

П. П. ГОЛОВИН

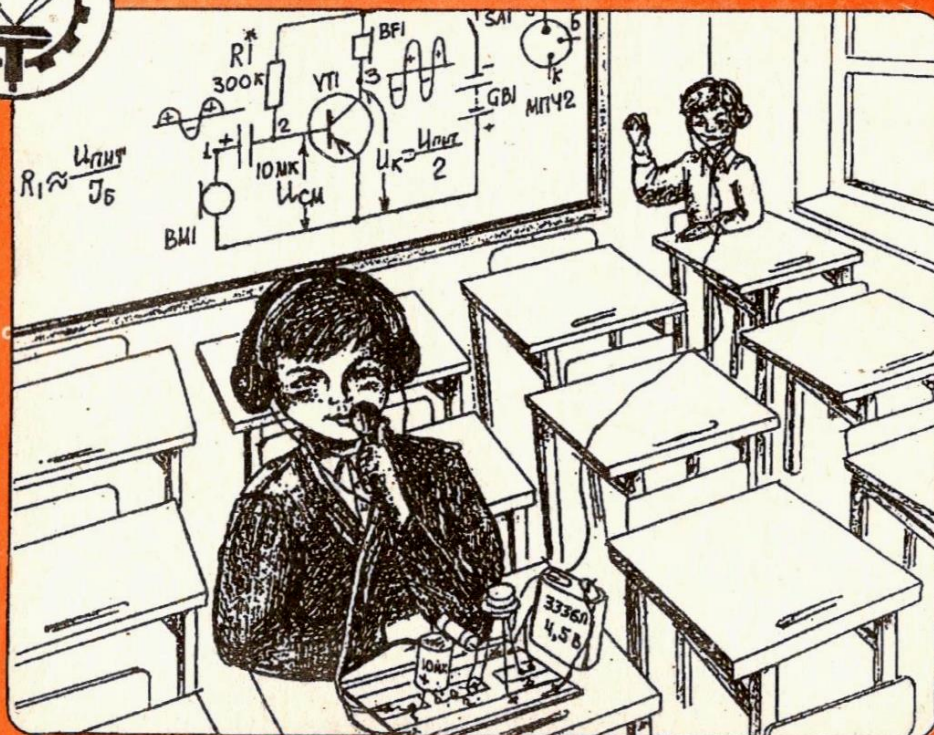
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

I часть

Самоучитель для учащихся и учителей.
Описано более 100 лабораторных работ и опытов по
школьному курсу электродинамики.



Г. Ульяновск
1994 г.



Ассоциация учителей-физиков России
Ученическая учебно-методическая и
производственная фирма "ИМПУЛЬС"

П. П. ГОЛОВИН

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА



Деятельность фирмы "Импульс" по выпуску
учебно-наглядных пособий и повышению
квалификации учителей защищена товарным
знаком и знаком обслуживания по классам 9, 16, 41

Ульяновское областное газетное издательство
Ульяновск, 1994

ББК 22.31

Г 61

Рецензенты: Основина В. А., старший преподаватель кафедры физико-математического образования ИПК,
Лазарев В. А., учитель физики Тетюшской средней школы Ульяновской области.

Рисунки автора

Головин П. П.

Г 61 Практическая электродинамика. I часть. Самоучитель для учащихся и учителей. — Ульяновск. Областное газетное издательство, 1994. — 176 с.

ISBN-5-87374-010-0

Предлагаемое пособие предназначено для изучения основ электродинамики с учащимися VIII—XI классов на кружковых, факультативных занятиях, на уроках физики. Доступное объяснение сложных физических явлений, протекающих в электрических цепях, и подробные рекомендации по макетированию конструкций позволяют юному технику самостоятельно освоить принцип работы и сборку радиоэлектронных конструкций.

ISBN-5-87374-010-0

© Ульяновское областное
газетное издательство, 1994.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие является результатом многолетних творческих поисков автора — народного учителя Головина П. П., направленных на выявление эффективных методов обучения учащихся основам радиоэлектроники и развития их творческих способностей. Для решения этой задачи автором разработан комплект деталей и конструкций, изготавливаемый созданной им фирмой “Импульс” при Ишеевской средней школе Ульяновской области.

На основе использования создаваемого фирмой оборудования автором разработаны содержание и методика проведения фронтальных опытов и лабораторных работ по физике при изучении раздела “Электричество” в VIII классе и при изучении “Основ электродинамики” в X—XI классах.

В пособии описана система занятий и практических работ учащихся, начиная от технологии пайки и изготовления печатных плат до сборки сложных радиоэлектронных схем. Часть работ носит исследовательский характер, часть работ посвящена сборке схем различных электронных устройств для повседневного использования, например, переговорные устройства, усилители, радиоприемники и т. п.

