когда плоскость ферритового стержня перпендикулярна направлению на радиостанцию. Поэтому, настраивая приемник после окончания монтажа, необходимо поворачивать его вокруг оси, добиваясь при этом наибольшей громкости звучания.

Высокочастотные колебания радиосигнала, возникающие во входном контуре L1C1, усиливаются транзисторами VT1, VT2, которые представляют собой усилитель радиочастоты. Транзистор VT3 является одновременно усилителем и детектором. Зачем же в таком приемнике нужен детектор? В радиотехнике детектирование — это получение звукового колебания из модулированного высокочастотного сигнала. Процесс модуляции (изменения) — это изменение амплитуды высокочастотных колебаний, которые генерируются передатчиком радиостанции по закону низкочастотного (звукового) колебания. Обычно при модуляции высокочастотных колебаний изменяется их амплитуда или частота сигнала. Соответственно модуляция называется или амплитудной, или частотной.

При амплитудной модуляции изменяется амплитуда высокочастотных колебаний в соответствии с изменением звуковых колебаний. Высокочастотные колебания являются как бы «транспортом» для доставки низкочастотных колебаний к приемнику радиослушателя.

В радиоприемнике происходит обратный процесс, модулированные высокочастотные колебания детектируются, то есть выделяется сигнал звуковой частоты.

Разделительный конденсатор C2, включенный между базой транзистора VT1 и катушкой связи L2, необходим для того, чтобы пропускать в базовую цепь транзисто-

ра колебания радиочастоты и в то же время не допустить проникновения в контур постоянного тока, питающего приемник. Подстроечный конденсатор C1, служащий для настройки колебательного контура, лучше всего применять с твердым диэлектриком, его емкость определяет диапазон волн, перекрываемый колебательным контуром.

В коллектор транзистора VT2 включен дроссель ДР1, намотанный на ферритовое кольцо и являющийся нагрузкой, на который выделяется высокочастотный радиосигнал.

Третий каскад приемника собран на транзисторе VT3, в нем происходит детектирование радиосигнала.

Транзисторы VT4 и VT5 являются усилителями звуковой частоты. Расположение деталей приемника на плате показано на рис. VII.3.

Детали. Транзисторы VT1, VT2-МП416; VT3-МП38А; VT4 и VT5-МП42Б. Конденсатор C1 — типа КПК-2, дроссель ДР1 мотается на ферритовом кольце марки 600 НН с наружным диаметром 8—10 мм, число витков — 160 проводом ПЭВ-1, диаметр 0,1. Резисторы типа УЛМ мощностью 0,12 Вт. Плата приемника изготовлена из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита. Корпус лучше всего сделать из цветного оргстекла.

Реле времени для фотопечати на одной микросхеме

Реле времени необходимо в работе фотолюбителя, без него нельзя напечатать качественные снимки. Однако схемы таких реле, публикуемые в специальной литературе, иногда неоправданно сложны и изготовить их на-

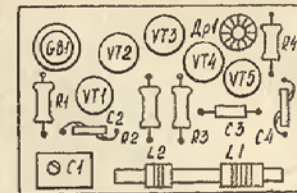


Рис. VII.3. Расположение деталей на плате радиоприемника «Уралец»

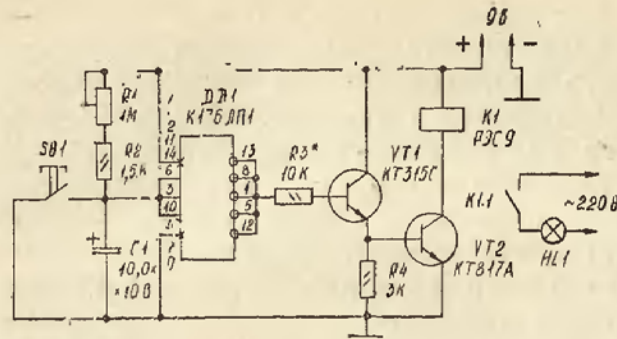


Рис. VII.4. Принципиальная схема реле времени для фотопечати

чинающему радиолюбителю трудно. Мы предлагаем собрать простую схему реле времени. Отличие его от многих подобных устройств заключается в том, что выдержка времени начинается не после нажатия кнопки пуска, а после ее отпускания, что повышает точность работы прибора.

Принципиальная схема его показана на рис. VII.4.

В приведенном на этой схеме положении контактов K1.1 кнопки SB1 лампа нагрузки HL1 не горит, поскольку конденсатор C1 заряжен, на входах микросхемы напряжение логического 0, транзисторы VT1, VT2 закрыты, тока в цепи реле K1 нет.

При нажатии кнопки SB1 выводы конденсатора замыкаются, транзистор VT1 открывается, срабатывает реле, замыкая контакты реле K1.1, лампа зажигается. Как только кнопка будет отпущена, конденсатор начнет заряжаться, пойдет отсчет времени выдержки. Продолжительность зарядки конденсатора зависит от его емкости и сопротивления резисторов R1 и R2. Переменным резистором R1 устанавливают нужную выдержку.

Контакты реле включают в цепь нагрузку (лампа

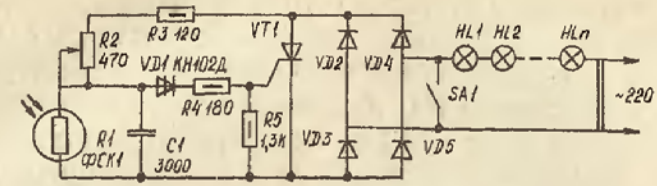


Рис. VII.5. Принципиальная схема автомата для включения света на спортплощадке

220 В × 100 Вт установлена в фотоувеличителе). В данной конструкции лучше всего использовать переменный резистор R1 типа СП-1, постоянные резисторы МЛТ-0,125 или МЛТ-0,25, транзистор KT315Г, реле РЭС-9 (паспорт С4.524.200), микросхему К176ЛП1, конденсатор К50-6. Кнопка SB1 любой конструкции.

Корпус можно изготовить из любого изоляционного материала: гетинакса, текстолита или органического стекла.

Для удобства работы кнопку SB1 помещают на верхней крышке, а гнезда включения электролампы увеличителя выводят на боковую стенку.

Автомат для включения света на спортплощадке

Прибор предназначен для использования на школьной спортплощадке, однако его можно установить и в любом другом помещении. Фотоэлектронный автомат позволяет управлять светом в зависимости от освещенности на улице (рис. VII.5).

В светлое время суток лампы HL1 — HL_n не горят. С наступлением темноты, когда освещенность уменьша-

ется, сопротивление фоторезистора $R1$ возрастает, а значит, увеличивается падение напряжения на нем. При определенном темновом сопротивлении фоторезистора срабатывает диодистор $VD1$, открывается тиристор $VT1$ и зажигает лампы $HL1—HL_n$. Если нужно заблокировать автомат и выключить освещение в любое другое время, пользуются общим выключателем $SA1$, который установлен на корпусе прибора.

Тиристор $VT1$ и диоды $VD2—VD5$ применяют в зависимости от мощности ламп $HL1—HL_n$.

В схеме используется фоторезистор $R1$ типа ФСК-1. Все постоянные резисторы — МЛТ-1, переменный резистор $R2$ -СП-1. Конденсатор $C1$ -КМ-6, КЛС, К10-7 с рабочим напряжением 60 В. Диодистор $VD1$ — КН102Д.

Электронный метроном

На уроках музыки в школе вы наверняка видели механические метрономы, предназначенные для выработки чувства ритма. Однако метрономы, которые выпускаются нашей промышленностью, громоздки, дороги и, главное, не обеспечивают тонких градаций изменения ритма.

Мы предлагаем радиолюбителю самому построить электронный метроном, лишенный многих недостатков своего механического собрата. Он прост, дешев, не требует настройки и может быть изготовлен даже начинающим радиолюбителем.

Схема этого устройства показана на рис. VII.6. Транзистор $VT1$ маломощный структуры $n-p-n$, транзистор $VT2$ — средней мощности структуры $p-n-p$. В коллекторную цепь транзистора $VT2$ включен громкоговоритель $BA1$ и сигнальная лампочка накаливания $HL1$.

В моменты коротких импульсов лампочка вспыхивает, а в громкоговорителе $BA1$ раздаются щелчки-удары. Эти щелчки-импульсы могут регулироваться и устанавли-

ваться в нужном вам ритме. Частота следования импульсов колеблется от 20 до 200 в минуту, они регулируются переменным резистором $R2$.

Резистор $R1$ служит для ограничения тока базовой цепи транзистора $VT1$.

В схеме можно использовать постоянные резисторы типа МЛТ-0,12, подстроечный резистор типа СП3-16, конденсатор $C1$ -К50-6; К50-3, транзисторы $VT1$ -КТ315Б, $VT2$ -ГТ402А. Батарея питания — «Крона». Лампочка $HL1$ на напряжение 6—8 В типа МН-6,5-0,34 или МН-6,3 или КМ6-60.

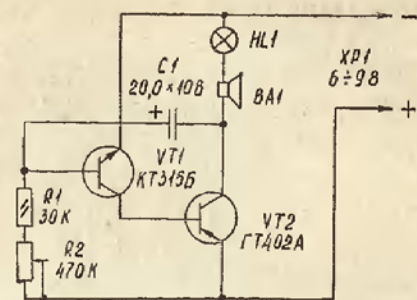


Рис. VII.6. Принципиальная схема электронного метронома

Индикатор отклонений сетевого напряжения

Многим знакома такая картина: вечером, когда все возвращаются с работы и включают электроприборы, свет лампочек в квартире становится тусклым, телевизор начинает работать с искажениями. Из-за повышенной нагрузки в электрической сети происходит падение напряжения. Это приводит к быстрому износу телевизионных кинескопов, выходу из строя электродвигателей холодильников и т. д.

Поздним вечером и ночью происходит обратная картина — лампочки светят слишком ярко и часто сгорают, — люди легли спать, выключили электроприборы, в сети уменьшилась нагрузка и повысилось напряжение.

Как же выйти из создавшегося положения? Оказывается, сетевое напряжение можно изменять с помощью

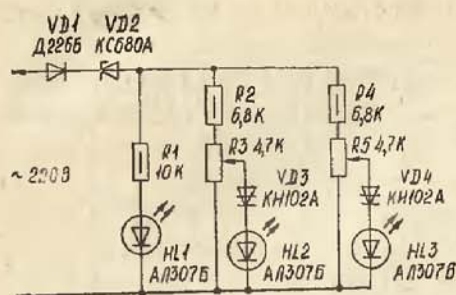


Рис. VII.7. Принципиальная схема индикатора отклонений сетевого напряжения

электронную схему индикатора. Помещенный там, где вам удобно, он будет сигнализировать об изменении напряжения в сети (рис. VII.7).

Индикатор выполнен на трех светодиодах и двух динисторах. Главное его преимущество — наглядная информация о напряжении в сети переменного тока. Особенность устройства состоит в следующем: световые индикаторы, в данном случае светодиоды *HL1—HL3*, включаются при каждом положительном полупериоде сетевого напряжения, но лишь при определенной его амплитуде, равной порогу срабатывания, и выключаются при снижении мгновенного значения сетевого напряжения до нуля. Это исключает гистерезис и повышает точность индикации.

На входе индикатора находится ограничитель напряжения, состоящий из диода *VD1* и стабилитрона *VD2*, за ним следуют три параллельно включенные цепочки индикации.

Первая из них, состоящая из резистора *R1* и светодиода *HL1*, предназначена для индикации наличия сетевого напряжения. Остальные цепочки, состоящие из делителей напряжения, пороговых устройств на динисторах и включенных последовательно с ними светодио-

сетевых стабилизаторов или регуляторов напряжения, таких, например, как ЛАТР (лабораторный регулятор напряжения).

Для того чтобы знать, как изменяется напряжение, необходим вольтметр, который не всегда можно купить. Кроме того, для его установки требуется место. Мы предлагаем собрать маленькую элект-

ров, нужны непосредственно для индикации отклонений напряжения.

Переменный резистор *R3* служит для установки нижнего порога срабатывания, когда сетевое напряжение падает на 5 %, а *R5* указывает на верхний порог, если напряжение возрастает на такую же величину.

Когда сетевое напряжение в норме, горят светодиоды *HL1* и *HL2*. При понижении напряжения светодиод *HL2* гаснет, а *HL1* продолжает светиться. Если напряжение возрастает, горят все светодиоды.

Налаживание индикатора производится с помощью автотрансформатора типа ЛАТР (лабораторный регулятор напряжения). Менять напряжение нужно вручную, контролируя его по вольтметру. Если при пониженном напряжении светодиод *HL2* не гаснет, следует увеличить сопротивление резистора *R2*. В индикаторе необходимо использовать следующие детали: диод *VD1*-Д226Б; стабилитрон *КС680А*; светодиоды *АЛ307Б*; резисторы: постоянные МЛТ-0,25 Вт, переменные типа СП4-1 или СП4-3, динисторы *VD3, VD4* типа КН102А.

Автомат для включения противоослепляющего устройства

Как известно, глаза человека адаптируются к различной освещенности. При постепенном ее изменении процесс происходит безболезненно. Резкая смена светового потока приводит на какое-то время к ослеплению. Поэтому водители автомобилей, например, при ослеплении сильным лучом света фар встречных автомашин на какое-то время теряют контроль над ситуацией, машина становится неуправляемой, что может привести к аварии.

Прибор, который предотвращает ослепление водителя, был создан радиолюбителем В. Ануфриевым. Принципиальная схема этого устройства приведена на

рис. VII.8 цв. вклейки. Водитель включает его только один раз с наступлением темноты, затем прибор работает в автоматическом режиме. При освещении фоторезистора светом фар встречной автомашины его сопротивление уменьшается, транзисторы VT1, VT2, VT3, VT4 открываются и включают лампу HL1. Когда освещение фоторезистора прекратится, лампа погаснет. Ее закрывают светозащитным козырьком, чтобы свет падал параллельно лобовому стеклу и не попадал в глаза водителю. Свет лампы HL1 образует световую защиту, которая предотвращает резкую переадаптацию зрения. Порог срабатывания схемы устанавливается подстроечным резистором R3.

На время стоянки прибор необходимо выключить вручную тумблером SA1, иначе утром он сам включится.

Транзисторы VT2, VT3, VT4 должны иметь статический коэффициент передачи тока не менее 100. На это радиолюбителю следует обратить особое внимание. Если в схему будут установлены транзисторы с меньшим статическим коэффициентом тока, схема будет работать неудовлетворительно.

Детали: лампа HL1 — автомобильная, мощностью 5 Вт, фоторезистор R1 ФСК-1 или любой другой с темновым сопротивлением 15—80 кОм. В качестве выключателя SA1 можно использовать тумблер ТВ-1 или микропереключатель МП. Монтаж прибора выполняется на фольгированном стеклотекстолите, гетинаксе или навесным монтажом.

Корпус устройства может быть изготовлен из любого изоляционного, обязательно ударопрочного материала.

Управление прикосновением (сенсорное исполнительное устройство)

Каждый знает, как тяжело больному человеку встать с постели и открыть дверь врачу, распахнуть форточку

или включить телевизор.

Какую помощь этим людям могут оказать радиолюбители?

Существует множество приборов и аппаратов, облегчающих участь тяжело больных. Мы предлагаем схему простого электронного устройства, которое окажется полезным инвалиду или человеку, прикованному к постели.

Этот прибор — сенсорный датчик, который может применяться в домашних условиях, в школе, в больнице — везде, где необходимо управлять электрическими приборами на расстоянии (рис. VII.9).

Если прикоснуться к сенсорному контакту E1, то переменное напряжение, наведенное в теле человека, поступит на базу транзистора VT1, выпрямится и усилится этим транзистором.

Постоянное напряжение, возникающее на резисторе R1, открывают транзисторы — усилители тока, собранного на двух транзисторах VT2 и VT3, что приводит к срабатыванию реле K1, включающего своими контактами K1.1 исполнительное устройство, в качестве которого могут быть использованы, например, электродвигатель, телевизор, радиоприемник и другие электрические приборы.

В исходном состоянии устройство находится в дежурном режиме и потребляет ток не более 0,2 мА. Если по условиям эксплуатации сенсорный датчик удален от самого устройства больше, чем на 20 см, его следует подключить к прибору экранированным проводом, а экран (металлическую оплетку) присоединить к плюсовому проводу питания.

