

П. Л. ГОЛОВИН

ШКОЛЬНЫЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КРУЖОК

Из опыта работы

„Просвещение"

ШКОЛЬНЫЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КРУЖОК

КНИГА ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

Из опыта работы

Под редакцией Б. М. Игошева

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1991

ББК 74.200.585.01
Г61

Рецензенты:
доцент кафедры методики преподавания физики и ТСО пединститута Екатеринбурга, кандидат педагогических наук *Б. М. Игошев*; редактор отдела журнала «Радио» *Б. С. Иванов*

Головин П. П.

Г61 Школьный физико-технический кружок: Кн. для учителя: Из опыта работы/Под ред. Б. М. Игошева.— М.: Просвещение, 1991.— 159 с.: ил.— ISBN 5-09-003487-7.

В книге обобщен многолетний опыт работы руководителя физико-технического кружка народного учителя СССР П. П. Головина по организации технического творчества школьников как старших, так и младших классов.

Дано описание конструкций, позволяющих вовлечь ребят в интересный мир радиоэлектроники и цифровой техники. Это и самодельные приборы по физике, и разнообразные игрушки, и конструкции по заказам предприятий.

Г $\frac{4306010000—734}{103(03)—91}$ КБ-27-84-1991 ББК 74.200.585.01

ISBN 5-09-003487-7

© Головин П. П., 1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

Школьные физико-технические кружки являются наиболее распространенной формой организации технической самодеятельности и технического творчества школьников во внеучебное время. В них учащиеся добровольно объединяются на основе общего интереса к конкретной области техники или направлению научно-технического прогресса. Такие кружки дают возможность школьникам в течение длительного времени изучать теоретические вопросы, заниматься конструированием и изготовлением разнообразных моделей, приборов, устройств.

В практике работы общеобразовательных школ и внешкольных детских учреждений к настоящему времени сложились определенные типы технических кружков — подготовительные технические кружки для младших школьников, спортивно-технические (авиамодельные, судомодельные, автомодельные, радиоспортивные и т. д.), предметные (научно-технические — физико-технические, химико-технические, агрохимические и т. д.), учебно-технические (кружки юных киномехаников, автомобилистов, мотоциклистов, трактористов, операторов вычислительных машин и т. д.), производственно-технические (кружки столяров-конструкторов, металлистов, радиотехники, электронной автоматики, электронно-вычислительной техники, конструирования малогабаритной сельскохозяйственной техники и т. д.).

Разнообразно содержание их деятельности. Однако повышенный интерес у учащихся вызывают кружки, связанные с электроникой, автоматикой и электронно-вычислительной техникой. Творческая самодеятельность школьников в этой области продолжает быстро развиваться. Особенно актуальна внеклассная деятельность школьников в области электроники, автоматики и электронно-вычислительной техники сейчас в связи с коренным преобразованием производственных процессов на базе введения комплексной автоматизации, а следовательно, с необходимостью всеобщей компьютерной грамотности подрастающего поколения.

Развитием технической самодеятельности и творчества школьников в нашей стране занимается несколько организационных структур — станции юных техников и детские технические станции, различные клубы ДОСААФ, профсоюзные клубы по месту жительства и при базовых предприятиях, общеобразовательные школы.

Несмотря на подавляющее число средних общеобразовательных школ по сравнению с другими упомянутыми организациями, техническая самодеятельность школьников в области современной техники массового распространения в школах не получила. Причина здесь и в отсутствии подготовленных учителей-специалистов, и в явной недостаточности материальной базы, и в недостаточном внимании со стороны администрации и т. д.

В этих условиях большой интерес представляет практический опыт тех учителей средних школ, которые добиваются значительных результатов в развитии технического творчества школьников в области электроники, автоматики и электронно-вычислительной техники. И этот опыт необходимо внимательно изучать и распространять.

Данная книга написана известным в стране руководителем технического творчества школьников народным учителем СССР П. П. Головиным. Она посвящена обобщению многолетнего опыта, который знаменовался достаточно высокими результатами — участием школьников во Всероссийских слетах юных конструкторов и рационализаторов, в экспозициях ВДНХ и т. д. Разработанные в школьном физико-техническом кружке, которым руководит П. П. Головин, учебно-наглядные пособия, приборы, модели, устройства характеризуются высоким уровнем новизны, оригинальностью, прекрасным техническим исполнением. Учитель физики П. П. Головин добивается массового участия школьников Ишеевской средней школы Ульяновской области в систематической работе в физико-техническом кружке. Опыт работы автора книги, несомненно, представляет интерес и, безусловно, пригодится как начинающим руководителям физико-технических кружков, так и тем учителям, которые имеют значительный опыт работы в школе.

Б. М. Игошев

ГЛАВА I. ТЕМАТИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И ПРОГРАММЫ КРУЖКОВ

1. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОГО КРУЖКА

Физико-технический кружок Ишеевской средней школы организован более 12 лет назад. Организационная структура, содержание его работы постоянно развиваются и непрерывно совершенствуются. В настоящее время в нем занимаются учащиеся I—XI классов. Кружок состоит из нескольких отделений — начального, подготовительного, очного и заочного.

Начальное отделение кружка составляют учащиеся I—IV классов. Они работают группами по 8—10 человек в каждой. Руководство осуществляют семи-девятиклассники, подготовленные для этой деятельности (и по методике, и по содержанию занятий) учителем — руководителем кружка.

Подготовительное отделение кружка составляют учащиеся V—VI классов. С ними занимается учитель. Занятия бывают один раз в неделю продолжительностью 2 ч. На подготовительном отделении изучают основы радиоэлектроники. Теоретические сведения подтверждаются практикой. На каждом занятии проводится практическая работа (фронтально), тема которой соответствует теоретическим сведениям.

Очное отделение кружка состоит из двух групп — младшей и старшей, в которых занимаются учащиеся VII—XI классов.

В младшую группу входят семи- и восьмиклассники. Занимаются они два раза в неделю по 2 ч.

Старшую группу составляют учащиеся IX—XI классов. Занятия проходят два раза в неделю по 3 ч каждое. Кружковцы выполняют работы индивидуально, при этом они значительно углубляют свои теоретические знания, совершенствуют практические навыки, полученные в предыдущие годы. Основная часть учебно-наглядных пособий и технических конструкций разрабатывается и изготавливается именно в этой группе. Задания по изготовлению приборов учащиеся выполняют бригадами из 2—5 человек.

Заочное отделение кружка составляют учащиеся, занимающиеся техническим творчеством дома на базе приобретенного в младших классах опыта.

Во главе физико-технического кружка стоят его руководитель и актив кружка — старосты групп и их помощники.

Начиная с 1983 г. кружковцы с успехом участвовали на 40 Всероссийских, Всесоюзных и международных выставках технического творчества школьников.