Автором тщательно продумана вся система работ, приводятся рекомендации по технологии выполнения начальных операций, без умения выполнять которые невозможно собрать ни одной (даже простейшей) схемы электрической цепи или конструкции. Большое внимание уделяется вопросам техники безопасности при выполнении пайки, травлении плат, подключении приборов к источникам тока.

Использованию пособия в практической работе в значительной степени окажут помощь многочисленные иллюстрации: принципиальные схемы, эскизы, поясняющие расположение деталей на плате, рисунки, изображающие способы монтажа деталей, внешний вид деталей (чтобы обучаемый мог сам отыскать в имеющемся наборе нужную деталь).

Тщательно продумана последовательность выполнения отдельных работ. Учащиеся постепенно знакомятся со схемами электрических цепей, с входящими в них элементами, с их знаковыми обозначениями.

С пособием могут работать юные радиолюбители самостоятельно до начала изучения раздела “Электричество” в курсе физики VIII класса. Это обеспечивается благодаря тому, что в нем в простой, доступной для любого подростка форме, излагаются “азы” строения вещества и электричества.

Выполнение работ учащимися VIII класса по данному пособию будет способствовать развитию их творческих способностей, повторению и углублению пройденного на уроках материала, осуществляемого в увлекательной для них форме. Пособие с успехом может быть использовано учителем физики в процессе подготовки к учебным занятиям и во внеклассной (кружковой) работе с учащимися.

А. В. УСОВА,
заведующая кафедрой методики преподавания физики Челябинского государственного педагогического института, доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент АПН, заслуженный деятель науки Российской Федерации.

ОТ АВТОРА

Считаю долгом выразить благодарность учителям физики Ульяновской и Пензенской областей, г. Москвы, республик Коми, Марий Эл, Татарстана, Чувашии, студентам Ульяновского и Челябинского пединститутков, практические занятия с которыми и чьи советы помогли автору определиться в тематике и объеме данной книги; редакциям журналов "Физика в школе", "Школа и производство", "Радио", издательству "Просвещение" за популяризацию и пропаганду нашей скромной работы по развитию детского научно-технического творчества; учителям стран Содружества, проявляющим живой интерес к продукции ученической фирмы "Импульс".

Особую благодарность выражаю нескольким поколениям учащихся и кружковцев физико-технического творчества Ишеевской средней школы Ульяновской области, которые непосредственно участвовали в отработке содержания и методики проведения предлагаемых в данной книге лабораторных исследований на уроках физики, технического труда, факультативных и кружковых занятиях, начиная с 1978 года. За этот период ими изготовлено несколько сот действующих учебно-наглядных пособий, многие из которых разработаны и сконструированы впервые в Ишеевской средней школе. Около 100 творческих работ кружка описаны в центральных научно-популярных и научно-методических изданиях.

Конструкции юных изобретателей школы успешно экспонировались на 60 Всероссийских и международных выставках технического творчества. Более 200 учащихся награждены свидетельствами и медалями ВДНХ. Опыт работы школы по развитию технических творческих способностей на урочных и внеклассных занятиях отмечался первыми премиями на VII и VIII Всесоюзных педагогических чтениях.

Предлагаемое пособие предназначено для изучения основ электродинамики с учащимися VIII—XI классов на кружковых, факультативных занятиях, на уроках физики. Доступное объяснение сложных физических явлений, протекающих в электрических цепях, и подробные рекомендации по макетированию конструкций позволяют юному технику самостоятельно освоить принцип работы и сборку радиоэлектронных конструкций.

Пособие может быть полезно руководителю радиоэлектронного кружка при работе с учащимися VI—VII классов и учителям физики и трудового обучения, которые многие конструкции, описанные в пособии, могут использовать на уроках при проведении фронтальных опытов и лабораторных работ.

Многолетний опыт автора и сотрудничающих с ним преподавателей педагогических институтов подтверждает полезность пособия для работы со студентами физико-математических факультетов на специальных курсах по конструированию.

Практический материал книги подобран таким образом, что он позволяет ограниченным количеством деталей собрать большое число радиоэлектронных конструкций различной сложности и изучить принцип их работы. Например, одни и те же резисторы, конденсаторы, транзисторы используются на многих занятиях.

В настоящее время в школе создано предприятие — ученическая учебно-методическая и производственная фирма “Импульс”, где начат выпуск учебно-наглядных радиоэлектронных пособий, разработанных в школе.

Параллельно с выпуском продукции фирма “Импульс” занимается обучением учителей, желающих организовать у себя подобные кружки, факультативы, но пока еще не имеющих достаточного опыта и знаний. Для работы с учителями разработана 40-часовая программа, предусматривающая ознакомление с методикой организации и содержания кружковых и факультативных занятий.

Учителя, прошедшие занятия, получают программу первого года обучения основам радиоэлектроники и необходимый набор деталей к ним. Они также могут приобрести интересующую их продукцию школьного завода.

Занятия Республиканской школы передового опыта проводятся как при фирме “Импульс”, так и на выезде по приглашению местных органов образования.