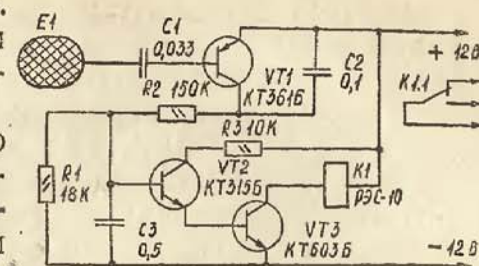


Рис. VII.9. Принципиальная схема сенсорного датчика

Сенсорный датчик лучше питать от стабилизированного источника постоянного напряжения. Схема таких источников помещена в пятой главе нашей книги. В этом приборе могут быть использованы следующие детали: транзистор $VT1$ -КТ315Б; $VT2$, $VT3$ -МП42Б; резисторы — постоянные МЛТ-0,25; конденсаторы типа С1-К10-7В, С2-КМ или любые другие (это зависит от величины прибора; для небольшого будут нужны малогабаритные радиоэлементы). Коэффициент передачи тока транзисторов должен быть не менее $80 \div 100$.

Реле типа РЭС-10, паспорт РС4.524.303 или РЭС-9, паспорт РС4.524.202.

Если повысить напряжение питания схемы до 15 В, можно использовать в сенсорном датчике реле типа РЭС-6, паспорт РФО: 452.104 или герконовое реле типа РЭС-44, паспорт РС4.569.252.

Сенсорный электронный звонок

На смену громоздким электрическим звонкам с оглушающим громким звуком или пронзительной трелью приходят мелодичные электронные звонки, которые не заставляют вздрагивать хозяина квартиры.

Такой электронный звонок, схему которого предложил Ю. Доценко, можно собрать за один вечер. Для этого юному конструктору понадобится несколько простых радиодеталей и немного желания и настойчивости.

Предлагаемая конструкция звонка отличается от других тем, что у него нет звонковой кнопки. Ее с успехом заменяют две сенсорные пластинки $E1$ и $E2$. Конструкция и конфигурация их показана на рис. VII.10.

Если вам нужно позвонить, прикоснитесь к пластинкам пальцем, и за дверью раздастся звук сравнительно высокой тональности. Как только вы опустите палец — звук прекратится.

А теперь немного о том, как работает сенсорный

электронный звонок, принципиальная схема которого приведена на рис. VII.11.

После того как вы приложили палец к сенсорам $E1$ и $E2$, на базе транзистора $VT1$ окажется напряжение смещения, и он откроется. При этом будет открыт и транзистор $VT2$. Собранный на этих транзисторах генератор возбуждается, и в динамике ВА1 раздастся звук.

Тональность звонка зависит от емкости конденсатора $C2$, сопротивления резистора $R2$ и сопротивления между сенсорами, а это в свою очередь будет зависеть от влажности пальцев, прикоснувшихся к контактам.

Конденсатор $C1$ периодически заряжается и разряжается через резистор $R2$, эмиттерный переход транзистора $VT1$ и диод $VD1$, при этом колебания генератора будут срываться и звук становится похожим на трели певчих птиц. Периодичность сигналов (трелей) зависит от емкости конденсатора $C1$. Когда палец отнят от сенсора, звук прекратится.

Теперь о деталях, которые необходимы: транзисторы $VT1$ -КТ315А (их можно заменить на КТ301А, КТ315Ж), $VT2$ -КТ816Б или КТ203А; диод $VD1$ — любой из серии Д9; постоянные резисторы МЛТ-0,125, МЛТ-0,25; конденсаторы $C1$, $C2$ — любые малогабаритные, которые имеются у радиолюбителя, например КМ-5, КМ-6 или КЛС.

Можно использовать динамическую головку от малогабаритного транзисторного приемника мощностью 0,1—1,5 Вт с сопротивлением звуковой катушки 5—10 Ом или капсюль ТК-67 с сопротивлением 35—60 Ом.

Батарея питания $GB1$ — «Крона» или две последовательно соединенные батареи типа КБС.

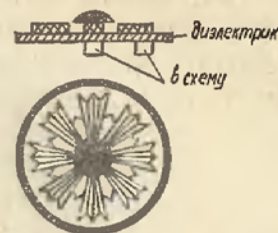


Рис. VII.10. Конструкция и конфигурация кнопки для сенсорного звонка

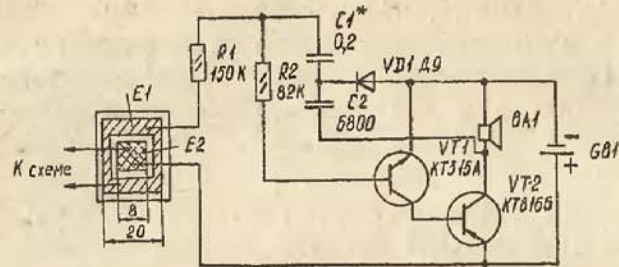


Рис. VII.11. Принципиальная схема сенсорного электронного звонка

Налаживание звонка сводится только к подбору мелодичного звука, который бы нравился конструктору. Это осуществляется конденсаторами $C1$ и $C2$. Возможно, придется подобрать и диод $VD1$ для выбора длительности паузы между звуками трели.

Материал, на котором смонтирован звонок, — фольгированный стеклотекстолит или фольгированный генинакс. Корпусом для звонка может служить пластмассовая коробочка размером $150 \times 80 \times 45$ мм.

Кодовый замок

В технической литературе и научно-популярных журналах описано много схем кодовых замков, но для начинающего радиолюбителя они сложны и требуют дефицитных радиодеталей для изготовления.

Предлагается схема кодового замка, свободная от этих недостатков. Она отличается от других схем простотой, надежностью и доступностью для радиолюбителей любой квалификации (рис. VII.12).

Для открывания такого замка достаточно вставить «ключ» (рис. VII.14). Замыкается цепь питания баз транзисторов $VT1$, $VT2$ резистором $R1$, который установлен

в корпусе ключа. Величина этого сопротивления резистора $R1$ имеет номинал, который известен только конструктору.

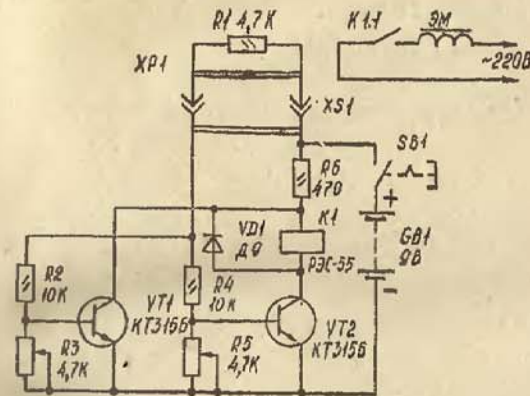


Рис. VII.12. Принципиальная схема простого кодового замка

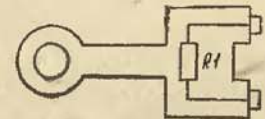
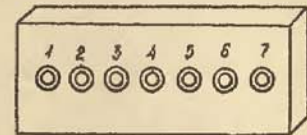


Рис. VII.13. Передняя панель кодового замка

Рис. VII.14. Ключ к кодовому замку

Если номинал резистора $R1$ будет отличаться от указанного на принципиальной схеме, реле не сработает, и замок не откроется. Замок в режиме холостого хода (без ключа) потребляет примерно 15 мА. В схеме можно использовать постоянные резисторы МЛТ, мощностью 0,25 Вт, переменные резисторы СПЗ-3а; транзисторы $VT1$, $VT2$ — КТ315 с любым буквенным индексом; диод $VD1$ — любой из серии Д9; реле типа К1-РЭС-55 (паспорт РС4.569.609П2) или другое реле на напряжение срабатывания 6 В с током 20 мА.

Выключатель питания $SB1$ — любой малогабаритный типа МТ1, МТ3. Батарея питания $GB1$ — «Крона».

Смена кода производится перепайиванием перемычек

на гнездах, находящихся на передней панели замка (рис. VII.13).

Конструкция ключа показана на рис. VII.14, она может быть и другой формы, все зависит от фантазии конструктора.

Универсальный простой электронный выключатель

В арсенале радиолюбителя должно быть простое электронное устройство, которое способно управлять любым электрическим прибором, например электродвигателем, открывающим форточку, двери и т.д.

Достоинством предложенной схемы является ее универсальность и простота. Прибор работает от датчиков: терморезистора (рис. VII.15), реагирующего на изменение температуры, или фотодиода (рис. 7.15), реагирующего на изменение освещенности.

Исполнительным элементом прибора служит реле К1, контакты которого замыкают цепь питания нагрузки. Сигнал, изменяющийся в результате действия температуры или освещенности, воздействует на вход устройства. Превышение заданного порога опрокидывания, величина которого устанавливается переменным резистором R2, приводит к изменению состояния транзисторов VT1 и VT2 и к срабатыванию реле К1.

Возвращение устройства в первоначальное состояние, если пропал сигнал (изменилась температура или освещенность), происходит автоматически.

В схеме использованы транзисторы VT1 и VT2 типа КТ361. Терморезистор РК1 типа КМТ-4, VD1 — фотодиод типа ФД-3. Постоянные резисторы МЛТ-0,25, диод VD2 типа Д226Г, реле К1 с током срабатывания не более 30 мА (например, РЭС-10, паспорт РС4.524.305, или РС4.524.302, или РС4.524.301).

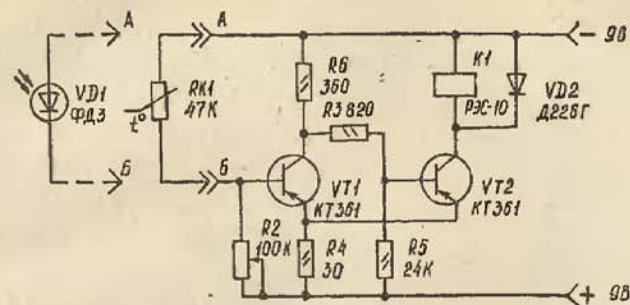


Рис. VII.15. Принципиальная схема универсального электронного выключателя

Питание электронного выключателя осуществляется от двух последовательно соединенных батарей КБС или одной батареи типа «Крона».

«Вечная лампа»

Представьте, что вы пригласили своих друзей посмотреть цветные слайды, которые привезли из недавнего путешествия. Включаете диапроектор, и вот неприятность — через несколько секунд лампа сгорает. Как назло, запасной лампы не оказывается. Вечер испорчен. Чтобы этого не случилось, мы предлагаем юным радиолюбителям собрать несложную схему, которая надолго продлит жизнь любой электрической лампы.

Опыт показывает, что электрические лампы обычно сгорают в первый момент включения. Это происходит из-за того, что холодная нить имеет меньшее сопротивление, чем горячая. Для того чтобы продлить срок службы лампы, необходимо в первый момент включения подать на лампу пониженное напряжение, а через неболь-

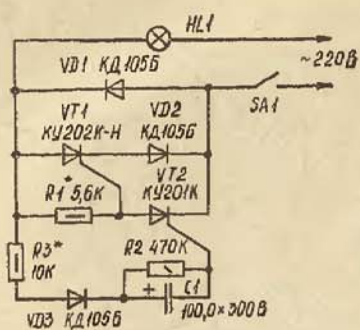


Рис. VII.16. Принципиальная схема «Вечной лампы»

выключателя-автомата приведена на рис. VII.16. При замыкании контактов сетевого выключателя SA1 последовательно с лампой HL1 включается диод VD1, пропускающий ток только во время положительных полупериодов сетевого напряжения на аноде диода. Поэтому мощность на лампе становится меньше, чем при питании ее двухполупериодным напряжением.

Во время отрицательных полупериодов напряжение на аноде этого диода заряжает конденсатор C1 через резистор R3, диод VD3 и цепь управляющего электрода транзистора VT2. Зарядный ток открывает транзистор, и он шунтирует цепь управляющего электрода другого транзистора VT1.

По мере зарядки конденсатора (продолжительность времени зарядки зависит от емкости конденсатора C1 и резистора R3) ток через управляющий электрод транзистора VT1 падает, через некоторое время этот транзистор закрывается, а транзистор VT2 открывается. В результате действующая мощность на лампе возрастает, и лампа начинает ярко светить. Резистор R2 служит для разрядки конденсатора после размыкания контактов выключателя. Диод VD3 не позволяет конденсатору

шой промежуток времени довести его до нормальной величины.

Мы предлагаем сделать довольно простой, но надежный автомат с двухступенчатой регулировкой напряжения. Автомат включают последовательно с сетевым выключателем, не нарушая имеющуюся проводку. Для электрических ламп диаскопов, диапроекторов автомат монтируется в отдельном корпусе. Схема первого варианта

разряжаться через открытый транзистор VT1. Диод VD2 препятствует случайному включению транзистора VT1 от напряжения, падающего на транзисторе VT2 в открытом состоянии. В автомате применены радиоэлементы: транзистор VT2 — любой из серии КУ201 или КУ202; VT1 — КУ 202K ÷ H; конденсатор типа К50-12; резисторы R2 — МЛТ-0,25, а остальные МЛТ-0,5. Диоды типа КД105Б.

Эти детали можно установить в автомате, если он управляет лампой мощностью не свыше 60 Вт.

Налаживание автомата достаточно просто. Для этого необходимо отключить анод транзистора VT2 от деталей и подбором резистора R1 добиться на лампе напряжения примерно 200 В; подключить транзистор VT2 и подбором резистора R3 добиться, чтобы транзистор VT2 открывался раньше VT1. Это нетрудно определить по свету лампы — вначале она должна гореть «вполнакала».

Если автомат работает неустойчиво (лампа мигает), значит, в схеме установлен очень «чувствительный» транзистор VT1 (включается при малом токе через управляющий электрод). В этом случае между управляющим электродом и катодом транзистора нужно включить резистор с сопротивлением 1—2 кОм либо заменить транзистор. А если нужно управлять лампой накалывания до 1 кВт, необходимо заменить диоды VD2 ÷ VD1 более мощными, к примеру Д247, и обязательно установить диоды и транзистор VT1 на радиаторы. Размеры радиатора должны быть не менее 10×10 см. Резистор R1 сопротивлением 260 Ом, мощностью 40 Вт.

Внимание!

Собирая, налаживая и эксплуатируя автоматы, обратите внимание на соблюдение техники безопасности и будьте особенно осторожны при работе с конструкциями с бестрансформаторным питанием.

Прибор для уничтожения кровососущих насекомых

Пионерское лето, отдых в пионерском лагере, прогулки по лесу... Кто из ребят не мечтает об этой счастливой поре. Но многие помнят, сколько неприятных минут, особенно вечером, доставляют комары, мошки и слепни. Их укусы так портят настроение, что человек перестает замечать красоты природы. А укусы слепней не только приносят боль людям и животным, но и ведут к большим экономическим потерям. Как показали исследования ученых, удоинность коров вследствие укусов кровососущих насекомых снижается на 5—10%. В масштабе страны это огромные убытки.

Для уничтожения комаров, мошек и других кровососущих насекомых используются комбинации световой приманки на люминесцентной лампе *HL1* (голубого свечения) типа ТЛГ-1-2, (220 В×1мА) и высоковольтного сетчатого локатора напряжением 2—5 кВ (см. цв. вклейку рис. VII.17). Оба устройства питаются от общего маломощного трансформаторного генератора на транзисторе *VT1*. Высокое напряжение получается от выпрямителя — умножителя напряжения. Из соображений безопасности внешняя цилиндрическая решетка ловушки должна быть заземлена: сетчатый высоковольтный электрод располагается внутри на расстоянии 8—10 мм. Шаг решетки должен быть не менее 5—10 мм. Лампа-приманка располагается в центре системы электродов. Ловушку размещают так, чтобы свет лампы не был виден из окон и наружных дверей. В этой схеме можно использовать конденсаторы КЛС, КМ-5. Диоды *VD1*÷*VD7*-КЦ106Д, транзистор *VT1*-КТ807Б.

Люстрой управляет диод

В каждом доме пользуются осветительными приборами: многоламповой люстрой, настенным бра, изящным торшером. Все мы хорошо знаем, что электроэнергию нужно расходовать экономно, но нередко в комнате бесполезно включены и люстра, и бра, и торшер. Необходимо ли это? Далеко не всегда. И там, где можно обойтись одной лампой, горят несколько. В масштабах страны — это огромные непроизводительные потери.

Очень часто так происходит потому, что в светильниках, торшерах не предусмотрено отключение ламп, не нужных в данный момент.

Если у вас есть несколько диодов, то от этих недостатков можно избавиться. Изображенные на рис. VII.18а диоды служат своеобразными выключателями — ограничителями.

Рассмотрим работу схемы, показанной на рис. VII.18а. При включении выключателя *SA1* загорится лампа *HL1*. Она будет светиться вполнакала, так как в цепи ее питания включен диод. При включении кнопки другого выключателя *SA2* лампы *HL2* и *HL3* будут гореть вполнакала, а на лампу *HL1* подается полное напряжение, и она даст яркий свет.