Школа ежегодно принимает участие в экспозициях ВДНХ СССР по техническому творчеству школьников, за что отмечена двумя дипломами II степени и дипломом I степени ВДНХ СССР. Юные техники награждены 121 медалью и 83 свидетельствами участника ВДНХ СССР.

В настоящее время масштабы деятельности физико-технического кружка значительно расширены. В школе на его базе создано предприятие — учебно-методическая и производственная фирма «Импульс»,— на котором начат выпуск учебно-наглядных пособий, разработанных в кружке.

Параллельно с выпуском продукции для работы радиоэлектронных кружков учебно-методическая и производственная фирма «Импульс» занимается обучением учителей, желающих организовать у себя кружки, подобные кружку в Ишеевской школе, но пока еще не имеющих достаточного опыта и знаний. Для работы с учителями составлена 40-часовая программа, предусматривающая ознакомление с методикой организации и содержанием кружковых занятий. Учителя, прошедшие занятия, получают программу первого года обучения основам радиоэлектроники и необходимый комплект деталей к ней: набор «Азбука-3» для изучения основ транзисторной техники и набор «Логазбука-3» для изучения основ цифровой техники. Учителя также могут купить по безналичному расчету интересующую их продукцию школьного завода.

Информацию о работе Республиканской школы передового опыта, стоимости и условиях приобретения выпускаемой продукции фирма «Импульс» высылает заинтересованным лицам (по их просьбе) бесплатно.

Заявки на обучение принимаются от учителей на Ульяновский областной институт усовершенствования учителей по адресу: 432048, Ульяновск, ул. 12 Сентября, дом 81, кабинет физики.

Заявки на приобретение учебно-наглядных пособий для развития детского технического творчества принимаются по адресу: 433310, Ульяновская обл., р. п. Ишеевка, средняя школа, фирма «Импульс».

2. ТЕМАТИЧЕСКИЕ ПЛАНЫ И ПРОГРАММЫ КРУЖКОВ «РАДИОАЗБУКА» И «ЛОГИЧЕСКАЯ АЗБУКА»

Кружок «Радиоазбука»

Кружок «Радиоазбука» рассчитан на трехгодичное обучение. На занятиях широко используются демонстрационное и лабораторное оборудование физического кабинета, творческие работы кружковцев прошлых лет, экранные пособия.

Элементарные сведения из электротехники и радиоэлектроники на первом году обучения дети получают при работе с самодельным набором-конструктором «Радиоазбука-1». Сборка электрических цепей производится на монтажной плате, на которую предварительно накладывают специальный шаблон с принципиальной

схемой. Совпадение цвета деталей и их условное графическое обозначение на шаблонах позволяет малышам безошибочно собирать несложные радиоэлектронные устройства.

На втором году обучения занятия проводятся с использованием самодельного набора-конструктора «Радиоазбука-2» также без применения электрической пайки.

В кружке третьего года обучения сборку и изучение радиоэлектронных устройств производят на макетной плате с помощью электрической пайки на базе набора «Радиоазбука-3». Учащиеся учатся выполнять простые измерения электрических величин, настраивать режимы работы электронных узлов, знакомятся со способами составления, изготовления печатных плат и монтажа деталей на них.

Первый год занятий рассчитан на учащихся I—II классов.

Примерный тематический план работы кружка

№ п/п	Наименование темы	Число часов		
		всего	на теоретические занятия	на практические занятия
1	Вводное занятие. Экскурсия на школьную выставку технического творчества	2	1	1
2	Электричество. Опыты по электризации тел	2	0,5	1,5
3	Электрическая цепь, электрический ток, напряжение, сопротивление проводников	3	1	2
4	Последовательное, параллельное и смешанное соединения проводников	2	0,5	1,5
5	Диоды и опыты с ними	3	0,5	2,5
6	Транзисторы и опыты с ними	4	1	3
7	Магниты, электромагниты, электрические звонки	5	1	4
8	Головные телефоны, усилители звуков и переговорные устройства	6	2	4
9	Мультивибраторы и опыты с ними	7	2	5
10	Заключительное занятие	1	0,5	0,5
	Итого	35	10	25

Программа

1. Вводное занятие.

Экскурсия на школьную выставку технического творчества.

Беседы на темы «Человек — изобретатель», «Умные машины — наши помощники». Демонстрация самодельных электронных приборов на школьной выставке технического творчества.

2. Электричество. Опыты по электризации тел.

Теоретические сведения. Электричество в жизни человека. Требования безопасности при работе с электрическими приборами.

Опыты по электризации тел. Положительно и отрицательно заряженные тела. Взаимодействие заряженных тел. Происхождение грома и молнии.

Практическая работа. Демонстрация электрических приборов. Опыты по электризации трением тел, сделанных из пластмассы и стекла. Взаимодействие одноименно и разноименно заряженных тел. Демонстрация опытов с электрофорной машиной. Наблюдение разрядов.

3. Электрическая цепь, электрический ток, напряжение, сопротивление проводников.

Теоретические сведения. Понятие о строении вещества. Электрон — мельчайшая заряженная частица вещества. Электрический ток как движение электронов. Батарея гальванических элементов — источник электрической энергии, лампочка — потребитель энергии. Проводники (металлы) и непроводники (стекло, резина, пластмасса и т. д.) электрического тока. Единицы силы тока, напряжения, сопротивления. Условные графические обозначения (УГО) элементов электрической цепи.

Практическая работа. Ознакомление с батареей 3336Л, элементом 316 (332, 336 и т. д.), лампочкой МН 3,5 В×0,15 А. Сборка электрических цепей батарея — лампочка, элемент — лампочка. Ознакомление с выключателем. Сборка цепи батарея — выключатель — лампочка. Ознакомление с переменным резистором (реостатом). Сборка цепи батарея — выключатель — переменный резистор — лампочка. Наблюдение за яркостью лампочки в зависимости от положения ручки переменного резистора. Выполнение условных графических обозначений деталей.

4. Последовательное, параллельное и смешанное соединения проводников.

Теоретические сведения. Последовательное и параллельное соединения электрических приборов. Особенности этих соединений. Смешанные соединения. Понятие о коротком замыкании и его опасность. Требования безопасности при сборке электрических цепей.

Практическая работа. Последовательное соединение двух лампочек в электрическую цепь с батареей и выключателем. Параллельное соединение двух лампочек. Сборка цепей различных вариантов смешанного соединения из двух лампочек и переменного резистора. Наблюдение шунтирующего действия резистора с малым сопротивлением, подключенного параллельно к одной из последовательно соединенных лампочек.

5. Диоды и опыты с ними.

Теоретические сведения. Проводники и полупроводники. Электроны — носители отрицательных зарядов, дырки — носители положительных зарядов. Диод — односторонний проводник электрического тока. Условное графическое обозначение диода.