Информацию о работе Республиканской школы, стоимости и условиях приобретения выпускаемой продукции, в том числе данной книги с материальным приложением, фирма “Импульс” высылает заинтересованным лицам (по их просьбе) бесплатно.

П. ГОЛОВИН.

Заявки на обучение и приобретение учебно-наглядных пособий для развития детского научно-технического творчества принимаются по адресу: 433310, Ульяновская обл., р. п. Ишеевка, средняя школа, фирма “Импульс”. Телефон — 8 — (84254) — 218-53.

Способы сборки электрических цепей

1 СПОСОБ. На внеклассных, кружковых и факультативных занятиях при работе с небольшим количеством учащихся изучаемые конструкции удобно собирать на макетной плате электрической пайкой способом навесного монтажа. Макетная плата изготовлена из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита. Для начинающих любителей радиоэлектроники предназначена упрощенная макетная плата (рис. 1), состоящая из непрерывных плюсовых и минусовых шин и десяти пронумерованных опорных площадок. На многих приводимых в книге принципиальных схемах также пронумерованы точки соединения деталей между собой на опорных площадках. На рисунке 4 показан пример сборки двухкаскадного усилителя звуковой частоты (рис. 3) на упрощенной макетной плате посредством

Рис.1

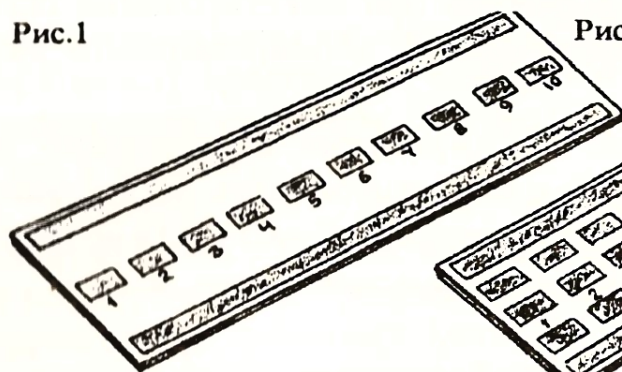
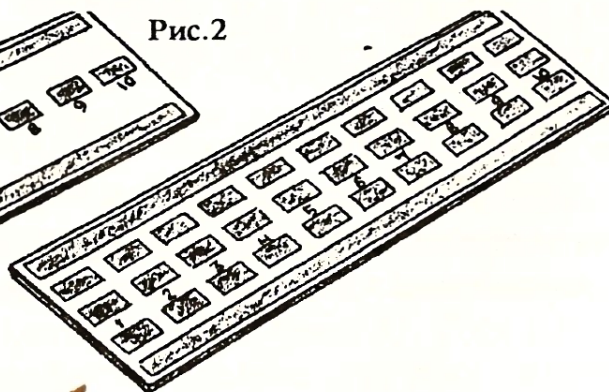


Рис.2



электрической пайки, где номера опорных площадок соответствуют номерам соединений на принципиальной схеме. Такой способ сборки удобен на начальном этапе освоения основ радиоэлектроники. Макетное поле, оформленное на другой стороне платы (рис. 2), используется при макетировании более сложных конструкций опытными радиолюбителями.

Рис.3

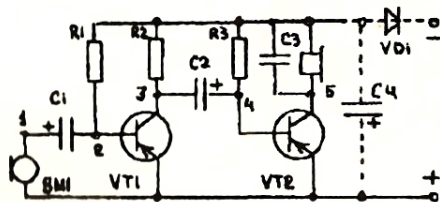
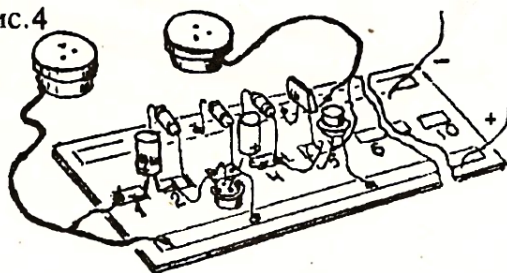


Рис.4



2 СПОСОБ. Для проведения фронтальных опытов, лабораторных работ и работ физического практикума на уроках мы предлагаем простой и более доступный способ сборки цепей без применения электрической пайки.

На рис. 5 показана макетная плата, представляющая собой пластину из дерева, фанеры или иного изоляционного материала, на поверхности которой в определенном порядке вбиты штыревые контакты (мелкие гвозди, их количество зависит от размеров собираемых схем, у нас их 9), выступающие на 10 мм над поверхностью. Пронумерованные контакты являются опорой для соединения элементов схемы между собой.

При необходимости все контакты верхнего (1, 4, 7) и нижнего (3, 6, 9) рядов можно электрически соединить между собой с помощью многожильного медного провода, которым по 2 раза обвивают каждый контакт. При сборке схем к этим рядам чаще всего подводится напряжение питания. Однако с целью предоставления учащимся больших возможностей для творчества при макетировании схем все контакты можно оставить электрически изолированными друг от друга.