На рис. VII.18б пока-

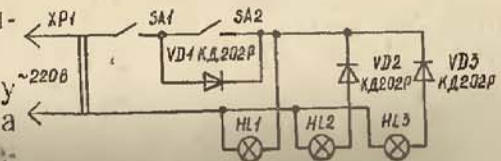


Рис. VII.18а. Принципиальная схема диодного регулятора

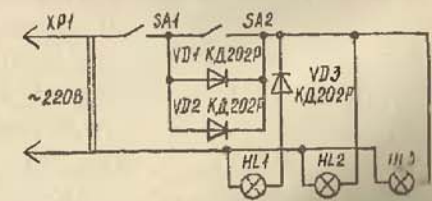


Рис. VII.18б. Принципиальная схема диодного регулятора

зана схема другого регулятора. В нем также использованы три диода, но в схеме они включены несколько по-другому.

Так при включении выключателя SA1 загораются лампы HL2 и HL3 вполнакала, потому что в цепях их питания включены диоды VD1 и VD2. При включении же выключателя SA2 лампа HL1 будет светиться вполнакала, а в полную силу засветятся лампы HL2 и HL3.

При монтаже этих регуляторов нужно помнить, что в первой конструкции диод VD1, а во второй VD1 и VD2 нужно установить внутри выключателя. А диоды VD2, VD3 (рис. VII.18а) и VD3 (рис. VII.18б) непосредственно в люстре.

В схемах использовать диоды типа КД202Р или КД209Б.

Прибор для проверки паяльников

Работа радиолюбителя невозможна без хорошего паяльника. К качеству паяльника представляется целый ряд требований: он должен быть легким, удобным, не перегреваться, но главное требование — он должен быть абсолютно безопасным.

При работе неисправными паяльниками напряжением 220 В человек получает электротравму, которая, как правило, приводит к трагическому исходу.

Основной неисправностью паяльника является пробой обмотки одного из сетевых проводов на корпус. Поэтому во всех радиотехнических кружках запрещено работать паяльником с рабочим напряжением 220 В. Выпускаются безопасные паяльники на рабочее напряжение 36 и 42 В, но и у них часто бывает пробой одного из проводов на корпус, обрывы и другие неисправности. Поэтому большую помощь в радиокружке может оказать прибор, который позволяет быстро проверять большое количество паяльников, сделав их абсолютно безопасными.

Устройство для проверки электропаяльников несложно и может быть собрано даже начинающим радиолюбителем. Схема этого прибора приведена на рис. VII.19 и представляет собой специализированный омметр для измерения нескольких параметров паяльника.

С помощью прибора можно проверить следующие параметры: а) отсутствие сообщения между жилами шнура питания; б) отсутствие сообщения обмотки с корпусом.

Напряжение питания прибора 1—1,6 В.

Подготовка к работе: нажать кнопку калибровки и, вращая ручку потенциометра, установить стрелку индикатора на границе между левым (зеленым) и правым (дополнительным) сектором; замкнуть гнезда «Электропаяльник» между собой; стрелка индикатора должна отклониться в правый сектор (установка нуля); замкнуть правое гнездо «Электропаяльник» с контактом «корпус»; стрелка индикатора должна отклониться в правый сектор.

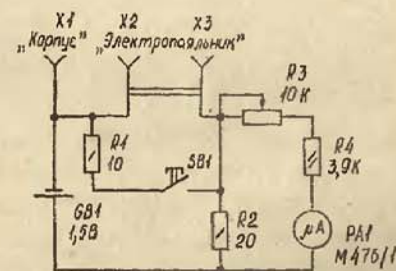


Рис. VII.19. Принципиальная схема прибора для проверки исправности электропаяльников

Порядок работы проверки электропаяльника: вставить вилку проверяемого электропаяльника в гнездо «Электропаяльник». Если стрелка установится в середине основного сектора индикатора, то это свидетельствует об исправности обмотки паяльника. Не вынимая вилки питания паяльника, коснуться жалом (стержнем) паяльника контакта «корпус». Вынуть вилку и повернуть ее на 180°, снова вставить в розетку и вновь коснуться контакта «корпус». Если в обоих случаях при прикосновении паяльного стержня к «корпусу» стрелка индикатора останется неподвижной — это свидетельствует об отсутствии сообщения с корпусом.

Если стрелка индикатора отклоняется вправо или даже установится в правом секторе, значит, электропаяльник неисправен.

Звуковой сигнализатор наполнения ванны или бассейна водой

Нередко мы забываем вовремя перекрыть воду, ванна переполняется, и мы заливаем чужие квартиры (или нас заливают). Сколько труда и средств нужно потратить, чтобы все это восстановить, а сколько нервов уходит, чтобы уладить конфликт.

Построить автомат, который бы следил за наполнением ванны или бассейна и автоматически выключал воду при достижении определенного уровня, начинающему радиолюбителю сложно, хотя такие автоматы уже существуют. Достаточно сделать сигнализатор, извещающий о заданном уровне воды.

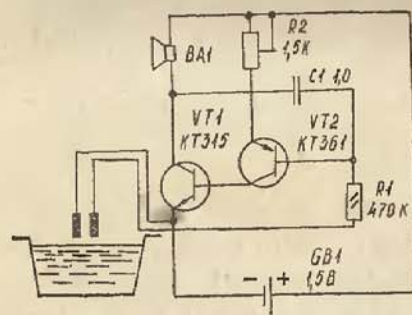


Рис. VII.20. Принципиальная схема звукового сигнализатора наполнения воды в бассейне

Датчик опускают в бассейн так, чтобы концы металлических полосок оказались на нужном уровне. И пока вода не дойдет до этого уровня, генератор работать не будет. Как только концы полосок окажутся в воде, в

динамической головке ВА1 сразу раздастся предупреждающий звук.

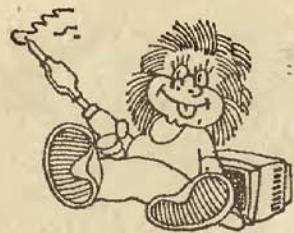
Об элементах, применяемых в схеме: резисторы $R1$ -МЛТ-0,125, $R2$ — подстроечный СПО-04; транзисторы $VT1$ -КТ315 или КТ312, $VT2$ — любой типа КТ361; конденсатор типа МБМ, КМ, источник питания $GB1$ — элемент 373. Динамическая головка $BA1$ — 0,5ГД-17, 0,5ГД-30 или любая другая с сопротивлением обмотки 8—10 Ом.

Налаживание: установите движок подстроечного резистора $R2$ в верхнее по схеме положение; подключите источник питания, предварительно проверив его напряжение, и замкните металлические полоски датчика. Уменьшите сопротивление резистора $R2$ до тех пор, пока в громкоговорителе не появятся громкие отрывистые звуки.

Схема этого сигнализатора показана на рис. VII.20.

Он состоит из генератора звуковой частоты на транзисторах $VT1$ и $VT2$. Генератор в свою очередь соединен с датчиком. Датчиком являются две металлические полоски, изолированные друг от друга.

Нужный уровень воды задают следующим образом.



Глава восьмая, в которой читатель узнает об устройстве радиоэлектронных приборов для сельского хозяйства и сам научится конструировать приборы для дачи, приусадебного хозяйства, совхоза, колхоза

Мы знаем, как обеспечить основы коммунизма в земледелии,—это можно сделать ценой громадной технической эволюции.

В. И. Ленин

Резко возрос интерес людей к проблемам агротехники, животноводству и птицеводству. С каждым годом увеличивается число садовых и дачных участков. Все большему числу людей приходится сталкиваться с проблемами агротехники. Как известно, на количество и качество сельскохозяйственной продукции влияет много климатических и физических условий, незнание которых приводит к низким урожаям, а иногда и к гибели сельскохозяйственной культуры.

Основной задачей сельскохозяйственного производства является увеличение эффективности земледелия и животноводства. Единственный путь достижения этой цели — это перевод сельского хозяйства на индустриальную базу, оснащение колхозов и совхозов новейшей техникой, в том числе и электронными устройствами для физического воздействия на биологические объекты и процессы.

За последние годы радиоэлектроника интенсивно внедряется в сельское хозяйство. Юные радиолюбители могут внести и свой посильный вклад в это интересное дело и помочь родителям и взрослым в создании приборов, повышающих урожай растений и продуктивность животных.

Ученым стало известно, что биологические ритмы животных зависят от продолжительности светлого времени суток. Искусственно удлиняя день, можно при том же кормовом рационе увеличить продуктивность коров, овец, свиней и получить от них на 10—30 процентов больше, чем обычно, мяса, молока, сала, шерсти и т. д. Для разных животных оптимальный световой день неодинаков: для кроликов и домашней птицы он составляет 12—16 часов, а овцам и свиньям для получения хорошего привеса и качественной шерсти достаточно 6—8 часов дневного света.

На XX Всесоюзной выставке радиолюбителей-конструкторов экспонировался прибор «Искусственные сутки», созданный автором книги совместно с В. И. Гордецким. Он позволял регулировать длину «дня» и «ночи» в птичнике, автоматически включая и выключая освещение в помещении. Прибор был удостоен приза выставки.

Множество радиоэлектронных устройств, созданных радиолюбителями, применяется и в растениеводстве.

Еще из школьного курса ботаники знаем, что рост растений зависит от дозы получаемых ими ультрафиолетовых лучей. Однако в северных районах, на Урале и в Сибири, где солнечных дней недостаточно, возникает необходимость искусственного ультрафиолетового облучения.

Наиболее благоприятны для растений электромагнитные волны с частотой 5—6 мГц, они способствуют развитию растений, вызывают усиленную вегетацию помидоров, цветочной рассады и фруктовых саженцев.

Юные радиолюбители Дома пионеров имени В. Дубинина в Свердловске создали автоматическую установку для облучения растений, в состав которой входят: генератор электромагнитных излучений, работающих в диапазоне 5—6 мГц, источник ультрафиолетового облучения (кварцевая лампа ПРК-2) и источник видимого

светового излучения (люминесцентная лампа ЛБ-80).

Но изготовление таких сложных конструкций доступно лишь опытным радиолюбителям, т. к. требует определенных умений и навыков. Поэтому мы расскажем, как изготовить простые, но очень нужные в сельском хозяйстве приборы, которые по силам и радиолюбителям средней квалификации, и начинающим радиолюбителям.

В этой главе даны несколько достаточно простых описаний электронных приборов, которые могут найти широкое применение и в колхозах, и на приусадебных участках.

В конце каждого описания приводятся рекомендации по настройке и регулировке прибора.

Защитное устройство для автоматического отключения бытового электронасоса пригодится для работы на приусадебных участках, где воду качают электронасосом из источников с ограниченным запасом: колодцев, скважин, резервуаров. Экономия воды — важнейшего источника жизни растений — основная задача, которую выполняет предлагаемое устройство. Оно осуществляет контроль за работой электрических насосов типа «Кама», «Агидель» и служит для их автоматического отключения при переходе из режима нагрузки в режим холостого хода, то есть при отсутствии воды в подающей трубе.

Устройство работает следующим образом, рис. VIII.1: после кратковременного нажатия на кнопку SB1 включается двигатель M1 насоса. Напряжение на резисторе R1, выпрямленное мостом VD1—VD4, поступает на обмотку реле K2, и оно срабатывает. Его контакты K2.1 включают реле K1, которое в свою очередь контактами K1.1 блокирует пусковую кнопку.

При уменьшении нагрузки на двигатель снижается и потребляемый им ток. Напряжение на резисторе R1 и на обмотке реле K2 окажется недостаточным для

удержания якоря этого реле в притянутом состоянии. Реле отпустит якорь, вслед за ним отпустит реле K1, и двигатель обесточится.

При исправных деталях и правильно выполненном монтаже прибор начинает работать сразу и не требует наладки.

Детали, используемые в устройстве: диоды VD1-VD4-КЦ407А; конденсатор C1-К50-6, К50-24, К50-16; реле K1-МКУ-48, паспорт РА4.509.450; K2-РЭС-42, паспорт РС4.569.151; кнопка SB1 — любого типа на ток не менее 3 А, рабочее напряжение 220 В, испытанная на напряжение пробоя не менее 600 В. В данной схеме можно использовать любой однофазный двигатель с рабочим напряжением 220 В.

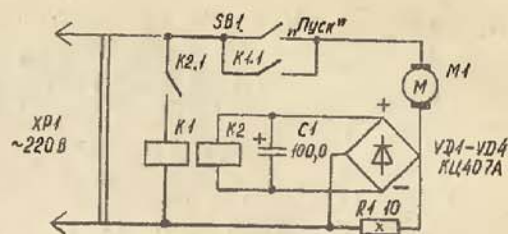


Рис. VIII.1. Принципиальная схема защитного устройства для автоматического отключения бытового электронасоса

Автомат для поливки растений

Принципиальная схема простого автомата, включающего подачу воды (например, в теплице) при уменьшении влажности почвы ниже определенного уровня, приведена на рис. VIII.2.

Устройство состоит из эмиттерного повторителя на транзисторе VT1 и триггера Шмитта (транзисторы VT2 и VT3). Исполнительным механизмом управляет электромагнитное реле K1. Датчиками влажности служат два металлических или угольных электрода, погруженные в грунт.

При достаточно влажной почве сопротивление между электродами небольшое, в результате чего транзистор VT2 будет открыт, транзистор VT3 — закрыт, а реле

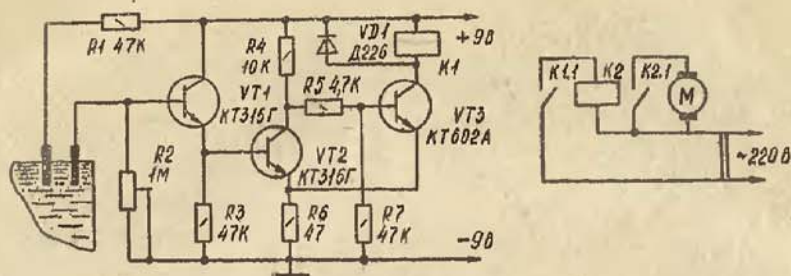


Рис. VIII.2. Принципиальная схема автомата для полива растений

К1 — обесточено. По мере высыхания почвы сопротивление грунта между электродами возрастает, напряжение смещения на базе транзисторов VT1 и VT2 уменьшается. Наконец при определенном напряжении на базе транзистора VT1 открывается транзистор VT3 и срабатывает реле К1. Его контакты К1.1 (рис. VIII.2) замыкают цепь включения реле К2, контакты которого включают двигатель электрического насоса. При повышении влажности почвы сопротивление между электродами уменьшается и после достижения требуемого уровня открывается транзистор VT2, транзистор VT3 закрывается, реле обесточивается и поливка прекращается. Переменным резистором R2 устанавливают порог срабатывания устройства, отчего в конечном итоге зависит влажность почвы на контролируемом участке.

Защита транзистора VT3 от бросков напряжения отрицательной полярности при включении реле К1 осуществляется диодом VD1.

В устройстве применены радиоэлементы: постоянные резисторы МЛТ-0,25; переменный резистор R2 типа СПЗ-1а или СПЗ-1б; транзисторы VT1, VT2-КТ315Г, VT3-КТ602А; диод VD1-Д226 с любым буквенным индексом. Реле К1-РЭС-10, паспорт РС4.524.302. Реле К2-МКУ-48, паспорт РА4.509.450.

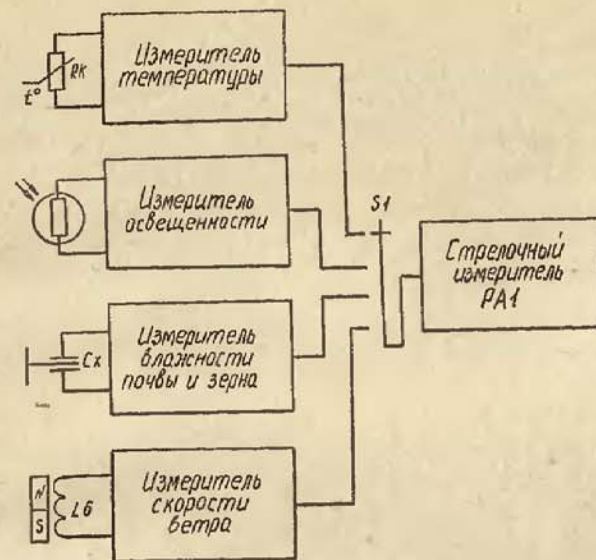


Рис. VIII.3. Блок-схема универсального прибора агронома-садовода

При правильном монтаже прибор не требует наладки и сразу начинает работать.