Практическая работа. Ознакомление с диодом. Проведение опытов, подтверждающих одностороннюю проводимость диода. Сборка электрических цепей с использованием двух лампочек, двух диодов, выключателя и батареи. Определение полярности батареи при помощи диода и лампочки. Выполнение условных графических обозначений электрических цепей.

6. Транзисторы и опыты с ними.

Теоретические сведения. Устройство и работа транзистора. База, эмиттер, коллектор — выводы транзистора. Схематическое устройство транзистора *p—n—p*-структуры, его условное графическое изображение.

Практическая работа. Ознакомление с транзистором. Проверка односторонней проводимости переходов база — эмиттер, база — коллектор при помощи лампочки и батареи с выключателем. Опыты, иллюстрирующие работу транзистора в режиме переключения. Сборка сигнализатора разрыва контактов. Вычерчивание электрических схем опытов.

7. Магниты, электромагниты, электрические звонки.

Теоретические сведения. Существование магнитного поля в пространстве вокруг магнита. Северный и южный полюса магнита и их взаимодействие. Устройство электромагнита. Электрический звонок и принцип его работы.

Практическая работа. Ознакомление с магнитами и опыты с ними. Намагничивание стальных предметов: игл, скрепок, кнопок. Опыты по взаимодействию одноименных и разноименных полюсов магнитов. Опыты с электромагнитом. Ознакомление с устройством и работой электрического звонка. Вычерчивание электрических схем опытов.

8. Головные телефоны, усилители звуков и переговорные устройства.

Теоретические сведения. Ознакомление с устройством и принципом действия головного телефона. Микрофон и телефон. Устройство, условные графические обозначения, принцип действия и внешний вид конденсаторов. Устройство и принцип работы двойного переключателя. Простейшее переговорное устройство из двух параллельно соединенных телефонных капсюлей. Варианты усилителей звука на одном транзисторе. Переговорное устройство на одном транзисторе.

Практическая работа. Ознакомление с различными типами конденсаторов. Сборка электрических цепей с использованием лампочек, переключателей, двойных переключателей. Сборка и испытание простейшего переговорного устройства. Сборка и испытание различных конструкций усилителя звуковой частоты на одном транзисторе. Сборка и испытание переговорных устройств с одним активным абонентом и двумя активными абонентами. Организация игр с использованием переговорных устройств. Закрепление

навыков по вычерчиванию условных графических обозначений изученных элементов.

9. Мультивибраторы и опыты с ними.

Теоретические сведения. Мультивибратор — генератор колебаний. Принцип работы мультивибратора. Понятие об азбуке Морзе. Мультивибратор как генератор сигналов азбуки Морзе. Оксидный конденсатор и особенности его включения в электрическую цепь. Электронные «мигалки» на базе мультивибраторов.

Практическая работа. Сборка мультивибратора на двух транзисторах с телефонным капсюлем в качестве нагрузки второго или первого транзистора. Формирование букв азбуки Морзе звуком капсюля, подключенного к мультивибратору, и светом лампочки, подключенной к источнику тока через выключатель. Сборка и испытание телеграфного устройства из двух мультивибраторов, телефонные капсюли которых соединены двухпроводной линией. Сборка мультивибратора с усилителем, нагрузкой которого служат телефонный капсюль или лампочка.

10. Заключительное занятие.

Подведение итогов работы за учебный год. Повторение условных графических обозначений, изученных деталей и принципа работы испытанных схем. Соревнование по сборке одной из изученных конструкций. Поощрение кружковцев. Предварительная запись в кружок на второй год обучения.

Второй год занятий рассчитан на учащихся III—IV классов.

Примерный тематический план работы кружка

№ п/п	Наименование темы	Число часов		
		всего	на теоретические занятия	на практические занятия
1	Вводное занятие. Экскурсия на школьную выставку технического творчества	2	2	—
2	Электрическая цепь и ее элементы	5	1	4
3	Ознакомление с электротехническими элементами и радиодеталями	5	1	4
4	Звук и усилители звуковой частоты	4	1	3
5	Переговорные устройства	4	1	3
6	Мультивибраторы и автоматические устройства	4	1	3
7	Телеграфное устройство. Телефонное устройство с вызовом абонента	3	0,5	2,5
8	Электромагнитные волны звуковой частоты. «Радиолиса» и «радиолисолов»	3	0,5	2,5
9	Радиоприемник прямого усиления	4	1	3
10	Заключительное занятие	1	0,5	0,5
	Итого	35	9,5	25,5

Программа

1. Вводное занятие.

Экскурсия на школьную выставку технического творчества.

Повторение материала, изученного в предыдущем году. Задачи и примерная программа кружка. Общие вопросы организации кружка. Повторение правил безопасного труда на кружковых занятиях. Посещение школьной выставки технического творчества. Демонстрация экспонатов выставки с кратким объяснением принципа их действия и рассказом об их создателях.

2. Электрическая цепь и ее элементы.

Теоретические сведения. Условные графические обозначения элементов электрической цепи. Проводники и изоляторы, их свойства и применение. Источники тока. Сила тока, напряжение, сопротивление. Качественный вывод закона Ома. Способы соединения элементов электрической цепи. Действия электрического тока. Требования безопасности при работе с бытовыми электрическими приборами. Опасность короткого замыкания источника тока при сборке электрических цепей.

Практическая работа. Вычерчивание условных графических обозначений элементов электрической цепи. Демонстрация проводимости водного раствора соли, влажной почвы. Сборка электрических цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединениями ламп, переменного резистора, выключателя и источника тока, в результате которых делают качественный вывод закона Ома. Сборка электрических цепей различной сложности с использованием лабораторного оборудования физического кабинета: ламп на подставке, реостатов, выключателей, соединительных проводов.

3. Ознакомление с электротехническими элементами и радиодеталями.

Теоретические сведения. Тумблерные и кнопочные переключатели, электромагнит, электромагнитное реле. Резисторы и их сопротивления. Конденсаторы и их емкости. Отличие полупроводников от проводников и изоляторов. Диоды, транзисторы и их устройство. Условные графические обозначения и маркировка радиодеталей.

Практическая работа. Сборка электрических цепей с использованием ламп, кнопочного переключателя, электромагнита и электромагнитного реле. Сборка электрических цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединениями резисторов. Параллельное и последовательное соединения конденсаторов. Сборка электрических цепей с применением диодов, резисторов, ламп. Про-

верка односторонней проводимости переходов транзистора. Проверка работы усилителя в режиме переключения.

4. Звук и усилители звуковой частоты.