При работе с учащимися, не имеющими достаточного опыта сборки электрических цепей, полезно использовать лист бумаги, на котором чертится схема соединения деталей. Бумагу можно надеть на плату, надавливая на нее над каждым контактом (рис. 6).

Рис. 5

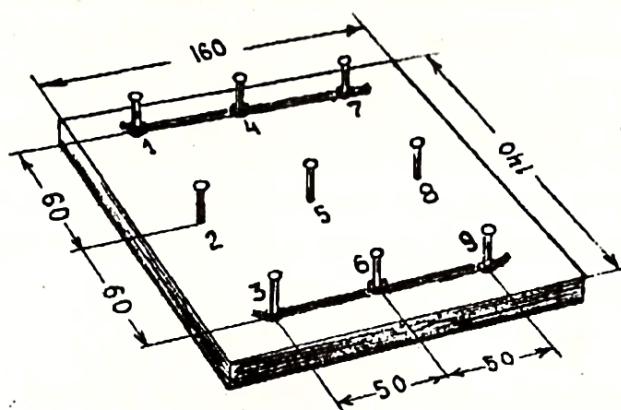
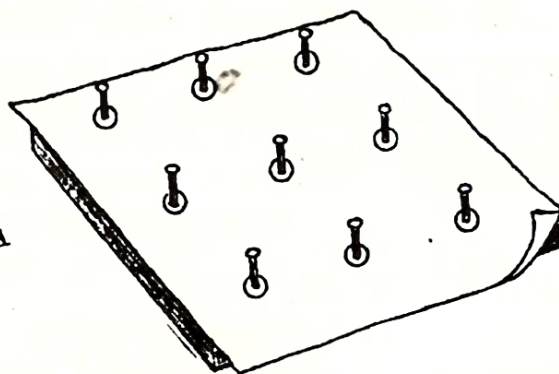


Рис. 6



Лучше всего использовать специальный шаблон (рис. 7), позволяющий легко проделать отверстия в листках. Шаблон состоит из двух поверхностей, отверстия в которых соответствуют местам расположения контактов макетной платы. Диаметры отверстий не-

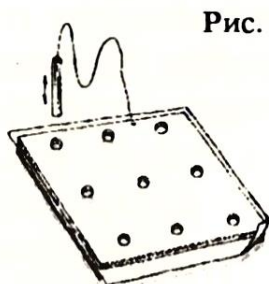


Рис. 7

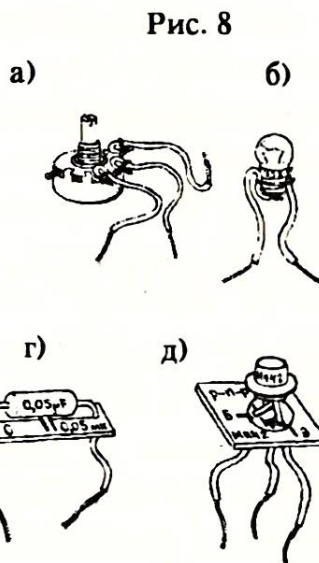


Рис. 8

сколько превосходят размеры шляпок гвоздей. Лист бумаги укладывается между пластинами шаблона и отверстия выдавливаются цилиндрическим стержнем, который для сохранности привязывается ниткой к шаблону.

К выводам всех деталей, используемых для сборки цепей, предварительно припаиваются дополнительные гибкие многожильные изолированные проводники длиной 10 см, со свободных концов которых сняты изоляции длиной 25 мм (рис. 8). Для наглядности мелкие детали установлены на небольших жестких опорных площадках, на которых указаны условные обозначения и маркировка (рис. 8, в, г, д).

На рисунках 9, а, б в качестве примера показаны принципиальная схема для снятия вольт-амперной характеристики резистора и ее

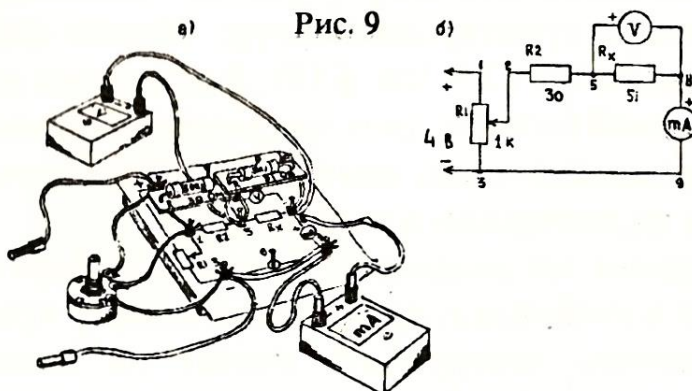


Рис. 9

монтаж на макетной плате с наложенным на нее листом бумаги, на котором изображена схема соединений. Цифры на принципиальной схеме соответствуют номерам контактов платы, используемых для сборки.