Универсальный переносной прибор агронома и садовода

Этот прибор предназначен для измерения температуры, освещенности, влажности почвы и зерна, скорости ветра. Блок-схема устройства приведена на рис. VIII.3. Прибор может оказать неоценимую помощь агрономам, садоводам и другим работникам сельского хозяйства. С его помощью можно измерять температуру почвы в интервале от 0° до +50°С с точностью $\pm 0,5^\circ$, освещенность в пределах от 3000 до 50 000 ЛК с точностью

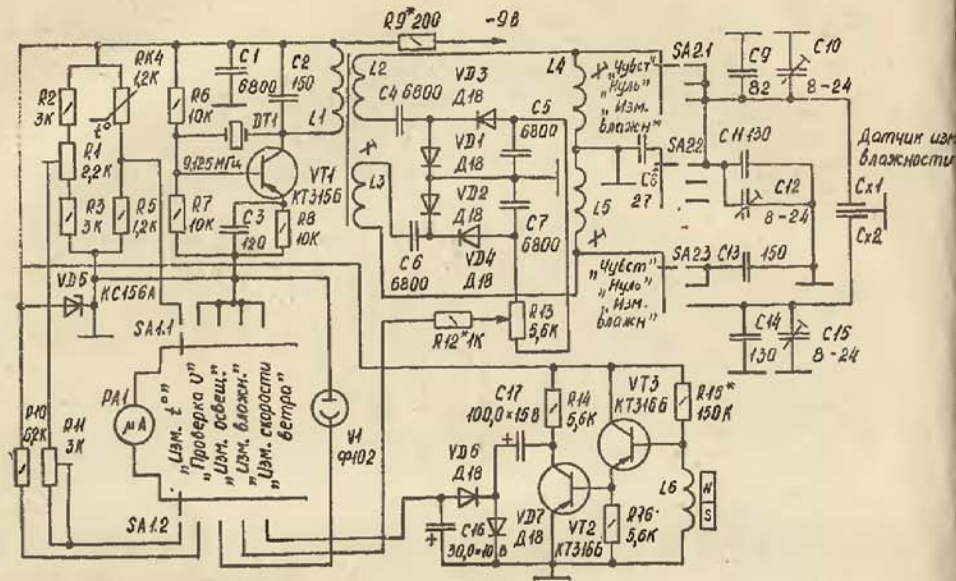


Рис. VIII.4. Принципиальная схема универсального прибора агронома-садовода

$\pm 5\%$, влажность почвы или зерна от 5 до 50% с точностью $\pm 3\%$, определять скорость ветра до 10 м/сек с точностью $\pm 5\%$. Прибор имеет небольшой вес и габариты, питается от двух батарей 336 Л. Его принципиальная схема приведена на рис. VIII.4.

Датчиком температуры служит терморезистор $RK4$, включенный в одно из плеч моста, образованного резисторами $R1 \div R5$. Балансируют мост при температуре 0°C переменным резистором $R1$, чувствительность (предел измерений) устанавливают резистором $R11$. Терморезистор $RK4$ типа ММТ-4 размещают на конце металлического штыря, погружаемого в почву или зерно на глубину до 50 см. Штырь имеет разборную конструкцию и легко убирается в отсек прибора.

Ток разбаланса моста, пропорциональный температуре измеряемого объекта, протекает через измерительный прибор $PA1$. В случае необходимости пределы измерения температуры могут быть изменены подбором резистора $R11$. При этом требуется новая градуировка шкалы прибора.

Уровень освещенности определяют фотоэлементом $V1$, при освещенности которого возникает ток, измеряемый тем же прибором $PA1$. Фотоэлемент типа Ф102 смонтирован непосредственно на передней панели прибора.

Датчик влажности почвы (зерна) емкостный, дифференциальный, в нем компенсируются активные потери, что повышает точность измерений и обеспечивает независимость показаний от структуры почвы, а также от плотности заполнения датчика почвой или зерном.

Половины датчика $CX1$ и $CX2$ включены соответственно в контуры $L4C9C10$ и $L5C14C15$, связанные через катушки $L2$ и $L3$ с контуром $L1$ генератора, собранного на транзисторе $VT1$. Напряжения в положении переключателей $SA1$ и $SA2$ «измерение влажности», снимаемые с контуров $L4C9C10C_{x1}$ и $L5C14C15C_{x2}$, выпрямляются соответственно выпрямителями на диодах $VD1, VD2, VD3, VD4$, собранными по схеме удвоения напряжения. Суммарное напряжение с конденсаторов $C5$ и $C7$ через резисторы $R12, R13$ подается на прибор $PA1$. Первичный контур настроен на частоту выше частоты генератора, второй — ниже (частота генератора выбирается в пределах 9...12 мГц).

Повышение влажности почвы (зерна) вызывает увеличение емкости датчика. При этом частота контура $L4C9C10C_{x1}$ приближается к частоте генератора, а контура $C5C14C15C_{x2}$ уходит от нее. Следовательно, напряжение высокой частоты на первом контуре растет, а на втором — падает. Температурный дрейф компенсируется конденсаторами $C9$ и $C14$ с отрицательным ТКЕ,

размещенными в датчике, обозначенном «измеритель влажности» (см. цв. вкладку).

Измеритель скорости ветра состоит из датчика, включенного на вход усилителя, выполненного на транзисторах VT2 и VT3 и выпрямителя на диодах VD6, VD7, собранного по схеме удвоения напряжения.

Датчик измерителя скорости ветра изготовлен из ручного анемометра (см. цв. вкладку). Систему шестерен удаляют, оставив ось с чашечками, к которой эпоксидным клеем приклеивают магнит весом 2—3 г. На одной плоскости с магнитом устанавливают катушку с железным сердечником от реле РЭС-10. Катушку нужно установить как можно ближе к оси, но чтобы при этом не мешать свободному вращению магнита. При вращении в катушке наводится э.д.с., датчик соединяется с прибором двупроводным гибким кабелем с разъемом на конце. Длина кабеля 0,6...0,8 м.

Датчик измерителя влажности представляет собой тонкостенный цилиндр диаметром 25 мм и длиной 43 мм (см. цв. вклейку, рис. VIII.5, 6). Внутри цилиндра на второпластовом изоляторе закреплены два штоля диаметром 3 мм, длиной 25 мм. Расстояние между штолями 13 мм. Со стороны изолятора цилиндр закрыт металлической крышкой, под которой смонтированы термокомпенсирующие конденсаторы C9, C14. Датчик соединяется с прибором двужильным экранированным кабелем. Его экранирующую оплетку припаивают к цилиндру датчика. Электроды и цилиндр датчика выполнены из нержавеющей стали. Детали прибора: в колебательных контурах необходимо применять керамические конденсаторы серого или голубого цвета. Конденсаторы C1, C3, C5, C6, C7, C8 — типа КЛС, КМ-5 и т. д. Резисторы МЛТ-0,25, ВС-0,125 и т. д. Переключатели SA1, SA2 типа П2К или галетные на соответствующее количество позиций (контактных групп).

Прибор PA1 — микроамперметр М24 на 100 мкА.

Все катушки намотаны на второпластовые каркасы диаметром 9 мм. Сердечники СЦР-1. Катушки L1-L3 имеют соответственно 17; 8 и 8 витков провода ПЭЛ-0,55, намотка виток к витку. Катушки L2 и L3 намотаны поверх катушки L1. Между L1, L2, L3 проложен незамкнутый слой медной фольги. Катушки L4 и L5 содержат соответственно по 16 и 20 витков того же провода. Намотка внавал. Длина намотки 5 мм, расстояние между катушками 20 мм. Подстроечные конденсаторы КПК-М.

Для налаживания прибора нужны авометр, ламповый вольтметр ВК7-9, ВК7-15 и т. д., образцовые термометр, люксметр и анемометр, а также оборудование для определения влажности почвы (зерна) весовым методом.

Датчик температуры с терморезистором RK4 помещают в тающий лед и резистором R1 устанавливают стрелку прибора PA1 на нуль. Затем датчик опускают в воду с температурой +50°C и резистором R11 добиваются отклонения стрелки на конечную отметку шкалы. Эти операции повторяют несколько раз и, наконец, градуируют шкалу (или строят график, таблицу). Затем переключатель SA1 ставят на отметку «Измерение освещенности» и по образцовому люксметру (например, Н-16) градуируют шкалу прибора. После этого проверяют работу кварцевого генератора. Контур L1C2 настраивают так, чтобы высокочастотное напряжение на коллекторе транзистора VT1 было максимальным. Переключатель SA2 устанавливают на нулевую отметку. Вращая сердечники катушек L4 и L5, добиваются установки стрелки прибора на нулевую отметку. Затем, поместив датчик в почву (зерно) с влажностью 5% и переведя переключатель SA2 до отметки «Измерение влажности», подстроечными конденсаторами C10 и C15 вновь устанавливают стрелку прибора PA1 на нулевую отметку. Заполнив датчик почвой (зерном) максималь-

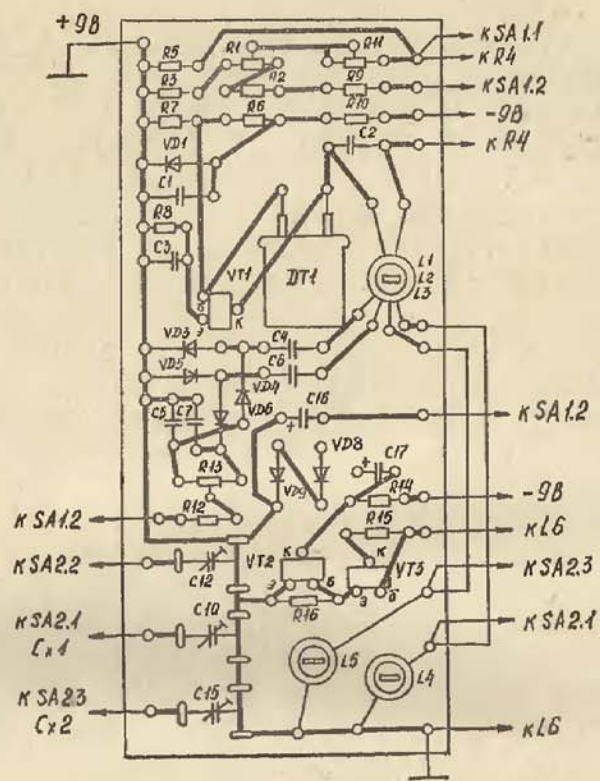


Рис. VIII.7. Монтажная схема универсального прибора агронома-садовода

ной влажностью 50 % и вращая движок резистора R_{13} , а также подбирая резистор R_{12} , добиваются отклонения стрелки прибора до конечной отметки шкалы. Далее строят градуировочный график прибора по влажности почвы (зерна). Затем, установив переключатель SA2 на отметку «чувствительность», подбирают конденсатор C8 и добиваются отклонения стрелки прибора до конечной отметки шкалы. Переведя переключатель SA1 на

отметку «Измерение скорости ветра» по образцовому анемометру, с помощью настольного вентилятора градуируют прибор по скорости ветра. На этом настройка прибора заканчивается. Градуировочные таблицы можно поместить на крышке прибора либо вычертить новые шкалы измерительного прибора PA1.

Расположение деталей на монтажной плате приведено на рис. VIII.7.

Внешний вид прибора и устройство отдельных узлов приведены на цветной вкладке.

Сигнализатор роения пчел «Пчела-88»

Пчелы живут семьями. В начале лета начинается процесс роения — разделения пчелиных семей. Пчелы стремительно вылетают из улья, некоторое время кружатся над ним и улетают устраивать гнездо на новом, обычно труднодоступном месте (в горах, дуплах старых деревьев).

Если этот процесс не контролировать, то происходит дробление пчелиной семьи, потери пчел. Сильные маточные особи улетают, а в ульях остаются молодые семьи, которые еще слабы и меда почти не дают.

Пчеловоды, стремясь не потерять сильные рои пчел, делают для них специальные привады, роевни, которые развешивают на шестах вокруг пасеки. Однако избежать естественного процесса разделения старой и молодой пчелиной семьи таким образом не удастся. Многие столетия ведется эта борьба. Стремление пчеловода удержать свой рой далеко не всегда приводит к успеху. Но и пчелы, победив, обрекают себя на гибель: ведь во время скучного медосбора, холодной зимы, в борьбе с болезнями и т.д. они не могут обойтись без заботы пчеловода.

Когда на пасеке вы проходите мимо улья, то слышите беспорядочные гудящие звуки. Они лежат в диа-

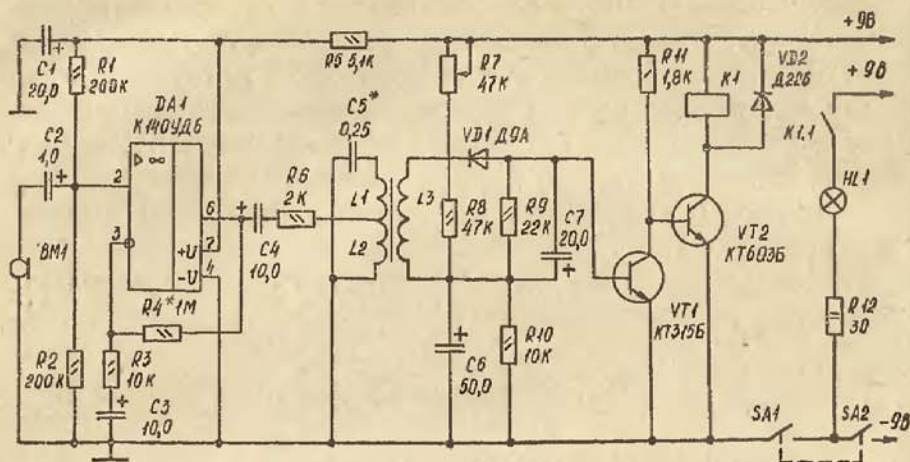


Рис. VIII.8. Схема для оповещения о времени роения пчел

пазоне примерно 100—600 Гц. А в период роения, когда пчелы закладывают в сотах маточки, в которых они воспитывают молодых маток, громкость и тон жужжания резко меняются. Гудение становится монотонным, звуки лежат в диапазоне 200—280 Гц.

Это очень важный период для жизни пчелиной семьи. Опытные пчеловоды сутками дежурят на пасеках, стараются уловить этот момент, не допустить потери пчел.

Предлагаемый электронный прибор автоматически оповещает пчеловода о времени роения.

В основу прибора положен принцип изменения частоты (высоты) звуков, издаваемых пчелами. Как только в улье раздаются соответствующие началу роения звуки, лежащие в диапазоне 200—280 Гц, на выходе прибора зажигается сигнальная лампочка. Пчеловод своевременно прекращает роение или применяет искусственное деление семей, отсаживая их в новые ульи.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. VIII.8.

Звуки, издаваемые пчелами, улавливаются микрофоном. Напряжение, снимаемое с выхода микрофона, усиливается усилителем, выполненным на микросхеме K140UD6, подается на фильтр, представляющий собой параллельный колебательный контур $L1L2C5$, настроенный на частоту 240 Гц. На резонансной частоте контура $L1L2C5$ напряжение на нем резко возрастает, следовательно, возрастает напряжение на обмотке $L3$. Это напряжение выпрямляется диодом $VD1$, затем в отрицательной полярности прикладывается к базе транзистора $VT1$ и закрывает его. В результате открывается транзистор $VT2$ и срабатывает реле $K1$.

Таким образом, усиленное напряжение с выхода усилителя K140UD6 поступает на усилитель, выполненный на транзисторах $VT1$ и $VT2$. В коллектор транзистора $VT2$ включено реле $K1$, контакты которого замыкают цепь питания сигнальной лампы. Порог срабатывания реле устанавливается переменным резистором $R7$. Электролитический конденсатор $C6$ служит для увеличения времени срабатывания реле, а также для сглаживания пульсаций.

Резистор $R12$ в цепи сигнальной лампы $HL1$ служит для ограничения тока, что гарантирует более длительное время работы аккумулятора.

Конструкция и детали прибора «Пчела-88»

Прибор смонтирован в металлическом корпусе размером $150 \times 100 \times 75$ мм. На боковой стенке устройства установлен выключатель питания $SA1$, $SA2$. В качестве микрофона использован микрофонный капсюль ДЭМ-4 (можно применять и ДЭМШ), который соединяется с прибором с помощью четырехконтактного разъема типа ОНЦ-ВГ-4-5/16р. К корпусу микрофона с помощью металлической пластины крепится лампа $HL1$ типа

МН12 В 0,06 А. Это сделано для того, чтобы во время работы, когда микрофон подносится к улью, лампочка была хорошо видна пчеловоду.

Монтаж прибора выполнен из фольгированного стеклотекстолита на плате размером 80×70 мм.

Катушка L1 имеет 1200 витков, L2 — 800 витков, намотаны проводом ПЭЛШО-01 или ПЭВ-1.

Катушка L3 имеет 800 витков и намотана проводом ПЭЛШО-0,12 или ПЭВ-1-0,12. Сердечник набран из пластин Ш6×8. Можно использовать сердечники от выходных трансформаторов переносных транзисторных приемников «Альпинист 417», «Кварц 406» и др.

Фильтр настраивают на частоту 240 Гц подбором конденсатора С5.

Реле К1 типа РЭС-10, паспорт РС4.524.302.