Теоретические сведения. Колеблющиеся тела — источники звуков. Громкость и высота звука. Амплитуда и частота. Единица частоты. Понятие о постоянном и переменном токе. Микрофон — преобразователь звуковых колебаний в электрические. Телефон — преобразователь электрических колебаний в звуковые. Устройство телефонного капсюля и его применение. Работа транзистора в режиме усиления. Усилитель звуковой частоты на одном транзисторе, на двух транзисторах.

Практическая работа. Демонстрация возникновения звуковых волн при колебании тел. Опыты, позволяющие установить зависимость громкости звука от амплитуды и высоты звука от частоты колебания тел. Сборка различных вариантов однокаскадного и двухкаскадного УЗЧ.

5. Переговорные устройства.

Теоретические сведения. Принцип работы переговорных устройств. Варианты переговорных устройств на базе однокаскадного и двухкаскадного усилителей звуковой частоты.

Практическая работа. Сборка и испытание конструкций переговорных устройств на одном и двух транзисторах и объяснение роли всех применяемых деталей. Организация игр с использованием переговорных устройств.

6. Мультивибраторы и автоматические устройства.

Теоретические сведения. Принцип работы симметричного мультивибратора. Зависимость частоты генерации мультивибратора от емкости конденсаторов и сопротивления резисторов. Мультивибратор с усилителем мощности. Мультивибратор в качестве электронных сирен, «мигалок» и переключателей. Принцип работы реле времени. Фоторезистор, работа фотореле.

Практическая работа. Сборка и испытание мультивибратора в качестве звукового генератора различных звуковых частот. Сборка усилителя мощности для мультивибратора. Сборка на базе мультивибратора электронных сирен (генератор звука переменной частоты), электронных «мигалок» и электронных переключателей ламп. Сборка и испытание реле времени и фотореле.

7. Телеграфное устройство. Телефонное устройство с вызовом абонента.

Теоретические сведения. Роль телеграфной и телефонной связи в нашей жизни. Работа телеграфного устройства на базе мульти-

вибратора. Работа телефонного устройства на базе двухкаскадного усилителя звуковой частоты. Превращение усилителей звуковой частоты в мультивибратор для вызова абонента.

Практическая работа. Сборка и испытание телеграфного устройства и различных вариантов телефонного устройства с вызовом абонента на связь. Организация различных игр с применением телеграфного и телефонного устройств.

8. Электромагнитные волны звуковой частоты. «Радиолиса» и «радиолисолов».

Теоретические сведения. Понятие об электрических и магнитных полях. Электромагнитное поле и его распространение. Катушка с железным сердечником на выходе усилителя мощности мультивибратора звуковой частоты — источник электромагнитных волн звуковой частоты. Катушка с железным сердечником на входе однокаскадного УЗЧ — приемник электромагнитных волн звуковой частоты.

Практическая работа. Сборка передатчика электромагнитных волн звуковой частоты на базе мультивибратора с усилителем мощности («радиолиса») и приемника на базе однотранзисторного УЗЧ («радиолисолов»). Демонстрация передачи сигналов на расстояние без проводов. Организация игр по поиску «радиолисы» «радиолисоловом».

9. Радиоприемник прямого усиления.

Теоретические сведения. Роль радио в нашей жизни. Наша страна — родина радио. Русский ученый А. С. Попов — изобретатель радио. Элементарные сведения о принципах радиосвязи. Радиопередатчики и радиоприемники — непременные элементы в радиосвязи. Устройство, основные элементы и принцип работы приемника прямого усиления.

Практическая работа. Сборка радиоприемника прямого усиления 2—V—1 на монтажной плате. Подключение внешней антенны и заземления.

10. Заключительное занятие.

Подведение итогов работы за учебный год. Повторение условных графических обозначений изученных элементов. Соревнование по скоростной сборке одной из изученных радиоэлектронных конструкций. Поощрение учащихся, проявивших активность и усердие на занятиях. Примерная программа третьего рода занятий и предварительная запись учащихся в кружок на следующий учебный год.

Третий год занятий рассчитан на учащихся V—VI классов.

Примерный тематический план работы кружка

№ п/п	Наименование темы	Число часов		
		всего	на теоретические занятия	на практические занятия
1	Вводное занятие	2	1	1
2	Электрическая пайка и приемы монтажа	4	0,5	3,5
3	Измерительные приборы	4	0,5	3,5
4	Элементы электротехники	4	1	3
5	Элементы электроники	10	2	8
6	Элементы электронной автоматики	13	3	10
7	Элементы радиотехники	9	3	6
8	Изготовление приемника прямого усиления	20	4	16
9	Экскурсия на радиоузел	2	2	—
10	Заключительное занятие	2	1	1
	Итого	70	18	52

Программа

1. Вводное занятие.

Повторение материала, изученного за предыдущие два года. Условные графические обозначения радиодеталей и элементов электрической цепи. Особенность программы кружка третьего года занятий.

2. Электрическая пайка и приемы монтажа.

Теоретические сведения. Устройство электрического паяльника, потребляемая мощность и рабочее напряжение. Припои и флюсы. Навесной и печатный монтаж радиодеталей. Технология изготовления печатной платы. Макетная плата. Правила безопасного труда при радиомонтажных работах.

Практическая работа. Изготовление монтажных плат для макетирования радиоэлектронных конструкций. Подготовка электрического паяльника к работе. Залуживание опорных площадок макетной платы и приобретение навыков пайки проводников и радиодеталей.

3. Измерительные приборы.

Теоретические сведения. Вольтметр — прибор для измерения электрического напряжения. Устройство вольтметра и его включение в электрическую цепь. Амперметр — прибор для измерения силы электрического тока. Устройство амперметра и его включение в электрическую цепь. Омметр — прибор для измерения сопротивления проводников. Простые самодельные пробники для

проверки электрических контактов, обмоток катушек. Определение цены деления измерительных приборов.

Практическая работа. Сборка простейших электрических цепей, измерение силы тока и напряжения на различных участках. Использование омметра для проверки целостности проводников, катушек и определения сопротивления резисторов. Изготовление простейшего пробника из лампы с батареей и из телефонного капсюля с батареей.

4. Элементы электротехники.

Теоретические сведения. Постоянный электрический ток. Переменный электрический ток. Источники электрического тока: гальванические элементы, аккумуляторы, генераторы транспортных средств, электростанции. Электродвижущая сила источника тока, падение напряжения. Зависимость силы тока от напряжения и сопротивления. Тепловое, химическое и магнитное действие электрического тока. Элементарные понятия об электромагнетизме. Электромагнит. Электромагнитное реле.

Практическая работа. Составление электрических цепей из ламп, переменных резисторов (реостатов) и батареи гальванических элементов. Измерение силы тока и напряжения на различных участках цепи. Качественная проверка закона Ома. Сборка цепи с последовательным и параллельным соединениями потребителей электрической энергии. Испытание электромагнита и электромагнитного реле. Испытание двигателя постоянного тока и использование его как генератора электроэнергии.