В данной книге мы предлагаем макетирование схем способом электрической пайки, а в прилагаемом к ней пособии “Лабораторные работы по электродинамике” — вышеописанным способом без электрической пайки.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На уроках, кружковых и факультативных занятиях, лабораторных работах в целях сохранения деталей рекомендуем выдавать учащимся только те детали, которые необходимы для сборки изучаемой на данном занятии конструкции.

2. При изучении физических принципов работы конструкций советуем широко использовать демонстрационные, лабораторные приборы и измерительные приборы физического кабинета и соответствующие главы школьного курса физики.

3. Для защиты конструкций от ошибок в соблюдении полярности включения источника питания на все схемы можно подать напряжение через диод Д226, Д237 (рис. 3, пунктирный контур в продолжении минусовой шины).

4. В качестве источника питания можно использовать батарею элементов на 4, 5...9 В. Конструкции с использованием электромагнитных реле требуют питания 9...12 В. При использовании двухполупериодных выпрямителей (ВС-24, лабораторный источник питания ЛИП и др.) в целях сглаживания пульсаций между минусовыми и плюсовыми шинами плат необходимо включить оксидный конденсатор емкостью не менее 500 мкФ с учетом полярностей и рабочего напряжения (рис. 3, пунктирный контур). Можно собрать самодельный блок питания на 9... 12 В (см. § 18). В домашних условиях удобно использовать сетевой блок питания для микрокалькуляторов.

5. При сборке конструкций номиналы и типы деталей можно менять на близкие по значениям и параметрам.

6. Мы намеренно не расписали подробно лабораторные работы, как это делается в учебниках, предоставив самому преподавателю составить необходимые инструкции, исходя из наличных деталей, приборов, объема и целей работ.

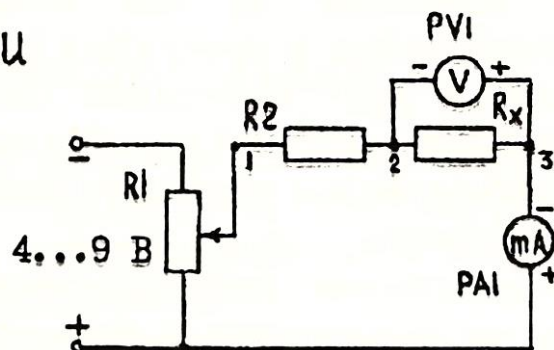
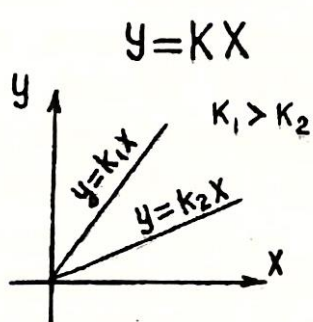
К лабораторным работам рекомендуем изготовить плакаты многократного пользования, на которых отражена основная информация. Мы их изготавливаем из картона размерами 60х90 см и пишем на обеих сторонах. На рисунке 10 в качестве примера приведен такой плакат к лабораторной работе “Снятие вольт-амперной характеристики резистора”.

Совет. На занятиях можно использовать самодельную рулонную кодограмму, изготовленную из прозрачной полиэтиленовой пленки путем нанесения на ней необходимого учебного материала (принципиальных и монтажных схем, чертежей, графиков, таблиц, рисунков и др.). Кодограмма пишется простой ручкой или авторучкой, заправленной густой подслащенной черной тушью (на 50 г туши добавляется и тщательно размешивается 1—1,5 чайной ложки сахарного песка).

Мы используем двойную парниковую пленку, которую после разрезания разъединяем на две части. Пишем на внутренней стороне одной части пленки и второй частью покрываем для защиты.

С целью предохранения от высыхания пишущую часть авторучки сразу же после использования необходимо герметически закрыть колпачком.

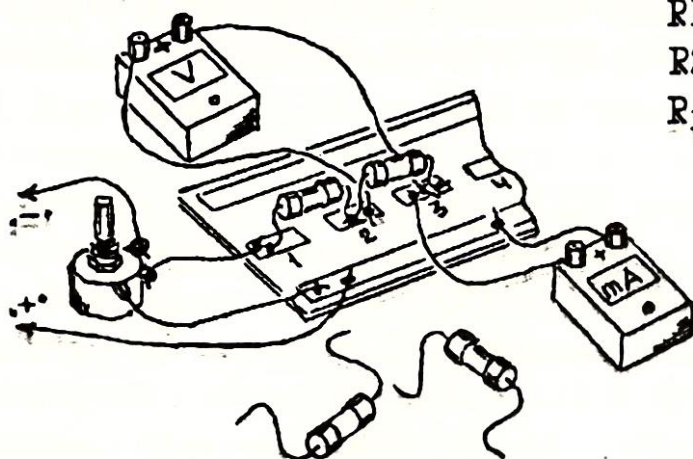
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
СНЯТИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
РЕЗИСТОРА