Питание прибора осуществляется от двух аккумуляторов типа 7Д-01. Один аккумулятор используется для питания электронной схемы, другой для питания лампы HL1. Выключатель SA1, SA2 спаренный, одновременно включает цепи питания аккумуляторов.

Налаживание прибора. Прибор предварительно собирают на макетной плате и тщательно настраивают. Налаживание начинают с настройки контура на частоту 240 Гц. Для этого нужно отпаять провод конденсатора С4, присоединенного к выходу операционного усилителя (ОУ), и подать сигнал с генератора звуковой частоты, подключив параллельно к колебательному контуру ламповый вольтметр. Изменяя величину конденсатора С5, нужно настроить этот контур на резонансную частоту, контролируя точность настройки по максимальному показанию вольтметра. Затем проверяют ширину пропускания фильтра в обе стороны от точки резонанса и вновь припаивают конденсатор С4 к выходу ОУ. Затем на вход ОУ подается от звукового генератора напряжение величиной 100—150 мВ (частота 240 Гц). Напряжения на выходе ОУ должно быть не менее 1 В.

В последнюю очередь устанавливают уровень срабатывания исполнительного каскада, меняя сопротивление потенциометра R7, добиваются, чтобы загорелась сигнальная лампочка.

Последняя операция по настройке — окончательная проверка прибора. Для этого на вход звукового генератора подключаем динамическую головку и, установив частоту 240 Гц, включаем прибор.

Пользуются прибором следующим образом. Тумблером питания SA1, SA2 включают источники питания и подносят микрофон к улью. Если пчелы находятся в стадии роения, загорается лампа HL1. Чтобы прибор не перегревался на солнце, его корпус рекомендуется окрасить светлой нитроэмалью.

Усовершенствование прибора. Опытные радиолюбители могут усовершенствовать прибор, дополнив его устройством, автоматически контролирующим состояние ульев. Для этого необходимо установить в каждый улей микрофон и создать коммутатор (например, на шаговом искателе ШИ-25/8), который будет поочередно подключать микрофон к прибору. Над летком каждого улья устанавливается сетчатая задвижка, которая удерживается в открытом положении сердечником соленоида и не мешает работе пчел. Управление обмоток соленоида подключено через коммутатор к выходу прибора. При появлении жужжания с частотой 200—280 Гц напряжение подается на обмотку соленоида, задвижка плавно опустится и закроет леток, препятствуя выходу роя. Таким образом, сами пчелы своим жужжанием перекрывают себе путь к свободе, а точнее, к гибели.

Прибор для сбора пчелиного яда

Огромное количество лекарств содержит пчелиный яд — это поистине бесценный продукт. На его основе изготавливают такие замечательные лечебные средства,

как апизатрон, вирапин, венациолин и многие другие.

Пчелиный яд долгое время считали дефицитом, потому что отбор его раньше проводился вручную, и зачастую пчелы при этой операции погибали. Ведь все знают, что, вонзив жало, пчела не в состоянии вынуть его обратно, а потеряв жало, она погибает.

Ученые задумались, как взять пчелиный яд, оставив пчелу живой и здоровой.

Известно, что, если раздражать пчелу слабым электрическим током, она выпускает яд. Поэтому были предложены электронные приборы, работающие на принципе блокинг-генератора релаксационных колебаний, имеющего сильную положительную обратную связь между базой транзистора и коллектором. Это осуществляется путем применения трансформатора, переворачивающего фазу напряжения на 180° (см. цв. вклейку, рис. VIII.9).

Транзисторная схема блокинг-генератора работает следующим образом: ток вызывает зарядку конденсатора $C1$, запирает транзистор $VT1$, который затем, когда происходит разряд конденсатора $C1$, снова открывается. Время открытого состояния транзистора зависит главным образом от данных трансформатора, время записания — от постоянной времени RC цепочки, которая в нашем случае образуется емкостью $C1$ и омическим сопротивлением обмотки трансформатора $TP1$.

Генератор импульсов (см. цв. вклейку, рис. VIII.9) выдает высоковольтные импульсы иглообразной формы с амплитудой 50—60 В. Частота следования импульсов 20—30 мкс.

Продолжительность сеанса сбора яда с одного улья не превышает пяти минут, после чего делают часовой перерыв.

Описываемый прибор работает следующим образом. В улей помещается рамка (рис. VIII.9) с натянутыми на ней проводниками, на которые подают импульсы напряжением 50—60 В и длительностью 20—30 мкс, снимае-

мые с одного из разъемов $X1$ — Xn . Под рамкой укреплено стекло. Эти импульсы не представляют опасности для пчелы. Своим телом пчела замыкает проводники сетки и получает удар током, который раздражает ее, она старается ужалить невидимого противника и выпускает жало, из которого на стекло стекает яд. Не встречая препятствия, жало остается невредимым, а пчела живой. Через некоторое время стекло с ядом заменяют на чистое. Одним прибором можно обслужить 12—15 ульев.

Колебания блокинг-генератора поступают через конденсатор (рис. VIII.8) на цепь контроля, собранной на транзисторе $VT2$ и приборе $PA1$. По показаниям прибора можно судить не только о работе блокинг-генератора, но и об исправности рамки. Если, например, при установке переключателя $S1$ в положение $X1$ стрелка индикатора возвратится на нулевую отметку, значит, проводники рамки замкнуты между собой.

Детали и конструкции прибора. Транзисторы $VT1$ типа КТ502Е, $VT2$ типа КТ361Г. Прибор $PA1$ — миллиамперметр на 1...5 мА, при налаживании прибора стрелку миллиамперметра устанавливают в среднее положение, изменяя величину резистора $R2$. Трансформатор $TP1$ выполнен на сердечнике Ш12×12, обмотка I содержит 60 витков, обмотка II — 250 витков, обмотка III — 1200 витков провода ПЭЛ-0,1. Рамка изготавливается из луженых проводников, закрепленных между двумя изолирующими прокладками, так что образуют две гребенки (рис. VIII.9), вставленные друг в друга. К этим гребенкам подключают двухпроводный шнур длиной 20—25 м с двухконтактным разъемом на конце. Разъем (вилка) вставляется в розетку (ответная часть разъема), укрепленную на боковой панели прибора.

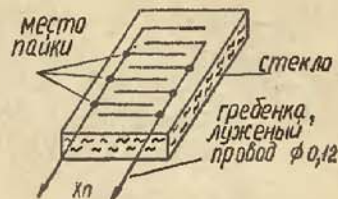


Рис. VIII.10. Гребенка для сбора пчелиного яда



Глава девятая, из которой читатель узнает, что радуга способна петь, музыку можно увидеть, а сенсорный голод вполне утоляется красками

Чувство цвета является популярнейшей формой эстетического чувства вообще.

К. Маркс

Вы будете жить всеми ощущениями: гармонией звуков, гармонией цветов,

А. Скрябин

«...Во мраке лишь слабо мерцал экран и чуть слышался снаружи постоянный шум моря. Где-то в невероятной дали возник низкий, такой густой, что казался ошутимой силой, звук. Он усиливался, сотрясая комнату и сердца слушателей, и вдруг упал, повышаясь в тоне, разбился и рассыпался на миллионы хрустальных осколков. В темном воздухе замелькали крохотные оранжевые искорки...

Нахлынул вал тревожных и нестройных звуков, тысячеголосый хор боли, тоски и отчаяния, дополняя которые, металась и гасла вспышки мутных оттенков пурпура и багрянца.

Прилив грозно ступающих басов усилился, и ритм их учащался, переходя в отрывистую и зловещую мелодию. Синие огни казались цветами, гнущимися на тонких огненных стебельках. Печально никли они под наплывом низких, гремящих и трубящих нот, угасая вдали».

Так в фантастическом романе Ивана Ефремова «Туманность Андромеды» описывается исполнение светомузыкального произведения «Симфония Фа-минор цветовой тональности 4,750 мю».

Действие романа происходит в далеком будущем, но осуществить светомузыку оказалось возможным значительно раньше. В 1960 году в Лондоне, на советской промышленной выставке, демонстрировалась светомузыкальная установка. Ее создатели — коллектив ученых института технической кибернетики Академии наук СССР.

В программе этого необычного симфонического концерта прозвучало «Итальянское каприччио» П. И. Чайковского. Дирижер дал вступление оркестру, и вместе с первыми звуками зал наполнился красками. Нежная мелодия отражалась на громадном экране зеленоватым сиянием. Мягкие, пастельные, теплые краски то вдруг переходят в багровые яркие сполохи, то опять затухают. Как гармонично сливается чарующая музыка с гаммой цветов. Музыка и цвет. Какое это удивительное сочетание! Насколько эмоциональнее воспринимается содержание музыкального произведения, когда оно слито с цветом!

Вернувшись из своей триумфальной поездки на берега Темзы, светомузыкальная установка получила прописку в павильоне «Радиоэлектроника» Выставки достижений народного хозяйства СССР в Москве. И снова успех. На этот раз на родной земле.

Звук и цвет, связанные воедино в их эмоциональном воздействии на человека, — вот основа нового жанра искусства — светомузыки, начало которой положили первые концерты в Москве и Лондоне. Однако, обратившись к истории, мы увидим, что попытки объединить музыку и цвет делались еще в Древней Греции, за 2500 лет до нашего времени.

Великий Аристотель (384—322 до н. э.) в философском трактате «О душе» писал: «Цвета по приятности их гармонии могут относиться между собой подобно музыкальным созвучиям и быть взаимно пропорциональными». Проходили века, а ученые продолжали

искать подтверждение мысли этого великого философа.

В один из солнечных весенних дней 1666 года Исаак Ньютон (1643—1727) вместе со своим ассистентом выполнили несложный опыт. Закрыв окно темной бархатной шторой, ученый направил тонкий солнечный луч на стеклянную призму. Луч, выходя из призмы, превратился в радужную полоску — спектр. Основных цветов в спектре оказалось семь: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Направив спектр на лист белой бумаги, Ньютон попросил своего ассистента, очень хорошо различавшего оттенки цвета, отметить границы, разделяющие отдельные цвета. На бумаге получилось семь полосок различной ширины. Самую широкую полосу занимал фиолетовый цвет. Затем полосы сужались, там, где был красный цвет, снова шла широкая полоса. «Если ширину фиолетовой полосы принять за единицу, — рассуждал Ньютон, — то получится следующее соотношение полосок по ширине: фиолетовый цвет — 1, синий — $8/9$, зеленый — $2/3$, желтый — $3/5$, оранжевый — $9/16$, красный — $1/2$ ». Изучая это явление, ученый установил, что цвет определяется длиной световой волны, или частотой колебаний. Далее он предположил, что цвет имеет ту же природу, что и звук. Так как октава состоит из 8 звуков (начало и конец ее завершает одна и та же нота), то Ньютону понадобилось в соответствии со своей гипотезой искусственно ввести еще один цвет. Он ввел новый цвет «индиго», название которого дошло и до наших дней.

Однако великий ученый ошибался, и его сопоставление звука с цветом было искусственным и неправомерным. Ведь отдельно взятый звук не имеет музыкального смысла и не несет эстетической нагрузки. Один и тот же звук, входя в музыкальную фразу, может образовывать разные созвучия, вызывая у слушателей те или иные эмоции. Гипотеза Ньютона о связи между музыкальной гаммой и спектром ошибочна и потому, что в природе

звук и цвет как физические процессы не являются взаимосвязанными. Так объясняет ошибку Ньютона один из авторов первой советской светомузыкальной установки К. Л. Леонтьев в своей книге «Музыка и цвет».

Кибернетика и «Прометей»

Москва, 4 февраля 1917 года. Даже в то тревожное и беспокойное время интерес к любому зрелищу был велик. Хотя театр еще оставался парадом бриллиантов, монополией фраков и вечерних туалетов, пиджаки, поддевки и студенческие фуражки уже нередко появлялись в зрительном зале. В этот вечер у подъезда Большого театра толпилось необычно много людей. Давали не оперу, не балет, а... светомузыкальный концерт. Мало кто в то время знал, что это такое. Исполнялась симфоническая поэма «Прометей» («Поэма огня», 1910), сочиненная композитором Александром Николаевичем Скрябиным (1871—1915). В партитуру своего «Прометея» композитор ввел строку «люкс», в которой были записаны обозначения цветов, соответствующих той или иной фразе произведения. Записывая цвета на рукописи партитуры, он руководствовался чувством синопсии — «видения звуков».

Что же это такое? У некоторых людей музыка вызывает зрительные представления цвета, они музыку не только слышат, но и видят. Определенные созвучия (аккорды) окрашиваются в их представлении в свои, присущие только данным созвучиям цвета, причем у разных людей цветовая окраска аккордов может быть различной. Для человека, наделенного таким чувством, музыка всегда существует не сама по себе, а в сочетании с цветом. Это и есть синопсия — способность мозга связывать звуки с определенными цветовыми сочетаниями.

Видением звука обладают многие композиторы и исполнители музыкальных произведений. Известно, что, на-

пример, чувством синопсии обладал Берлиоз, видели звуки в цвете Римский-Корсаков и Дебюсси. Скрябин попытался с помощью строки «люкс» передать свои цвето-музыкальные ощущения и представления.

При жизни автора «Прометей» исполнялся дважды, но оба раза композитор критически отнесся к качеству исполнения, отмечая, что световое сопровождение требует доработки.

Известно, что Скрябин, начиная с «Прометей», рядом с нотной дорожкой писал цветовую — впервые в истории музыки и науки он пытался связать цвет и звук.

Несмотря на новизну, публика осталась равнодушной к экспериментам композитора. Вот что писала «Русская музыкальная газета» 5 февраля 1917 года о светомузыкальном концерте: «Как это, может, ни странно, в распоряжении Большого театра оказалось лишь три смены различных цветов. При таком положении, конечно, печего было и думать о сколько-нибудь приблизительном восприятии световой партии».

Была создана светомузыка, но не было еще инструмента, на котором можно было бы исполнять это гениальное творение. Имя Скрябина стало легендой при жизни. И не только благодаря ряду удивительных и необычных свойств характера и биографических ситуаций. Ему повезло меньше, чем другим гениальным ученым и музыкантам, — он трагически умер сорока с лишним лет, не успев сделать самого главного. Может быть, действительно он был на пороге великой революции в искусстве.

Прошли десятилетия... И вот достижения радиоэлектроники и кибернетики сделали возможным то, о чем многие века — от Аристотеля до Скрябина — мечтали поколения ученых и композиторов.

Какую роль в создании светомузыкальных инструментов сыграло развитие кибернетики?

Кибернетика — это наука о передаче, приеме и хранении информации. Несет ли музыка какую-либо инфор-

мацию тем, кто ее слушает? Безусловно. Музыка воздействует на их чувства, и часто это воздействие бывает очень сильным: музыка может заставить человека веселиться, грустить, негодовать, любить, сопереживать вместе с любимым героем.

Музыка сильна и тем, что она передает информацию людям, которые не объединены знанием одного языка. Музыка Шостаковича, Глиэра понятна и американцу, и индусу, и испанцу, если даже ни один из них не знает родного языка композитора. В то же время восприятие музыки, особенно серьезной (например, симфонической), — процесс, требующий определенной подготовки и музыкальной грамотности слушателя.

Давно известно, что информация может быть передана и воспринята зрением в форме цветосветовых явлений. Вспомните, например, как передаются сообщения с помощью «морского» телеграфа. Но может ли быть переложена на цвет информация в бессмертных творениях Чайковского, Глинки, Бетховена?

Как же действует светомузыкальный инструмент, созданный советскими учеными?

Чувствительный микрофон преобразует музыкальный звук в электрический сигнал, вводимый в электронную аппаратуру, где она анализируется по высоте, длительности и громкости. Затем сигнал поступает в синтезирующее устройство, которое суммирует «параметры» музыкального звука, выявляет существенные связи между слуховым и зрительным его восприятием и устанавливает, какой цвет должен соответствовать тому или иному музыкальному звуку по яркости, контрастности, цветовому тону, насыщенности, длительности свечения. После этого световые сигналы поступают на общий экран. В установке применяют три источника света, имеющие красный, зеленый и синий светофильтры. Цвет экрана зависит от интенсивности отдельных цветовых излучений, которые, смешиваясь, образуют остальные оттенки спек-

ра. Этот способ получения цвета, называемый аддитивным, положен теперь в основу всех кибернетических светомузыкальных установок.

Свердловскими школьниками под руководством автора этой книги была построена светомузыкальная установка «Радуга-1», в которой анализ звука производится по частоте и громкости. Эта светомузыкальная установка демонстрировалась на ВДНХ и была удостоена диплома 1-й степени и золотой медали выставки. Позднее свердловская «Радуга-1» демонстрировалась на советской выставке детского технического творчества в США, где также вызвала большой интерес. Много похвальных слов было сказано в адрес советских пионеров, создателей этой светомузыкальной установки. По окончании работы выставки они были награждены грамотами ЦК ВЛКСМ и Министерства просвещения. Впоследствии ими были построены еще несколько светомузыкальных устройств. О некоторых из них будет рассказано в этой главе.