5. Элементы электроники.

Теоретические сведения. Резистор — прибор для регулирования силы тока и напряжения в электрических цепях. Сопротивление и мощность резистора. Типы резисторов и их маркировка. Условные графические обозначения резисторов. Конденсатор — накопитель электрических зарядов. Емкость конденсатора. Единица емкости. Типы конденсаторов. Конденсаторы переменной емкости и подстроечные конденсаторы. Маркировка и условные графические обозначения конденсаторов. Последовательное и параллельное соединения резисторов и конденсаторов. Полупроводниковые приборы. Диоды и их устройство. Понятие о *p—n*-переходе. Выпрямительные свойства диода. Маркировка, основные параметры и условное графическое обозначение диодов. Транзисторы. Биполярные транзисторы *p—n—p*- и *n—p—n*-структур, их устройство, условные графические обозначения, подключение источников питания. Работа транзистора в режиме усиления и переключения. Коэффициент усиления и обратный ток коллектора. Одно- и двухкаскадные усилители звуковой частоты. Транзистор в качестве электронного ключа.

Практическая работа. Ознакомление с различными типами резисторов, конденсаторов, диодов и транзисторов. Сборка конструк-

ций с ламповыми индикаторами с использованием резисторов, конденсаторов, диодов, помогающих объяснить их роль в электрических цепях. Сборка одно- и двухкаскадных УЗЧ. Изготовление переговорных устройств различных конструкций на базе одно- и двухкаскадных УЗЧ. Сборка электронного ключа на одном транзисторе с лампой или реле на выходе. Сборка двухпроводного телеграфного устройства на двух мультивибраторах.

6. Элементы электронной автоматики.

Теоретические сведения. Электроника — основа современной автоматики. Применение автоматических устройств. Понятие о телемеханике. Датчики — электронные «органы чувств» автоматических устройств. Механические, тепловые, электрические, оптические, акустические датчики. Электронный сигнализатор разрыва контактов. Принцип работы электронного реле времени и его применение. Электронные переключатели на базе мультивибратора и их применение. Работа фотореле и его применение. Работа акустического реле и его применение.

Практическая работа. Изготовление электронного сигнализатора разрыва контактов, электронной «мигалки» на базе мультивибратора. Сборка и испытание реле времени, акустического реле, фотореле, срабатывающего при освещении или затемнении фоторезистора. Испытание совместной работы фотореле и реле времени. Разработка проектов возможного применения изученных автоматических устройств.

7. Элементы радиотехники.

Теоретические сведения. Роль радио в современной жизни. Принципы радиосвязи. Звуковая частота и радиочастота. Процессы модуляции и демодуляции. Принципиальная схема детекторного приемника. Антенна и заземление. Роль колебательного контура в избирательном приеме радиоволн. Приемники прямого усиления: 0—*V*—1, 1—*V*—1, 2—*V*—0, 2—*V*—1.

Практическая работа. Сборка и испытание совместного действия электронных «клада» и «кладоискателя», представляющих собой излучатель электромагнитных волн звуковой частоты, собранный на базе мультивибратора, и приемник электромагнитных волн звуковой частоты, изготовленный на базе однотранзисторного УЗЧ. Сборка и испытание детекторного приемника и различных вариантов приемников прямого усиления.

8. Изготовление приемника прямого усиления.

Теоретические сведения. Принцип работы приемника прямого усиления 2—*V*—2. Фиксированная настройка колебательного контура антенны на местную радиостанцию. Повторение технологии изготовления печатной платы.

Практическая работа. Сборка радиоприемника на макетной плате и фиксированная настройка на несущую частоту радио-

станции. Составление (с помощью руководителя) и изготовление печатной платы. Монтаж деталей на плате. Изготовление корпуса радиоприемника и установка в нем монтажной платы с источником питания и телефонным капсюлем.

9. Экскурсия на радиоузел.

Экскурсия кружковцев на местный радиоузел с целью ознакомления с системой радиовещания населенного пункта.

10. Заключительное занятие.

Подведение итогов работы за учебный год. Повторение основных разделов изученной программы. Проведение соревнования по скоростной пайке радиоэлектронной конструкции (мультивибратор) на макетной плате. Награждение победителей соревнования и активных кружковцев дипломами и набором радиодеталей.

Предварительная запись желающих заниматься в следующем учебном году в кружке «Логическая азбука».

Кружок «Логическая азбука»

Программа кружка «Логическая азбука» рассчитана на учащихся VII—VIII классов. Двухчасовые занятия проводятся два раза в неделю. На них широко используются описанные ниже наборы-конструкторы «Логазбука», демонстрационные блоки элементов И, ИЛИ, НЕ, И — НЕ и наглядные пособия принципиальных электрических схем, выполненных в виде плакатов. Фронтальное обучение на занятиях при изучении теоретического и практического материала сочетается с индивидуальными работами по изготовлению конкретных устройств с применением конкретных цифровых микросхем. Широко используются электроизмерительные приборы.

Примерный тематический план работы кружка

№ п/п	Наименование темы	Число часов		
		всего	на теоретические занятия	на практические занятия
1	Вводное занятие	2	2	—
2	Электроизмерительные приборы	4	1	3
3	Логические элементы И, ИЛИ, НЕ, И — НЕ	4	1	3
4	Микросхемы серии К155	4	1	3
5	Мультивибраторы	18	4	14
6	Ждущие мультивибраторы	16	4	12
7	Триггеры	26	6	20
8	Изготовление устройств с применением цифровых микросхем	64	12	52
9	Экскурсия	4	4	—
10	Заключительное занятие	2	2	—
	Итого	144	37	107

Программа

1. Вводное занятие.

Понятие о микроэлектронике. Цифровая техника — перспективное направление в современной радиоэлектронике, ее роль в научно-техническом прогрессе. Правила безопасного труда в кабинете технического творчества. План работы кружка на учебный год. Демонстрация работ кружковцев прошлых лет. Организационные вопросы.

2. Электроизмерительные приборы.

Теоретические сведения. Устройство и работа амперметра, вольтметра, омметра. Авометр — комбинированный измерительный прибор. Устройство и принцип работы осциллографа.

Практическая работа. Измерение силы тока и напряжения в простых электрических цепях. Измерение сопротивлений резисторов омметром. Измерение напряжения, силы тока и сопротивления авометром. Демонстрация электрических колебаний звуковой частоты на экране осциллографа.

3. Логические элементы И, ИЛИ, НЕ, И — НЕ.

Теоретические сведения. Понятие об интегральной микросхеме как миниатюрном электронном блоке. Двоичная система счисления — основа логики действия цифровых микросхем. Логика действия элементов И, ИЛИ, НЕ, И — НЕ.