$R_1 - 100 \dots 1000 \text{ Ом},$

$R_2 - 30 \dots 100 \text{ Ом},$

$R_x - 10 \dots 100 \text{ Ом},$

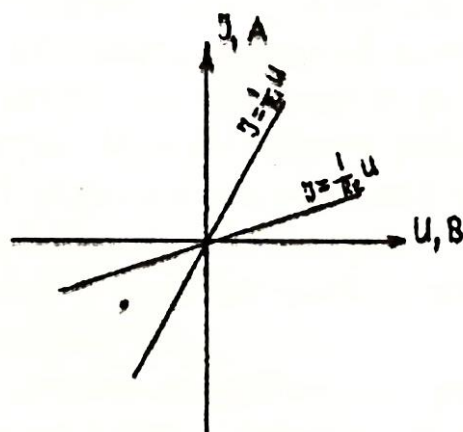


Прямая зависимость

U, В	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
I, мА						

Обратная зависимость

-U, В	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
-I, мА						



§ I. Вводное занятие

Дамы и господа! Судари и сударыни! Мальчики и девочки! Друзья!

Эта книга поможет вам с помощью школьного учителя физики, руководителя радиоэлектронного кружка, старших товарищей самостоятельно освоить и закрепить основные законы, действующие в электрических цепях, и познакомит с основами практической радиоэлектроники. Возможно, что тематика этого пособия повлияет на выбор вами будущей профессии, связанной с радиоэлектроникой. Однако навыки технического творчества и изобретательства, приобретенные в школьные годы, будут полезны в любой области вашей деятельности, а знание основ радиоэлектроники позволит вам более полно реализовать свои творческие возможности.

1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ — ПРЕЖДЕ ВСЕГО!

Как уже было сказано во введении, все конструкции мы будем собирать на макетной плате путем электрической пайки и для изучения принципа их работы пользоваться различными приборами. Поэтому на первом же занятии познакомимся с Правилами техники безопасности и будем неукоснительно их соблюдать в дальнейшем.

Перед включением в сеть электрических приборов: паяльника, блока питания, осциллографа и т. д. — убедитесь в отсутствии поврежденной ручки, шнура, вилки. При включении вилку держите только за неметаллическую часть и вставляйте в розетку до упора. Особой осторожности требует работа с электрическим паяльником. Мы будем пользоваться паяльником с питающим напряжением до 42 В, которое считается безопасным для человеческого организма, и включать его только на период работы.

При работе в домашних условиях нельзя допускать к рабочему месту меньших братьев и сестер, так как горячий паяльник и другие электрические приборы могут стать причиной серьезной травмы для них.

Паяльник берите в руку только на период пайки и после использования кладите на специальную подставку (рис. 11). Не делайте резких движений паяльником, так как жидкий припой и флюс могут легко слететь с паяльника и попасть на одежду, оголенные участки вашего тела и товарищей или даже в глаз! По этой же причине все

работы по залуживанию деталей производите на деревянной подставке паяльника или специальном приспособлении. Припаивайте детали осторожно и отпаивайте без рывков.

Рис. 11

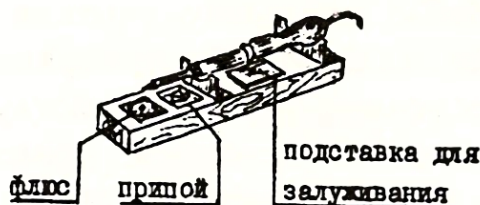
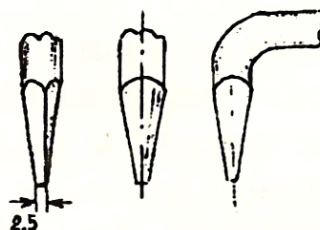


Рис. 12



Помните, что припой и флюс токсичны! Электромонтажные работы нужно производить в хорошо проветриваемом помещении, а после окончания работы следует тщательно вымыть теплой водой с мылом рабочее место и руки.

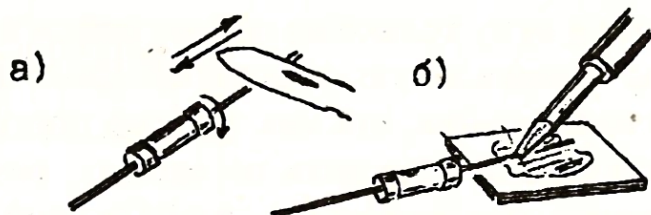
2. СЕКРЕТЫ НАДЕЖНОЙ ПАЙКИ

Перед паянием рабочую часть стержня (жало) паяльника следует оформить соответствующим образом для лучшего стекания припоя (рис. 12).

Для пайки применяются оловянно-свинцовые сплавы ПОС-40 (40% олова и температура плавления 235°C) и ПОС-61 (61% олова и температура плавления 190°C). Одним только припоем паять невозможно, т. к. нагретая деталь быстро окисляется при взаимодействии с кислородом воздуха и не смачивается припоем. Поэтому паяние ведется с использованием флюса, т. е. вещества, защищающего спаиваемые поверхности от окисления. В качестве флюса используют приготовленную из смол хвойных деревьев канифоль.