Научно-популярные журналы предлагают конструкторам-любителям много простых схем светомузыкальных приставок к радиоприемникам, электропроигрывателям, магнитофонам, работающих по принципу разделения звукового диапазона на три поддиапазона, каждому из которых соответствует свой цвет. Анализ музыкального звука в светомызыке требует учета не только высоты и громкости, но также тембра и характера исполняемого произведения.

Источники света и экраны для демонстрации светомызыки

Разные конструкторы с различных творческих позиций подходят к созданию светомузыкальных инструментов. Однако накопленный опыт позволяет сделать некоторые выводы о том, какими должны быть основные тех-

нические средства для воспроизведения цвета с помощью светомузыкальной установки.

В любом из сконструированных светомузыкальных инструментов обязательно должны быть источник света и экран. К выбору этих элементов светомузыкальной установки предъявляют повышенные специфические требования. Зритель наслаждается красочной неповторимой картиной, которая возникает на экране, но она появляется только тогда, когда будет достигнут гармоничный союз электроники и светотехники. Поэтому к выбору источников света и конструкции экранов необходимо подойти с особым вниманием. Несколько слов об источниках света. Существующие каталоги предлагают на выбор более 1000 наименований электроламп, которые различаются по напряжению, мощности, габаритам и т. д. Их световой поток регулируется от нуля до максимального значения при смене напряжения (или тока), но характер изменения этих параметров нелинейный, и об этом тоже нужно всегда помнить конструктору.

Главный недостаток ламп накаливания — изменения спектрального состава излучения при изменении питающего напряжения (чем ниже напряжение, тем спектр, излучаемый лампой, становится более красноватым; с увеличением температуры нити накала лампы появляются более короткие волны, и зритель начинает видеть белый цвет). Но в распоряжении радиолюбителя, как правило, в качестве источников света бывают только лампы накаливания (или люминесцентные), поэтому мы остановимся на некоторых их особенностях. При конструировании выходного оптического устройства (ВОУ) с малой инерционностью источников света нужно применять лампы с более тонкой нитью накала (напряжение питания 220 В).

Для более плавного изменения света на экране ВОУ подходят лампы с более толстой нитью (лампы с низким напряжением и большей силой тока).

В каталоге на электротехнические изделия лампы общего назначения подразделяются на следующие типы: НВ (накаливания вакуумные), НГ (накаливания газонаполненные), НБ (накаливания бесспиральные), НБК (накаливания бесспиральные, криогеновые). Эти лампы выпускаются напряжением 127 и 220 В, их мощность от 15 до 1500 Вт.

Большая номенклатура ламп выпускается для местного освещения (МО), железнодорожного транспорта (Ж), для судов (С), автомобилей и тракторов (А), самолетов (СМ), прожекторов (ТЖ), киноаппаратуры (КПЖ, ПЖК), для иллюминации, для маяков (ММ), сигнальные (СГ), миниатюрные низкого напряжения (МН).

Кроме этого, при изготовлении мощных установок светомузыки очень хорошие результаты можно получить, применяя лампы с внутренним зеркальным покрытием (ЗС, ЗН, НЗК) мощностью от 300 до 2500 Вт.

Люминесцентные лампы, имеющие хорошую световую отдачу (она значительно больше, чем у ламп накаливания), по своим спектральным характеристикам подразделяются на лампы дневного света (ЛД), с исправленной цветностью (ЛДЦ), холодно-белого (ЛБ), тепло-белого (ЛТБ) и цветные. Их применение в светомузыкальных установках дает хороший эстетический эффект, но из-за относительно сложной пускорегулирующей аппаратуры (дрессели и резисторы) применение таких ламп доступно только опытным коллективам конструкторов, создающих большие светомузыкальные устройства.

Галогенные лампы с иодным циклом дают хорошие результаты благодаря высокой световой отдаче и хорошим спектральным характеристикам. Они маркируются КН, КГ, КГК, КГМ и выпускаются на напряжения 127 и 220 В, а также на более низкие напряжения. Мощность этих ламп — 500, 1000, 1500, 2000 и 5000 Вт.

Разные конструкторы выбирают различные схемные решения для создания светомузыкальных инструментов, но обязательным элементом для каждого из них будет выходное оптическое устройство (ВОУ), выполненное в виде плоского экрана, объемной конструкции, светящейся панели и т. д. ВОУ требует особенно тщательной конструкторской проработки, от этого во многом зависит успех всей работы в целом.

Конструкция и форма экрана кроме технической несет и эстетическую нагрузку.

В простейших конструкциях начинающие радиолюбители могут использовать плоские экраны, применяя прямую проекцию света на экран (диапроекцию) или проекцию «на просвет», при которой источники света устанавливаются за экраном. Специальные отражатели и короткофокусная оптика позволяют располагать источники света в непосредственной близости от экрана. Это дает возможность достигнуть большей компактности, что в любительских условиях имеет немаловажное значение.

Экраны, выпускаемые для передвижных кинопроекторных установок, также могут быть использованы в качестве экранов светомузыкальных устройств. Однако следует учесть, что зритель психологически воспринимает эту форму (отношение сторон экрана 3:4) как киноэкран и «ждет» появления картинки. Лучше всего изготовить специальный экран для светомузыкальной установки, используя полинол или другой пластикат.

При прямой проекции экран должен быть непрозрачным. Его можно изготовить из полотна, отбеленной бязи или полинола (хлопчатобумажное полотно с нанесенным на него слоем полихлорвинилового массы). На поверхность полинола наносится алюминированное отражательное покрытие с тиснением ячеякового профиля.

Чтобы повысить отражательную способность экрана, изготовленного из полотна, на него нужно нанести бе-

лое покрытие. Такое покрытие легко изготовить самим, для чего применяют бариевую пасту. Рекомендуем следующий состав пасты (в граммах):

сернистый барий	59,19
желатин фотографический	2,19
глицерин	3,19
фенол кристаллический	0,036
ультрамарин	0,094
вода	35,34

Одного килограмма пасты достаточно, чтобы покрыть экран площадью 3 м². Паста наносится в два слоя.

В качестве материалов для экранов, работающих «на просвет», можно использовать батистовую ткань, опаловое оргстекло или карандашную кальку. Под кальку подкладывается слой театрального тюля.

Начинающие конструкторы могут проводить свои эксперименты с светомузыкой, используя в качестве экрана матовый шар от электросветильника для освещения улиц.

Можно придать экрану светомузыкальной установки форму, значительно отличающуюся от сферы, но лучше, чтобы он не был похожим на экран кино или телевизора. В то же время не рекомендуются и слишком смелые «абстрактные» очертания. Ломаные линии экрана будут затруднять восприятие цвета, зрительно перегружать его.

Для небольших установок советуем склеить из кусков опалового оргстекла экран, который использовался для инструмента «Радуга-1». На расстоянии около метра от экрана располагались металлические отражатели от медицинской аппаратуры «Соллюкс» с лампами накаливания (220 В, 75 Вт).

Переходной формой от плоскости к сферам могут служить большие объемные экраны. Один из них был создан в Свердловске для светомузыкальной установки «Радуга-2».

Прототипом формы этого экрана был кристалл самоцвета.

Экран изготовлен из опалового оргстекла толщиной 4 мм. Он имеет форму многогранника, основой которого является каркас из восьмимиллиметрового полупрозрачного оргстекла. Его размеры; 2,5×1,5×1 м.

Опаловое оргстекло крепится к каркасу при помощи винтов М4. Постамент, на котором установлен объемный экран, изготовлен из алюминиевых уголков размерами 30×30 мм. В основание постамента вмонтированы источники света, светофильтры и электронная аппаратура. Источниками света служат зеркальные лампы накаливания мощностью 500 Вт, они охлаждаются тремя вентиляторами (лучший результат могут дать ксеноновые лампы). Постамент облицован черным оргстеклом (см. 3-ю сторону обложки).

Еще одна проблема, которую всегда приходится решать конструкторам светомузыкальных установок, — использование светофильтров. При окраске ламп даже самыми высококачественными лаками не удастся получить хорошие цвета, хотя мы не исключаем их применения в простых установках. В светомузыкальных устройствах со светофильтрами плохого качества трудно добиться правильного цветовоспроизведения. В настоящее время лучшими являются стеклянные светофильтры, выпускаемые нашей оптической промышленностью: для красного цвета КС-13 или КС-14 (толщина 3-5 мм), для зеленого ЗС-1 или ЗС-6 (толщина 1 мм), для синего — СС-1 или СС-8 (толщина 1-2 мм). Несколько хуже пленочные ацетатные светофильтры, используемые при съемке цветных кинофильмов, в театральной осветительной аппаратуре и на телевидении.

Вспомним, что из всех цветов наш глаз менее всего чувствителен к синему. При аддитивном смешении нескольких цветов результирующий зависит от того, в каких пропорциях взяты основные. По международной

системе красный цвет имеет длину волны — 700 нм, зеленый — 546 нм, синий — 435 нм. Поэтому при использовании светофильтров неодинакова мощность источников цветового излучения: у источника синего цвета она должна быть в 6 раз больше мощности красного излучения. Следовательно, в канале синего цвета необходимо использовать лампы в 3—4 раза мощнее, чем в каналах зеленого и красного цветов. Канал зеленого цвета в свою очередь должен превосходить по мощности канал красного цвета. А лучше всего, если конструктор предусмотрит регулировку силы света (по току или напряжению) в каждом цветовом канале своего светомузыкального инструмента.

Теперь, когда читатель познакомился с основными требованиями к светомузыкальным экранам, ему предлагается построить простой светомузыкальный инструмент «Политра-1». Такой инструмент был изготовлен юными светомузыкантами Дома пионеров города Свердловска.

Светомузыкальная приставка

Приставка, принципиальная схема которой приведена на рис. IX.1, состоит из трех разделительных фильтров ($C1R1$, $L1C2R2$ и $L2R3$), трех усилителей на транзисторах $VT1 \div VT3$, ламп накаливания $HL1 \div HL3$ и выпрямителя, собранного по однополупериодной схеме на диоде $VD1$ с емкостным фильтром (конденсатор $C3$). Питание приставки осуществляется от накальной обмотки силового трансформатора с выходной мощностью не менее 5 Вт. Сигнал звуковой частоты со вторичной обмотки выходного трансформатора $T1$ поступает на разделительные фильтры.

В результате работы фильтров к входу усилителя на транзисторе $VT1$ поступает спектр колебаний, лежащий в области высоких частот (ВЧ), к входу усилителей на

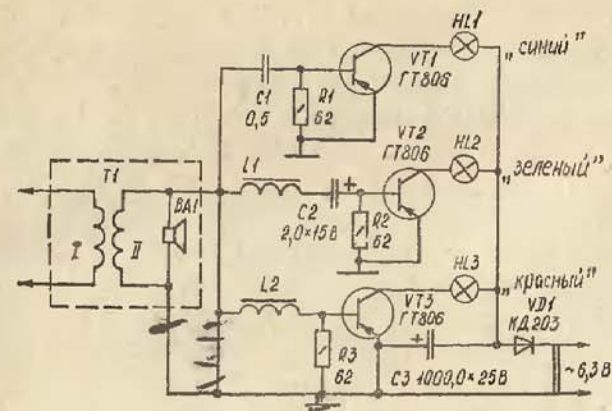


Рис. IX.1. Принципиальная схема светомузыкальной приставки «Палитра-1»

транзисторах $VT2$ и $VT3$ поступят спектры колебаний, соответствующие средним и низким частотам. Нагрузкой усилителей являются лампы $HL1 \div HL3$.

При отсутствии сигналов на выходе фильтров транзисторы $VT1 \div VT3$ практически закрыты, лампочки $HL1 \div HL3$ не горят. При наличии же сигналов токи коллекторов соответствующих транзисторов возрастают. В результате лампы $HL1 \div HL3$ начинают светиться, причем яркость их свечения будет зависеть от уровня поступающего сигнала.

В качестве выходного оптического экрана можно использовать полупрозрачный матовый экран или плафоны от осветительной аппаратуры, за которым на расстоянии 10÷15 см располагают лампы. Мощность используемых ламп мала, и поэтому при работе светомузыкальной приставки помещение должно быть затемнено.

Схема смонтирована и собрана на плате из стеклотекстолита. Лампы $HL1 \div HL3$ — МНЗ,5—0,26 А.

Катушка $L1$ содержит 200 витков провода ПЭЛШО-

0,1 мм и наматывается на два сложенных вместе ферритовых кольца марки 200 НН типоразмера $K7 \times 4 \times 2$. Индуктивность ее около 1,2 мкГн.

Катушка $L2$ наматывается на трех таких же кольцах, сложенных вместе, и содержит так же 200 витков провода ПЭЛШО-0,1 мм. Индуктивность этой катушки около 1,8 мкГн.

В приставке регулировка яркости свечения ламп $HL1 \div HL3$ осуществляется регулятором громкости радиоустройства, с которого снимают сигнал на светомузыкальную приставку.

В устройстве можно применить: конденсатор $C1$ типа МБМ, КМ-5, а остальные К-50-6.

Постоянные резисторы МЛТ-0,25, ОМЛТ-0,25. Диод $VD1$ -КД302 или КД304, КД203. Транзисторы $VT1, VT2, VT3$ -КТ837Б, КТ814Г, КТ816Г, КТ818Г, ГТ804, ГТ806.

Светомузыкальная установка «Малахит-2».

Более сложным светомузыкальным инструментом является сконструированная свердловскими школьниками установка «Малахит-2». Она позволяет создавать богатейшие световые партии. Установка удостоена диплома Всесоюзной выставки радиолюбителей-конструкторов. На схеме рис. IX.2 низкочастотный сигнал с выхода радиоустройства поступает на переменный резистор $R1$ и далее на предварительный каскад усиления (транзистор $VT1$). С нагрузки усилителя с резистора $R3$ усиленный низкочастотный сигнал поступает на вход разделительных фильтров, с помощью которых он по частотам разделяется на три канала. Низкочастотный сигнал выделяется фильтром $R5C5R6C6$ и поступает на базу транзистора $VT2$, управляющего работой тиристора $VT6$. При отсутствии сигнала на базе транзистора $VT2$ последний закрыт и ток в цепи управляющего электрода равен 0.

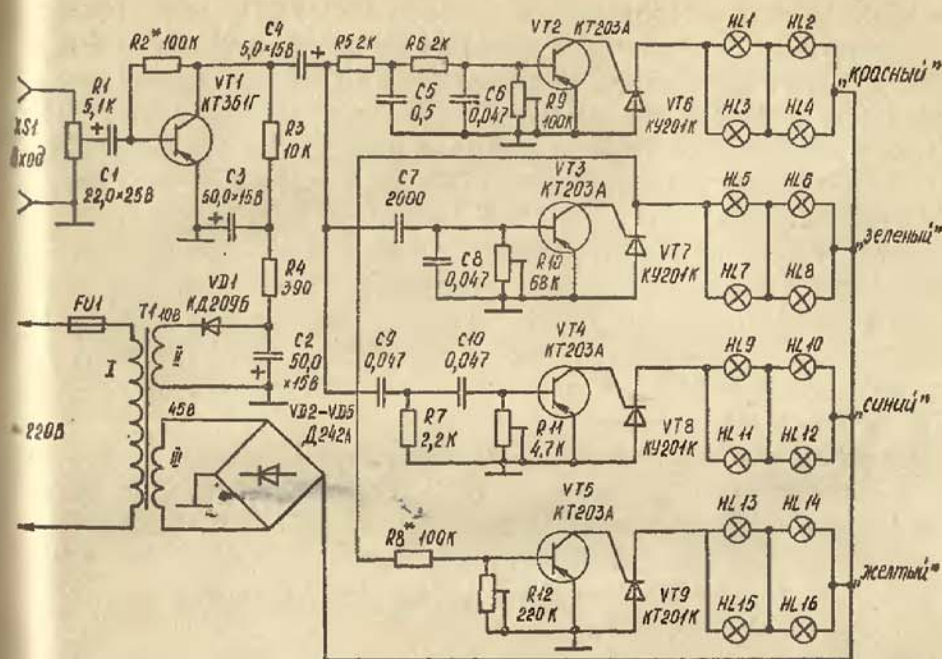


Рис. IX.2. Принципиальная схема светомузыкальной установки «Малахит-2»

Так как сопротивление тиристора в этом случае велико, лампы $HL1 \div HL4$ не горят. При поступлении сигнала на базу транзистора $VT2$ последний открывается, управляющий ток тиристора $VT6$ увеличивается, сопротивление тиристора резко падает, и лампы $HL1 \div HL4$ начинают светиться, т. к. тиристор из закрытого состояния переходит в открытое. Лампы $HL1 \div HL4$ окрашивают в красный цвет.