Практическая работа. Тренировочные упражнения с применением двоичной системы счисления. Изучение логики действия элементов И, ИЛИ, НЕ, И — НЕ при помощи самодельных электронных блоков.

4. Микросхемы серии К155.

Теоретические сведения. Конструктивные особенности изготовления микросхем. Напряжение питания и логические уровни микросхем серии К155. Устройство и условное графическое обозначение микросхемы К155ЛА3, схема ее логических элементов.

Практическая работа. Установка микросхемы на макетную плату и проверка ее работоспособности измерением напряжения на входных и выходных выводах элементов. Опытная проверка логики действия элемента 2И—НЕ. Проверка действия логического элемента 2И—НЕ при включении его как элемента НЕ. Индицирование логических уровней сигналов вольтметром, светодиодом и лампой накаливания.

5. Мультивибраторы.

Теоретические сведения. Автоколебательный симметричный мультивибратор на двух логических элементах 2И—НЕ микросхемы К155ЛА3. Различные варианты мультивибраторов на двух, трех и четырех логических элементах 2И—НЕ.

Практическая работа. Сборка конструкции симметричного мультивибратора на макетной плате и исследование зависимости частоты генерации от сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов. Индикация уровней выходных сигналов вольтметром, головными телефонами и осциллографом. Сборка и испытание мультивибраторов различных конструкций на двух, трех и четырех логических элементах 2И—НЕ. Сборка звуковых генераторов непрерывного и прерывистого звуковых сигналов, электронных «мигалок», переключателей на базе автоколебательного мультивибратора с использованием микросхем К155ЛА3, К155ЛА1, К155ЛА2, К155ЛА4, К155ЛА6. Изготовление печатных плат и монтаж на них электронных конструкций на базе мультивибраторов.

6. Ждущие мультивибраторы.

Теоретические сведения. Устройство и принцип работы ждущего мультивибратора.

Практическая работа. Сборка конструкции ждущего мультивибратора на двух логических элементах 2И — НЕ и испытание ее при различных значениях сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов. Конструирование различных вариантов ждущих мультивибраторов. Практическое применение ждущих мультивибраторов в качестве реле времени и различных игровых автоматов. Монтаж на печатной плате электронной конструкции на базе ждущего мультивибратора.

7. Триггеры.

Теоретические сведения. Понятие о триггере как электронном устройстве с двумя устойчивыми электрическими состояниями. Принцип работы *RS*-, *D*- и *JK*-триггеров. Использование триггеров в ключевых и счетных устройствах.

Практическая работа. Сборка конструкции *RS*-триггера на двух элементах 2И—НЕ микросхемы К155ЛА3 на макетной плате и испытание ее в работе. Составление и изготовление печатной платы и монтаж на ней электронной конструкции на базе одного из видов триггеров.

8. Изготовление устройств с применением цифровых микросхем.

Теоретические сведения. Изучение принципов работы различных электронных конструкций с применением цифровых микросхем. Конструирование радиоэлектронных устройств на микросхемах.

Практическая работа. Разработка, конструирование и изготовление различных учебно-наглядных пособий, автоматических устройств, электронных игр с использованием микросхем серии К155.

9. Экскурсия.

Объект экскурсии — вычислительный центр.

10. Заключительное занятие.

Краткое повторение основных теоретических сведений, полученных в учебном году. Подведение итогов занятий. Отбор экспонатов для школьной выставки технического творчества. Предварительная запись в кружок «Основы электронной автоматики и кибернетики».

Кружок «Основы электронной автоматики и кибернетики»

Кружок организован для учащихся IX—XI классов. В нем школьники продолжают изучать теоретические вопросы. Но основное внимание уделяется развитию навыков рационализаторства, конструирования, изобретательства, выполнению творческих работ по изготовлению учебно-наглядных пособий, автоматических и кибернетических устройств, электронных игр. На трехчасовых занятиях, проводимых два раза в неделю, широко практикуются индивидуальные и бригадные формы работы.

Примерная тематика занятий в кружке

основы электротехники;
основы радиоэлектроники;
основы цифровой техники;
основы аналоговой техники;
узлы электронной автоматики;
рационализаторство, конструирование, изобретательство;
разработка и изготовление учебно-наглядных пособий и электронных игрушек.

В кружке «Основы электронной автоматики и кибернетики» учащиеся углубленно изучают основы современной электронной техники, конструируют по выбору модели, приборы и устройства с использованием электронной элементной базы и схемотехнических решений современной электронной и электронно-вычислительной техники.

ГЛАВА II. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ КРУЖКА

1. НАБОР ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ «АЗБУКА»

Радиоэлектронный набор «Азбука» имеет три модификации: «Азбука-1», «Азбука-2» и «Азбука-3», предназначенные для работы с учащимися разного возраста.

Рассмотрим вначале набор «Азбука-2». В него входят следующие детали:

резистор постоянный типа МЛТ-0,5—2 кОм — 2 шт., 180 кОм — 3 шт., 10 кОм — 2 шт.;

резистор переменный типа СП-04—68 Ом — 1 шт., 200 кОм — 1 шт.;

конденсатор типа БМ-2—0,022 мкФ — 5 шт.;

конденсатор оксидный типа К50-3 или К50-6—10 мкФ×16 В — 2 шт.;

диоды типа Д9 — 2 шт., Д226 — 2 шт.;

транзистор высокочастотный типа П416 ($\eta_{21э}$ — 70...100) — 2 шт.;

транзистор низкочастотный типа МП42 ($\eta_{21э}$ — 50...100) — 4 шт.;

антенное устройство — 1 шт.;

низковольтное реле типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.304) — 1 шт.;

фоторезистор типа ФСК-2 — 1 шт.;

катушка с сердечником — 1 шт.;

капсюль от телефонов типа ТОН-2 — 2 шт.;

лампа накаливания типа МН 3,5 В×0,14 А — 2 шт.

переключатель типа КМ2-1 — 1 шт.;

двойной провод длиной 4 м — 1 шт.;

выключатель питания любого типа — 1 шт.;

батарея элементов типа 3336Л — 1 шт.

Радиодетали установлены на фольгированных основаниях небольших размеров, на которых показаны соответствующие условные графические обозначения. Все детали снабжены контактными выводами, изготовленными из многожильного изолированного провода. При этом один конец каждой пары контактных выводов припаян к фольгированному основанию, другой выполнен в виде кольца диаметром 6 мм. Внешний вид деталей набора, их условные обозначения, чертеж и размеры (в миллиметрах) печатной платы основания изображены на рисунках 1—4. Здесь на рисунке 1, *а* показан резистор постоянный, длина выводов 4 см. (Аналогично установлены конденсаторы постоянной емкости и диоды.)