При нагревании паяльника зачищенным жалом нужно периодически касаться канифоли и припоя. После нагрева припой должен ровным слоем покрыть обработанный конец жала. Для качественной пайки также необходимо нагреваемые поверхности проводов и деталей хорошо очистить мелкой шкуркой или ножом и предварительно облудить (рис. 13). Перед пайкой деталей к макетной плате жало опускают в канифоль, затем касаются припоя, прикладывают к паяе-

Рис. 13



мым деталям и добиваются равномерного растекания припоя по паяемым поверхностям. Время касания нагретым жалом припаиваемых деталей не должно превышать 3—5 секунд. Во время застывания детали нужно держать неподвижными.

Прочной пайка получается при использовании в качестве флюса раствора канифоли в глицерине или спирте, который наносится на спаиваемые поверхности с помощью кисточки.

Обычно у начинающих радиолюбителей пайка получается некрасивой и некачественной: много припоя, неравномерное обливание припоем места пайки, ненадежный контакт между деталями.

Будем помнить о том, что человек приобретает умения только в деятельности, и незамедлительно приступим к практическим опытам по освоению приемов электромонтажных работ. Для этого: а) проверьте, все ли соответствует технике безопасности; б) приготовьте паяльник, припой, флюс; в) возьмите обрезки медных проводов и тренируйтесь в получении навыков качественной и красивой пайки, припаивая их к опорным площадкам макетной платы и между собой.

3. ОТ МАКЕТИРОВАНИЯ К ПЕЧАТНОМУ МОНТАЖУ

Основную массу конструкций мы будем собирать на макетной плате, исследовать их работу и разбирать, чтобы эти же детали использовать на других занятиях. Но мы часто будем вам предлагать схемы различных электронных устройств для повседневного пользования: переговорные устройства, усилители, радиоприемники и т. д. Поэтому расскажем о способах их монтажа.

Самым распространенным и надежным является так называемый печатный монтаж, где проводники заменены тонкими полосками меди, нанесенными на электроизоляционную плату. Для изготовления печатных плат используют фольгированный гетинакс, текстолит, стеклотекстолит. Изготовление печатной платы — очень ответственная часть конструирования электронной аппаратуры. Качество печатной платы занимает не последнее место в работе конструкции.

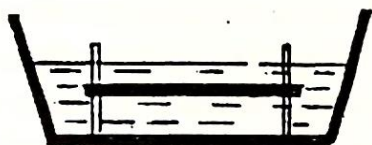
Прежде чем приступить к изготовлению печатной платы, нужно сделать ее рисунок. Для этого на чистом листе бумаги в соответствии с принципиальной схемой (в качестве примера возьмем схему двухкаскадного УЗЧ, рис. 3) отмечают (лучше карандашом) контуры деталей и точки под отверстия для их выводов. При проведении соединительных линий стремятся к тому, чтобы будущие проводники были возможно короткими и не пересекались. Если же не удастся избежать

пересечений, то в этих местах планируют перемычки. Плотность расположения деталей зависит от размеров платы и ее назначения. Например, для карманных радиоприемников в целях уменьшения габаритов детали располагают плотнее.

Если рисунок печатной схемы вас устраивает, то ее необходимо перенести на фольгированную поверхность (со стороны фольги) при помощи копировальной бумаги. В местах, где должны быть отверстия под выводы деталей, проводов, креплений, шилом или кернером делают метки, затем просверливают сверлом нужного диаметра. После этого все участки фольги, которые должны остаться в качестве соединительных проводов, закрашивают любой быстросохнущей нитрокраской при помощи стеклянного рейсфедера или другим способом. Участки соединительных линий вокруг отверстий делают потолще, чтобы при пайке не происходило отслаивания фольги.

После высыхания краски заготовку платы опускают в раствор хлорного железа плотностью $1,3 \text{ г/см}^3$ (150 г хлорного железа на 200 см^3 воды), налитый в неметаллическую посуду (стекло, пластмасса и др.). Плату располагают вертикально или горизонтально фольгой

Рис. 14

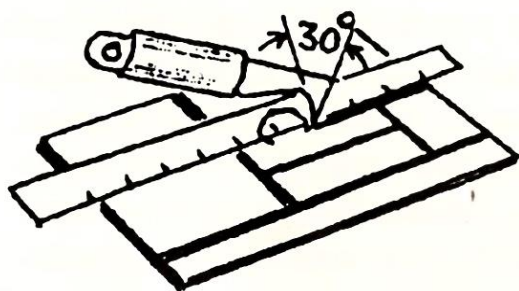


вниз так, чтобы она не касалась дна. Это можно сделать, вставив в просверленные по углам платы отверстия спички (рис. 14).