Сигналы средних частот пропускает второй канал с фильтром $C7C8$. Последовательно с тиристором $VT7$ включены лампы $HL5 \div HL8$ зеленого цвета. Сигналы

высоких частот пропускает фильтр С9R7C10. В цепь тиристора VT8 включены лампы синего цвета HL9÷HL12. Физические процессы, происходящие при работе во втором и третьем каналах такие же, как и в первом. Для усиления эффекта светового восприятия дополнительно введен четвертый канал («Фон»), выполненный на транзисторе VT5 тиристора VT9 с лампами HL13÷HL16. По схеме он аналогичен первым трем каналам.

Сигнал для управления четвертым каналом подается на базу транзистора VT5 через резистор R8 с катода тиристора VT7. Благодаря этому, лампы HL13÷HL16, окрашенные в желтый цвет, светятся тогда, когда канал зеленого цвета не работает.

Налаживание приставки начинают с установки движков переменных резисторов R9÷R11 в верхнее (по схеме) положение, а движка переменного резистора R12 — в среднее. Если при этом светятся лампы HL1÷HL4, или HL5÷HL8, или HL9÷HL12, то, значит, имеется ошибка в монтаже или применена неисправная деталь.

Затем на вход светомузыкальной приставки подают от звукового генератора (например, ГЗ-56) сигнал с частотой порядка 150 Гц и напряжением 1,5 В. Установив движок переменного резистора R1 в верхнее (по схеме) положение, подбирают переменным резистором R9 порог срабатывания тиристора, при котором лампы HL1÷HL4 первого канала будут светиться достаточно ярко.

Аналогичным образом налаживают второй и третий каналы; при этом от звукового генератора подают поочередно сигнал с частотой 1 кГц и 2 кГц при регулировке канала средних и высших частот. Регулировка четвертого канала производится резистором R8 при отсутствии сигнала на входе приставки. Сопротивление этого резистора подбирается таким образом, чтобы обеспечивалось включение тиристора VT9.

В этой светомузыкальной приставке в качестве экрана можно использовать профилированное стекло. Доста-

точно хороший экран получается из стеклянных трубок диаметром 5—7 мм, расположенных в 3—4 ряда. Трубки соседних рядов располагают перпендикулярно друг к другу. Между трубками каждого ряда не должно быть щелей. Основой экрана является деревянная рамка.

В приставке можно использовать транзисторы: КТ361Г (VT1), КТ203А (VT2—Т5) — все желательно с коэффициентом усиления не ниже 60—80; диоды Д242А (VD2÷VD5), тиристоры КУ201К (VT6÷VT9), лампы (HL1—HL16) — на 24 В и ток 105 мА.

Питание светомузыкальной приставки производится от сети переменного тока с помощью двух выпрямителей, собранных на диодах VD1, VD2—VD5. Тиристоры питаются пульсирующим напряжением. Поэтому за период переменного напряжения они дважды выключаются, когда ток через тиристор становится меньше величины тока выключения.

Силовой трансформатор Т1 наматывается на сердечник Ш30×30. Сетевая обмотка содержит 1320 витков провода ПЭЛ-0,1; обмотка II — 60 витков провода ПЭЛ-0,5; обмотка III — 270 витков провода ПЭЛ-0,8. В обмотке III целесообразно сделать несколько отводов от 60, 120, 180-го витка, которые могут быть полезными при использовании других ламп накаливания и тиристоров.

Конденсаторы С2, С3, С4 — К50-6, а остальные КМ-5. Постоянные резисторы ОМЛТ-0,25; МЛТ-0,25; R1-СП-1; R9, R10, R11, R12 — СП-3-0,25.

Несмотря на ряд достоинств, светомузыкальная установка «Малахит-2» имеет и недостатки: первое — мощность ламп, включенных в каждый канал, ограничена, второе — фильтры собраны на пассивных элементах. Поэтому мы предлагаем опытным радиолюбителям построить светомузыкальную установку «Малахит-3», свободную от вышеуказанных недостатков (рис. IX.3а и б). Она может быть использована как светомузыкальный инст-

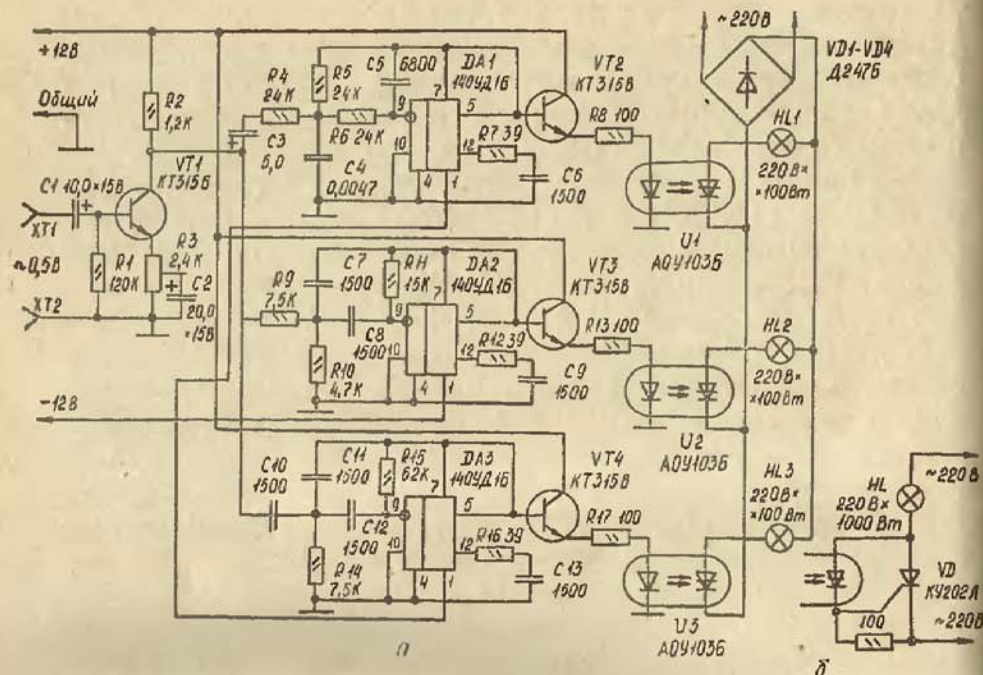


Рис. IX.3а. Принципиальная схема светомузыкальной установки «Малахит-3»

Рис. IX.3б. Принципиальная схема блока уomoщнения

румент для сопровождения камерных и эстрадных оркестров, работы дискотек, оформления театральных спектаклей. В зависимости от размера помещения, где происходит светомузыкальный концерт, в схеме установки «Малахит-3» предусмотрено устройство уomoщнения выходных каскадов (Рис. IX.3 б), которое может обеспечить в каждом канале цвета включение дополнительных ламп накаливания мощностью до 1000 Вт.

Блок-схема светомузыкальной установки по своей структуре достаточно проста и состоит из трех каналов — красного, зеленого и синего цветов. На входе установки включен усилительный каскад, выполненный на транзисторе *VT1*. На входе каждого канала имеются активные фильтры, которые делят весь звуковой диапазон на три канала. Первый канал (красного цвета) имеет диапазон частот от 40 до 500 Гц, второй канал (зеленого цвета) — от 500 до 3000 Гц, третий канал (синего цвета) — от 3000 до 10000 Гц. В каждом канале выделенная частота после фильтра подается на вход усилителя, собранного на микросхеме 140 УД-1Б. Усиленный операционным усилителем, сигнал поступает на эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе *VT2*, и затем подается на тиристорный оптрон *U1*, который управляет работой лампы накаливания *HL1*. Если у конструктора возникает необходимость увеличить выходную мощность светомузыкальной установки, то вместо лампы накаливания *HL1* включают тиристор КУ202Л (или любой другой достаточно мощный тиристор, который может управляться током не более 200 мА). Тиристоры КУ202Л устанавливают на радиаторы площадью не менее 300 мм².

Детали. В установке «Малахит-3» применены резисторы типа МЛТ-025, транзисторы *VT1—VT4* типа КТ315 с буквенными индексами А и В и коэффициентом передачи тока не менее 40—70. Оптоны *U1—U3* типа АОУ 103Б. Данные всех остальных деталей имеются на принципиальной схеме.

Вопрос о том, каким должен быть экран для светомузыкальной установки «Малахит-3», может решаться по-разному, все зависит от вкуса и возможностей радиолюбителя. Вариантов технического решения экрана много. Это могут быть и отдельно стоящие на полу прожекторы, проецирующие цветное изображение на экран из полупрозрачного материала. Возможно и применение объемного экрана, о конструкции которого рассказано

на странице 217. Все зависит от конкретных условий помещения или сцены, в которых происходит демонстрация светомузыкального концерта. Но необходимо помнить, что для получения высокохудожественного светового сопровождения музыки лампы накаливания в канале красного цвета по суммарной мощности должны быть меньше мощности ламп накаливания в канале зеленого цвета, а мощность ламп накаливания в канале синего цвета должна быть больше мощности ламп накаливания в канале зеленого цвета. Например, если мощность ламп накаливания в канале зеленого цвета будет 800 Вт, то мощность в канале красного цвета должна быть 600 Вт, а в канале синего цвета 1000 Вт.

Опытная эксплуатация установки «Малахит-3» на клубной сцене в течение двух лет показала, что установка обладает хорошими техническими характеристиками и имеет высокую эксплуатационную надежность.

Конструкция. Светомузыкальная установка «Малахит-3» собрана в металлическом корпусе размером 450×220×120 мм. На переднюю панель выведена ручка управления усилением первого каскада, тумблер включения сети, три прибора для контроля за напряжением на лампах *HL1*, *HL2*, *HL3* (для простоты изображения приборы на принципиальной схеме не показаны). Корпус окрашен светлой нитроэмалью.

Взгляд в завтра

Конструируя первые светомузыкальные установки, ученые Института технической кибернетики преследовали весьма обширные цели. Не случайно в плане работы института эта тема исследований числилась под многозначительным названием: «Преобразование звуковой информации в цветовую». Ученым уже тогда было ясно, что трансформация звуков в цвет может найти приме-

нение не только в искусстве, но и в различных областях науки, техники и производства.

В последние годы, по мере развития науки и техники, человеку приходится управлять все более сложными машинами и агрегатами. Достаточно вспомнить, например, Серпуховский ускоритель микрочастиц, сверхзвуковые реактивные лайнеры, космические корабли «Союз». Все острее встает вопрос о взаимоотношениях человека и машины, о том, каким образом осуществлять между ними обмен информацией. С помощью лампочек, световых табло, измерительных приборов машина информирует человека об обстановке, в которой она действует, о ее собственном состоянии. Эта информация очень динамична и многообразна. В сложных автоматических системах она, подобно лавине, буквально обрушивается на человека. Но в какой-то определенный момент наиболее существенное значение имеют не все узлы и агрегаты машины, а только некоторые из них. Например, при посадке самолета — устройства, обеспечивающие своевременный выпуск шасси и работу бортовых приводных радиостанций. Летчик должен сосредоточить свое внимание не на всей панели управления, а только на определенных приборах. Зачастую это бывает довольно трудно сделать.

На помощь может прийти взаимосвязь между слухом и зрением. Комбинируя определенным образом световые и звуковые сигналы, можно достичь концентрации внимания человека на наиболее важных приборах или, наоборот, переключения его с одних объектов на другие.

О применении светомузыки в промышленности очень хорошо сказал харьковский инженер Александр Малый: «Устройство для преобразования звука в цвет может найти немало применений в автоматике. Одно из таких применений — контроль за работой станков и агрегатов на автоматизированном производстве. В настоящее вре-

мя такой контроль проводится по системе непрерывного опроса. Чтобы быть уверенным в том, что завод-автомат в целом работает нормально, необходимо «справляться о здоровье» каждого агрегата. Такая система контроля сложна. Электронное ухо, «слушая» рабочие шумы всего предприятия, будет анализировать все изменения их ритма и громкости, вызванные появлением неисправности в той или другой машине. Изменение цветовой картины на выходе электронного преобразователя звука в цвет, наблюдаемое диспетчером, позволит немедленно определить место и характер неисправности и принять меры к ее исправлению».

Космический корабль отправляется в многосуточный полет к звездам. В первые часы космонавт обживаетеся в кабине, где созданы самые разнообразные бытовые удобства. Температура и влажность воздуха оптимальные. Кресло — последнее достижение дизайнерского искусства. Питание разработано лучшими учеными мира. Космонавт интенсивно трудится, чередуя работу с отдыхом. На первый взгляд кажется, что такая размеренная «научно организованная жизнь» не должна его утомлять. Но каждые сутки, как отмечают данные телеметрического обследования, дают небольшую долю психического утомления, которое постоянно накапливается. Притупляется внимание, возникает усталость. Чем вызвано такое состояние организма, которое медики называют сенсорным голодом? Причиной этого является длительное пребывание в закрытом помещении. Зрение и слух привыкают к однообразию. У людей, испытывающих сенсорный голод, могут начаться галлюцинации, нарушается работоспособность. Ученые выяснили, что это происходит в результате отсутствия привычных организму раздражителей. Ими предложены меры для борьбы с таким состоянием. В свободное от вахты время космонавту дают слушать любимые музыкальные произведения, сообщают новости дня, передают музы-

кальные приветы от родных и друзей. Но все это нагружает только слуховой анализатор. И вот молодые ученые Казанского авиационного института придумали и сконструировали действенное средство для борьбы с сенсорным голодом, «загрузив» зрительный анализатор...светомузыкой. Они изобрели светомузыкальный интегральный индикатор. Пока полет проходит нормально, на экранах индикатора показывается развлекательная светомузыкальная программа, сопровождаемая тихой музыкой. При возникновении в космическом корабле неисправности или аварии на экране появляются тревожные чередующиеся красно-белые цвета и звучит сирена. В более поздних разработках светомузыкальное устройство показывает причину неисправности, например угроза пожара характеризуется изображением и шумом пламени, повышенная влажность — звуком падающих капель и их изображением и т. п. Эту работу СКБ «Прометей» выполнил по заказу Звездного городка в 1971 году.

Светомузыкальные индикаторы могут найти широкое применение не только в космосе, а везде, где работа предполагает монотонный образ жизни. Это арктические и антарктические зимовки, залы ожидания аэропортов, когда рейсы задерживаются на длительный срок, заводской конвейер и др.

К десятилетию полета Ю. Гагарина члены казанского клуба «Прометей» подарили отряду космонавтов светомузыкальную установку «Идель». Космонавты высоко оценили работу казанских конструкторов.

Еще одна интересная область применения светомузыки — архитектурное обустройство городов. Светомузыкальные фонтаны — это сотни переливающихся всеми цветами радуги струй, высота которых изменяется в зависимости от характера музыкального произведения. Принцип работы светомузыкального фонтана достаточно прост. Музыка и команды о высоте регулируемых

струй фонтана синхронно записываются на магнитофон, и в зависимости от характера музыки происходит «танец струй». Одновременно переключаются цветные источники света, подсвечивающие фонтан.

В нашей стране светомузыкальные фонтаны действуют в Ереване, Сочи, Донецке, Свердловске и будут построены в Москве и других городах. Музыка поющего цвета используется не только для украшения городов и интерьеров. Она уже сегодня широко применяется в ряде отраслей науки и техники, начинает проникать в физиологию, педагогику, психологию и космонавтику. Пройдет еще немного времени, и светящиеся экраны множества светомузыкальных установок станут обычным, повседневным явлением.

Прощаясь с читателем

Вот и перевернута последняя страница книги. Подошло к концу наше путешествие в страну Электроники. И хотя оно было совсем коротким, мы успели побывать на современном радиозаводе, узнали, какой должна быть мастерская радиолюбителя, научились конструировать простые электронные приборы, которые можно использовать в быту, на производстве, во время школьных занятий и на отдыхе. Сейчас невозможно представить себе ни одной области науки и техники, где ни применялись бы электронные схемы. Семимильными шагами движется вперед радиоэлектроника, ставшая сегодня символом научно-технического прогресса. Все совершеннее и сложнее становятся электронные приборы. То, что еще вчера казалось новым и современным, сегодня безнадежно устаревает. Электронные лампы уступили место транзисторам, затем появились микросхемы, а в скором времени найдут широкое применение БИСы — большие интегральные схемы. Чтобы правильно ориентироваться в увлекательном и сложном мире радиоэлектроники, нужно непрерывно углублять и совершенствовать свои знания. Верным помощником в этом станут для вас радиотехнические журналы и научно-популярная литература.

Книга, которую вы сейчас прочли, — только первая веха на длинной и трудной дороге, ведущей к вершинам Электроники.

Автор надеется, что читатель, заинтересовавшись миром радиоэлектронных устройств, не остановится на кон-

струировании простых приборов, описанных в книге, и перейдет к более сложным.