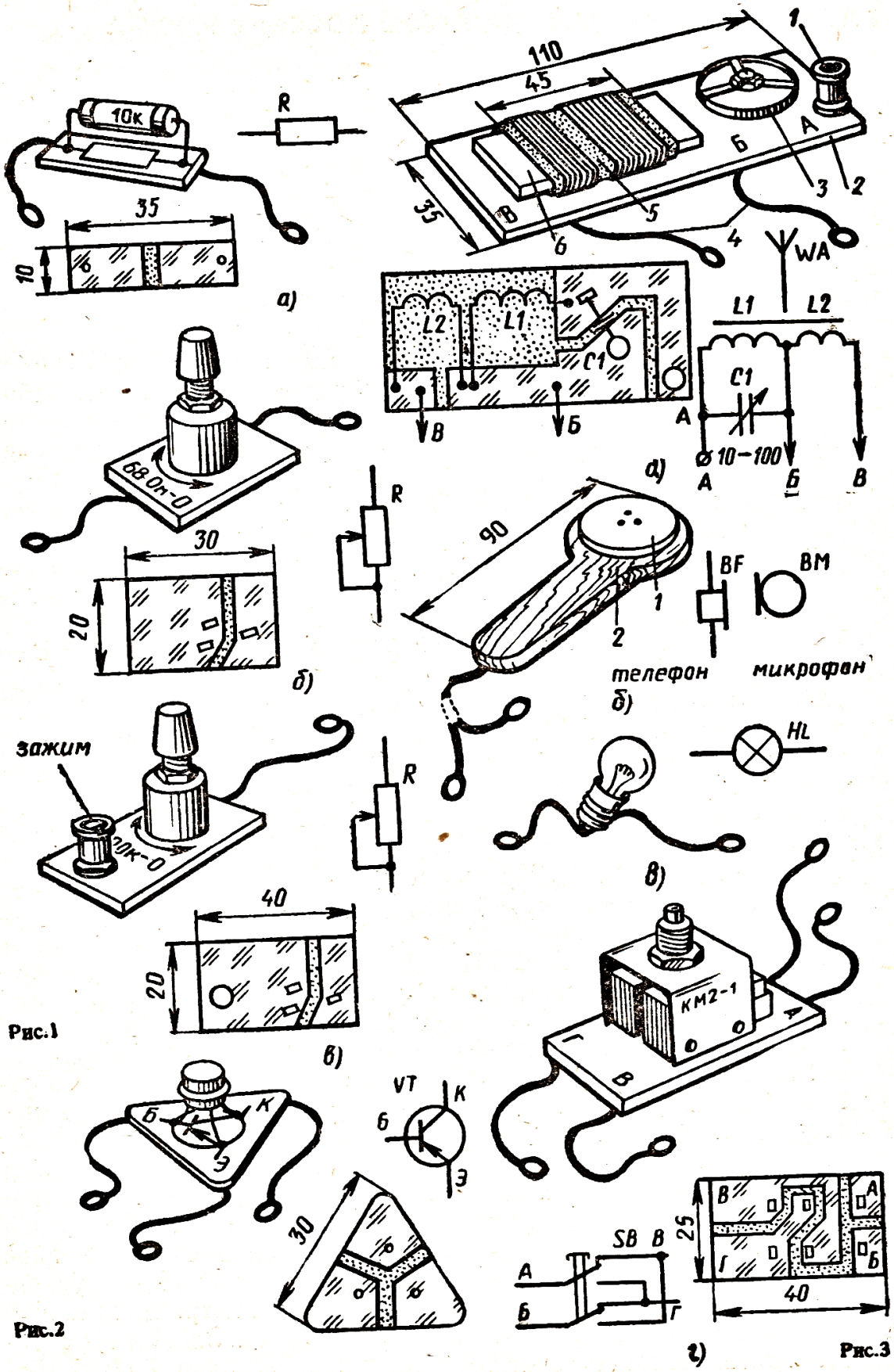


Рис.1

Рис.2

Рис.3

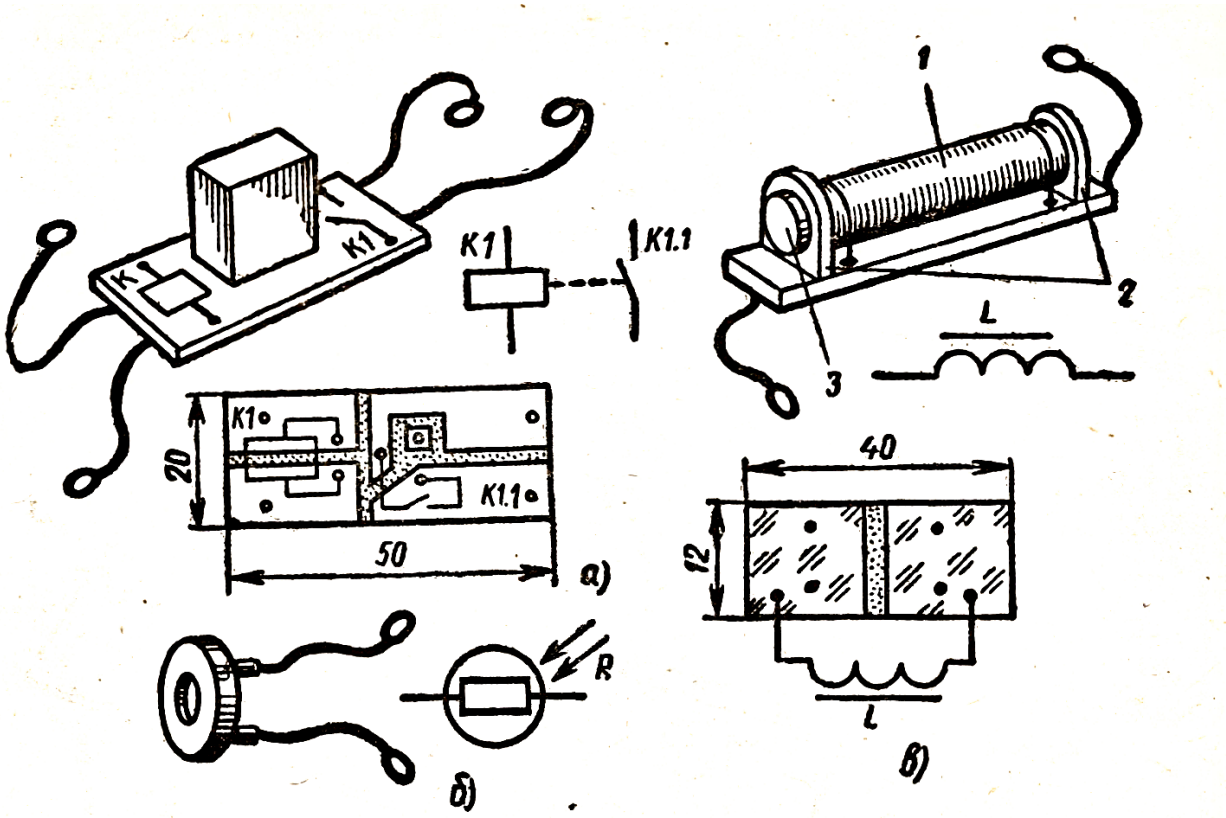


Рис. 4

На рисунке 1, *б* — резистор переменный сопротивлением 68 Ом. Длина выводов 4 см;