Время травления определяется концентрацией раствора и его температурой: в свежеприготовленном растворе при комнатной температуре процесс длится около часа, а при температуре около 50°C — 15 мин. После

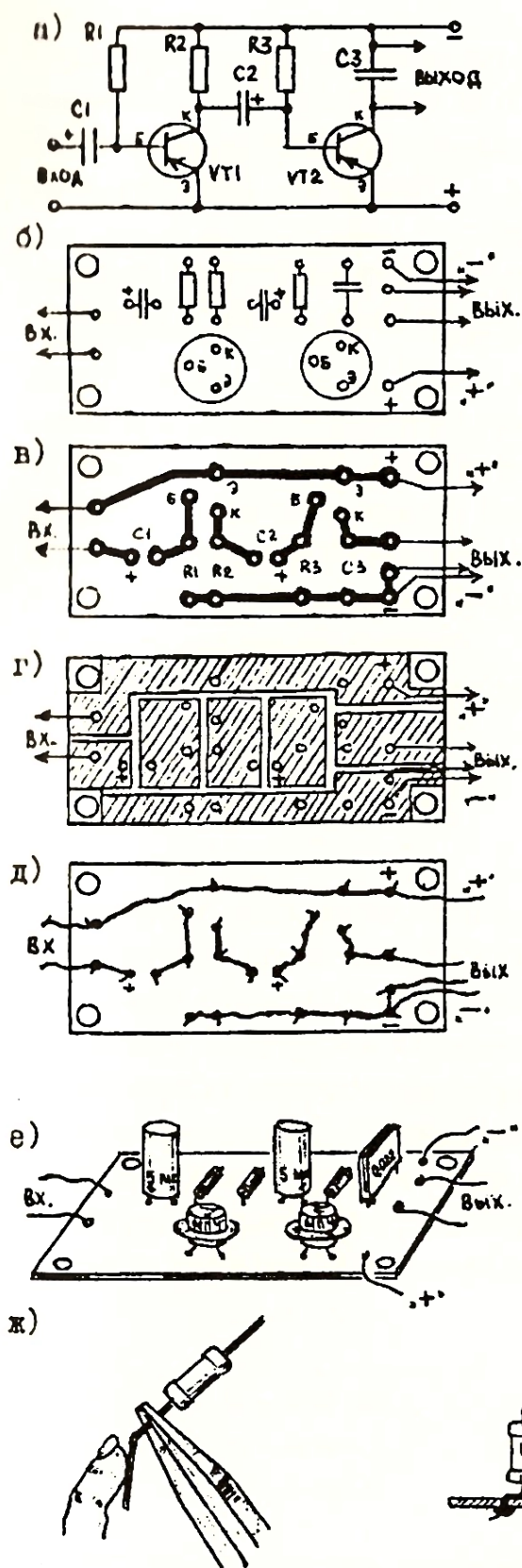
травления плату промывают теплой водой, сушат и покрывают тонким слоем флюса (15%-ный раствор канифоли в спирте или ацетоне); участки фольги в местах отверстий облуживают так, чтобы сами отверстия остались свободными.

Рис. 15



При отсутствии хлорного железа травление можно производить в растворе медного купороса и поваренной соли. Для этого растворяют в 500 мл горячей (примерно $70\text{--}80^\circ\text{C}$) воды четыре столовые ложки поваренной соли и две ложки растолченного в порошок медного купороса и получают темно-зеленый раствор, достаточный для травли

Рис. 16



200 см² поверхности медной фольги. При комнатной температуре время травления составляет несколько часов.

Также есть механический способ изготовления печатной платы без травления, путем снятия фольги остро отточенным кончиком ножа или скальпеля. Но лучше всего пользоваться самодельным резак из ножовочного полотна (рис. 15), которым срезают изоляционные канавки шириной 0,8...1,2 мм, формируя участки, ограниченные прямыми линиями.

При отсутствии фольгированной поверхности конструкцию можно собрать на любом изоляционном материале: картоне, фанере, текстолите и т. д., — расположив детали с одной стороны, а соединения изолированными проводами — с другой стороны.

На рис. 16 показаны: а) принципиальная схема УЗЧ; б) схема расположения деталей на плате; в) печатная плата, изготовленная травлением; г) печатная плата, изготовленная вырезанием; д) монтаж деталей на изоляционном материале проводниками; е) вид печатной пла-

ты со стороны деталей; ж) способы монтажа деталей на печатной плате.

Совет. Рейсфедер можно изготовить из стеклянной трубки внутренним диаметром 2...3 мм. С этой целью ее нагревают над пламенем спиртовки. Как только трубка размягчится, оттягивают ее конец. Обламывают тонкую часть в нужном месте и стачивают, проводя осторожно по мелкой наждачной бумаге несколько раз.

Таким же способом можно сделать рейсфедер из пустого стержня шариковой ручки, отрезав лезвием ненужную часть тонкого конца.