Успехов вам, настойчивости и целеустремленности на этом прекрасном и трудном пути. И если наша книга оказалась полезной, значит, мы выполнили свою задачу.

Автор и издательство закончили свою работу, но подлинная жизнь книги начинается после ее знакомства с читателями.

Поэтому мы будем очень признательны вам за пожелания, замечания и советы.

Пишите в редакцию, какие приборы вы бы хотели увидеть в следующем издании, что, по вашему мнению, упущено, о чем следует рассказать более подробно.

Наш адрес: 620014, Свердловск, ул. Малышева, 24, Средне-Уральское книжное издательство. Редакция краевой и научно-популярной литературы.

Список литературы

- Алексеев Г., Васильев Н.* Светомузыкальная приставка на тиристорах // В помощь радиолюбителю.— Вып. 42.— М.: ДОСААФ, 1973.
- Аристов А.* Автомат для включения света на спортплощадке // Радио.— 1983.— № 6.
- Аркатов А. Б., Яковлев Ф. А.* Малахит // Моделист-конструктор.— 1971.— № 3.
- Бердичевский Г. Я.* «Прометей-1» — цветомузыкальный конструктор // Приложение к журналу Юный техник / Для умелых рук.— 1975.— № 3.
- Борисов В. Г.* Сигнализатор уровня жидкости // Радио.— 1979.— № 9.
- Борисов В. Г.* Электронный метроном // Радио.— 1973.— № 10.
- Борисов В. Г.* Юный радиолюбитель. 7-е изд.— М.: Радио и связь, 1985.— 480 с.
- Васильев В. А.* Зарубежные радиолюбительские конструкции.— 2-е изд. М.: Радио и связь, 1982.— 96 с.
- Вахрушев А., Созин В.* Измеритель температуры, освещенности и влажности почвы // Радио.— 1978.— № 5.
- Вдовин А. И.* Занимательные электронные устройства.— М.: Радио и связь, 1981.— 80 с.
- Галеев Б., Галявин Р.* Светомузыкальная установка «Ялки». // В помощь радиолюбителю.— М.: ДОСААФ, 1976.
- Галеев Б. М., Сайфуллин Р. Ф.* Светомузыкальные устройства.— М.: Энергия, 1978.— 175 с.
- Гордин А. Б., Фрейдин А. Я.* Семь нот радуги // Моделист-конструктор.— 1971.— № 3.
- Гордин А. Б.* Симфония света // Юный моделист-конструктор.— 1965.— № 12.
- Гордин А. Б.* Установка для преобразования звуковой информации в световую // Свет и музыка.— Казань, 1975.
- Гордин А. Б.* АРС дает интервью // Моделист-конструктор.— 1967.— № 1.
- Гордин А. Б.* Занимательная кибернетика.— М.: Радио и связь, 1987.— 224 с.

- Дзюбенко А. Г. Цветомузыка.— М.: Знание, 1973.
- Доценко Ю. Сенсорный электронный звонок // Радио.— 1983.— № 7.
- Дробница Н. А. 30 схем радиодобительских устройств.— М.: Радио и связь, 1982.— 48 с.
- Иванов Б. С. В помощь радиокружку.— М.: Радио и связь, 1987.— 128 с.
- Иванов Б. С. Реле времени для фотопечати на одной микросхеме // Радио.— 1984.— 12.
- Иванов Б. С. Самоделки юнармейца.— М.: ДОСААФ, 1985.
- Комский Д. М., Гордин А. Б. Увлекательная кибернетика.— Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд.-во, 1969.— 216 с.
- Кубаркин Л. В., Левитин Е. А. Занимательная радиотехника.— М.: Энергия, 1964.— 280 с.
- Микросхемы и их применение.— М.: Радио и связь, 1983.
- Михненко А. П. Цветомузыкальные автоматы // Светотехника.— 1971.— № 9.
- Никулин Н. В., Казаров А. С. Радиоматериалы и радиокомпоненты.— М.: Высшая школа, 1985.
- Отряшенков Ю. М. Юный кибернетик.— М.: Дет. лит., 1978.— 445 с.
- Пахомов Ю., Юрьев Е. Под контролем напряжение // Моделист-конструктор.— 1986.— № 3.
- Першиков В. Вечная лампа // Радио.— 1986.— № 2.
- Правдюк Ю. А. Установка для концертов светомузыка // Сценическая техника и технология.— 1970.— № 6.
- Приймак Д. Звуковой сигнализатор для определения уровня воды в бассейне // Радио.— 1986.— № 2.
- «Радио» — радиодобителям. Сборник описаний избранных конструкций, опубликованных в журнале «Радио» за 1968—1970 гг.— М.: Энергия, 1974.— 352 с.
- Коммутационные устройства радиоэлектронной аппаратуры / Рыбин Г. Я., Ивакин Б. Ф. и др.; Под ред. Рыбина Г. Я.— М.: Радио и связь, 1985.— 264 с.
- Савицкий Е. Пробник для проверки маломощных транзисторов // Радио.— 1985.— № 2.
- Свет и музыка. // Материалы третьей конференции по проблеме «Свет и музыка».— Казань, 1975.— 283 с.
- Светомузыкальный орган // Радио.— 1971.— № 9.
- Сворень Р. А. Электроника шаг за шагом.— М.: Дет. лит., 1986.— 431 с.
- Соболев А. Сенсорное устройство // Радио.— 1981.— № 4.
- Справочник по интегральным микросхемам / Б. В. Тарабрина, С. В. Якубовский, Н. А. Барканов и др.; Под ред. Б. В. Тарабрина.— М.: Энергия, 1984.— 528 с.

- Справочник радиодобителя-конструктора, 3-е изд.— М.: Радио и связь, 1983.— 560 с.
- Субботин А. Блок управления садовым насосом // Радио.— 1984.— № 1.
- Труш В., Гороховский А. Азбука ремонта радиоприемника.— М.: Связь, 1979.— 192 с.
- Ференци О. Электроника в нашем доме.— М.: Энергоатомиздат, 1987.— 176 с.
- Художественные и технические эксперименты СКБ «Прометей».— Казань: Изд. КАИ, 1974.
- Шленциг К., Штаммлер В. Самодельные электронные устройства в быту.— М.: ДОСААФ, 1984.— 144 с.

Содержание

О чем эта книга? 3

Глава первая, в которой читатель познакомится с историей рождения радио, узнает о том, как оно помогает человеку водить корабли и самолеты, заглянуть в просторы Вселенной, на дно морей и океанов, о достижениях звукотехники, о радиолюбительском движении в нашей стране 5

От Москвы до самых до окраин 9

Радио по проводам 11

Концертный зал на дому 12

Всевидящее око 16

Радиопрожектор находит цель 17

Радиолюцман 19

За пределами Земли 21

Энтузиасты радио 23

Глава вторая, в которой читатель совершит увлекательное путешествие на радиозавод, узнает о профессиях, которые там нужны, и познакомится с процессом создания радиоприборов 28

Глава третья, в которой читатель узнает, какой инструмент необходим радиолюбителю, как самому оборудовать рабочее место для занятий радиотехникой, как самому изготовить печатную плату 39

Монтажный инструмент 40

Слесарный инструмент 51

Столярный инструмент 60

Измерительный инструмент 61

Печатная плата 65

Глава четвертая, в которой читатель совершает путешествие в глубь

кристалла, узнает, что такое микросхема и из каких кубиков инженеры строят радиотехнические приборы 74

Инженер играет кубиками 77

Схемы можно рисовать 78

Атом работает на нас 80

Самые важные кирпичики радиоэлектроники 83

Глава пятая, в которой читатель познакомится с химическими источниками тока, узнает, как работают выпрямители для питания радиоэлектронной аппаратуры и сам научится конструировать источники питания для радиоустройств 110

Глава шестая, из которой вы узнаете, как оснастить домашнюю радиотехническую лабораторию необходимыми самодельными измерительными приборами 130

Основные системы измерительных приборов 142

Погрешности при измерениях и классы точности приборов 151

Универсальные измерительные приборы 154

Глава седьмая, в которой читатель конструирует радиоэлектронные приборы для дома, школы и производства 160

Простейший приемник на четырех транзисторах 161

Радиоприемник «Уралец» 163

Реле времени для фотопечати на одной микросхеме 165

Автомат для включения света на спортплощадке 167

Электронный метроном 168

Индикатор отклонений сетевого напряжения 169

Автомат для включения противоослепляющего устройства 171

Управление прикосновением (сенсорное исполнительное устройство) 172

Сенсорный электронный звонок 174

Кодовый замок 176

Универсальный простой электронный выключатель 178

«Вечная лампа» 179

Прибор для уничтожения кровососущих насекомых 182

Люстрой управляет диод 183

Прибор для проверки паяльников 184

Звуковой сигнализатор наполнения ванны или бассейна
водой 186

Глава восьмая, в которой читатель узнает об устройстве радио-
электронных приборов для сельского хозяйства и сам научится
конструировать приборы для дачи, приусадебного хозяйства, сов-
хоза, колхоза 188

Автомат для поливки растений 191

Универсальный переносной прибор агронома и садо-
вода 193

Сигнализатор роев пчел «Пчела-88» 199

Прибор для сбора пчелиного яда 203

Глава девятая, из которой читатель узнает, что радуга способна
петь, музыку можно увидеть, а сенсорный голод вполне утоляется
красками 206

Кибернетика и «Прометей» 209

Источники света и экраны для демонстрации светому-
зыки 212

Светомузыкальная приставка 218

Светомузыкальная установка «Малахит-2» 220

Взгляд в завтра 226

Прощаясь с читателем 231

Список литературы 233

Гордин А. Б.

Г 68 Юному радиолюбителю.— Свердловск: Сред.-
Урал. кн. изд-во, 1989.— 240 с.: ил.

ISBN 5—7529—0162—6

95 к. 50 000 экз.

Книга рассказывает о радиоэлектронике, дает рекомендации по
изготовлению различных приборов, которые можно применять на уро-
ках и в быту

Г 4802030000-023 68-89
М 158(03)-89

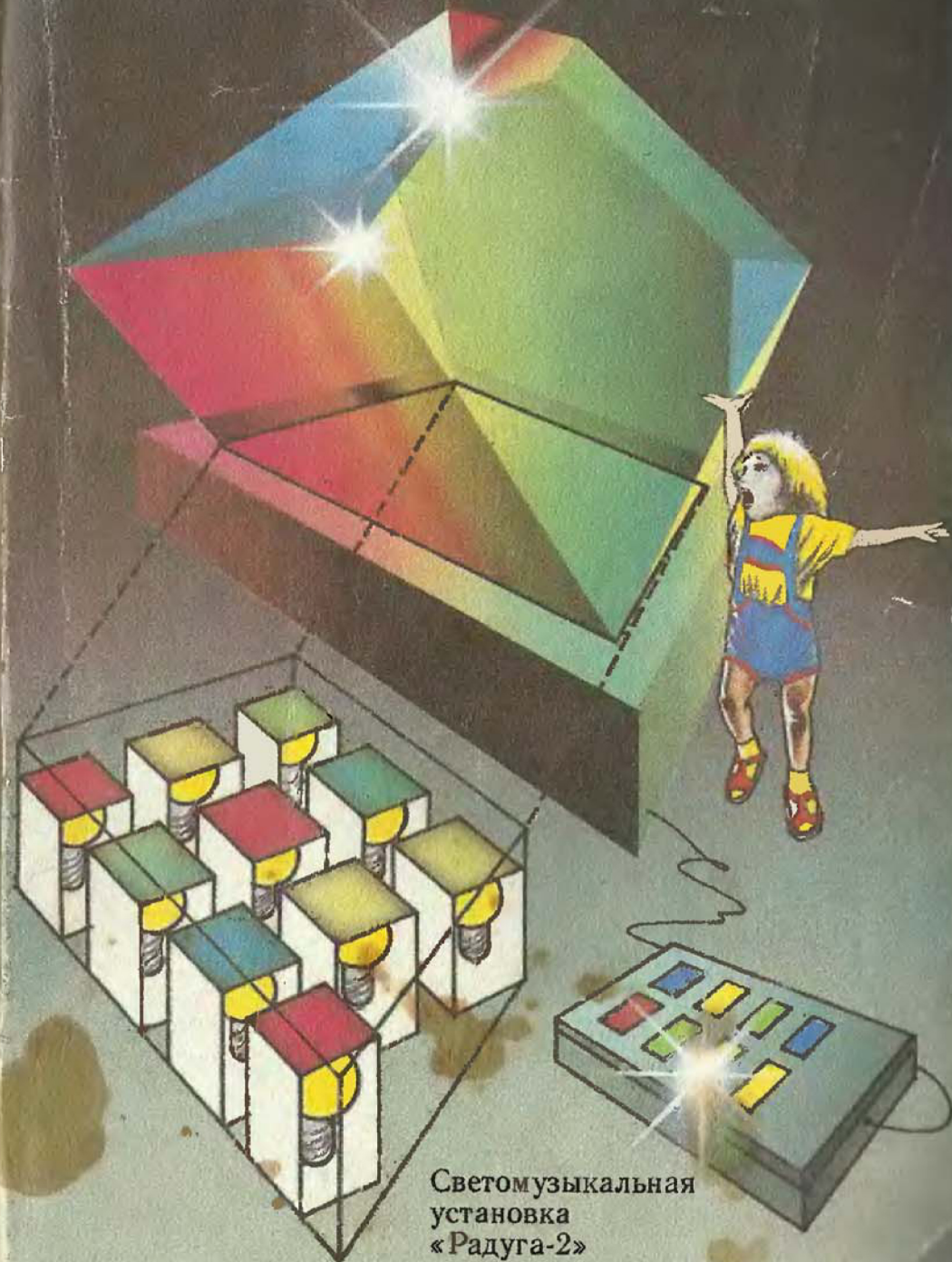
ББК 32.84

Аркадий Борисович Горди
ЮНОМУ
РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

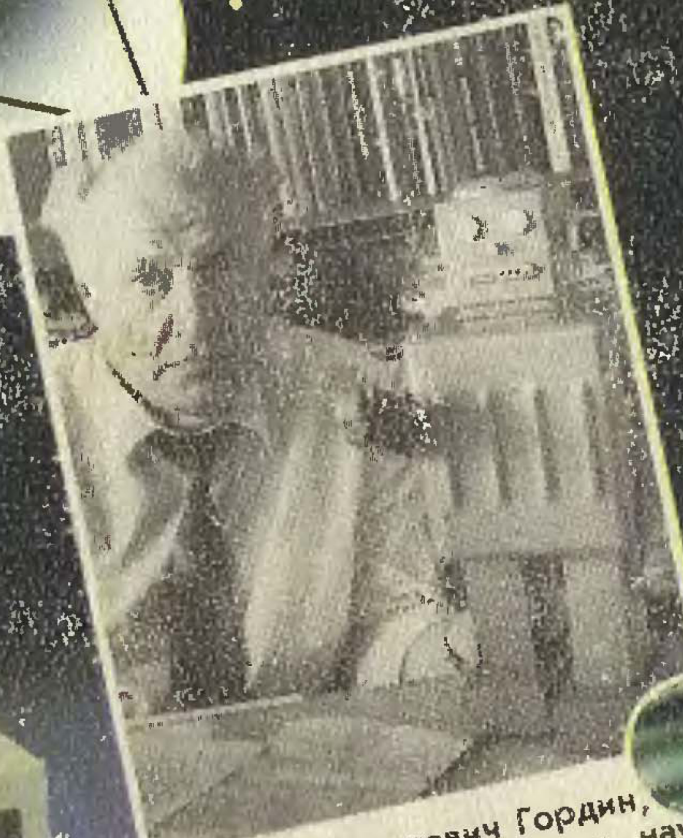
Редактор Л. Г. Золотарева
Художник А. В. Мохин
Художественный редактор Н. В. Данилов
Технический редактор Н. Н. Зауолкова
Корректоры М. Ф. Худякова, Н. И. Тунгусова
ИБ № 1817

Сдано в набор 14.09.88. Подписано в печать 26.12.88. НС 19455. Формат 70×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 11,2. Усл. кр.-отг. 13,6. Уч.-изд. л. 11,2. Тираж 50 000. Заказ 429. Цена 95 коп.

Средне-Уральское книжное издательство,
620219, Свердловск, ГСП-351, Малышева, 24.
Типография изд-ва «Уральский рабочий»,
620151, Свердловск, пр. Ленина, 49.



Светомузыкальная
установка
«Радуга-2»



Аркадий Борисович Гордин, кандидат педагогических наук, почетный радист СССР, отличник народного просвещения РСФСР. Много лет он посвятил техническому творчеству молодежи, автор свыше 50 статей и нескольких книг, рассказывающих в радиотехнике и кибернетике, неоднократно призер ВДНХ и всесоюзных радиовыставок.

Одна из его книг — «Занимательная кибернетика» — переведена на несколько языков.