на рисунке 1, *в* — резистор переменный сопротивлением 200 кОм. Длина выводов 4 см;

на рисунке 2 — транзистор, длина выводов 6 см;

на рисунке 3, *а* — антенное устройство: *1* — клемма для подключения устройства к конструкции и внешней антенне; *2* — основа из фольгированного стеклотекстолита; *3* — конденсатор переменной емкости типа КПК-2; *4* — выводы длиной 15 см для подключения устройства к конструкциям; *5* — бумажный каркас для катушек *L1* и *L2*. Для ДВ диапазона катушка *L1* содержит 220 витков, катушка *L2* — 20 витков провода ПЭВ-0,15; *6* — ферритовый стержень марки 400НН. Длина стержня 60 см. Стержень свободно перемещается внутри каркаса;

на рисунке 3, *б* — капсюль от телефона ТОН-2: *1* — капсюль (в наборе служит в качестве микрофона и телефона); *2* — многослойная фанера. Длина двойного шнура 60 см;

на рисунке 3, *в* — индикаторная лампа (лампа накаливания типа МН 3,5 В×0,14 А) и осветительная лампа. Длина выводов 4 см;

на рисунке 3, *г* — двойной переключатель типа КМ2-1. Длина выводов 10 см;

на рисунке 4, *а* — низковольтное электромагнитное реле напряжением срабатывания до 4 В. (В целях улучшения наглядности корпус можно снять и ослабить контактные пружины для повышения чувствительности.) Длина выводов 6 см;

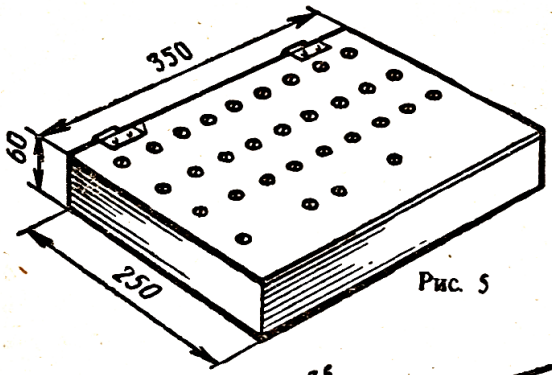


Рис. 5

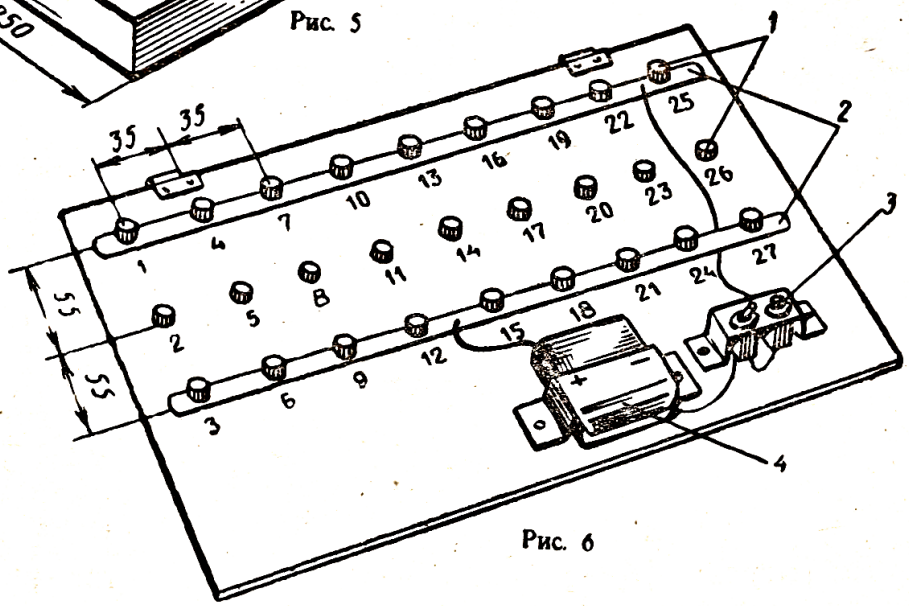


Рис. 6

на рисунке 4, *б* — фоторезистор. Длина выводов 4 см;

на рисунке 4, *в* — катушка с сердечником: *1* — катушка из 600—800 витков провода ПЭВ-0,15, намотанного на бумажный каркас (длина каркаса 35 мм, внутренний диаметр 8 мм); *2* — щечки из текстолита (крепятся к каркасу клеем); *3* — стальной стержень длиной 40 мм. Длина выводов 6 см.

Детали набора хранятся в специальной коробке размерами 250×350×60 мм (рис. 5). Внутренняя поверхность верхней крышки коробки представляет собой монтажную плату для сборки электронных схем (рис. 6). Она, как и сама коробка, изготовлена из пластика или древесноволокнистой плиты. Монтажная плата состоит из 27 зажимных клемм *1*, расположенных в три ряда по 9 штук в каждом. Все клеммы первого и третьего рядов электрически соединены между собой с помощью полоски *2* из фольгированного стеклотекстолита шириной 10 мм. Клеммы среднего ряда изолированы. Источник питания и выключатель расположены на том же основании, что и клеммы. Положительный полюс источника питания соединен непосредственно с клеммами нижнего ряда, отрицательный полюс — с первым (верхним) рядом клемм через выключатель. Устройство крепления источника питания *4* и выключателей *3* понятно из рисунка 6. Выключатель электропитания состоит из соединенных параллельно тумблерного и кнопочного выключателей. Их можно использовать и как кнопку (например, для формирования сигналов азбуки Морзе), и как фиксируемый

выключатель. Из деталей набора можно собрать более 60 действующих конструкций различной сложности.

К набору приложены схемы-шаблоны электронных схем. Они предназначены для работы с младшими школьниками, начинающими изучать радиоэлектронику, на первом этапе. Схемы-шаблоны (рис. 7) представляют собой листы картона, на которых пробиты отверстия диаметром 14 мм, расположенные в соответствии с контактными клеммами на монтажной плате. На шаблонах начерчены принципиальные схемы собираемых конструкций.

Для сборки конструкции схему-шаблон накладывают (надевают) на монтажную плату (рис. 8). Наклеенная на шаблон принципиальная электрическая схема собираемого устройства с указанием номиналов деталей, а также наличие условных графических обозначений на опорных площадках деталей настолько

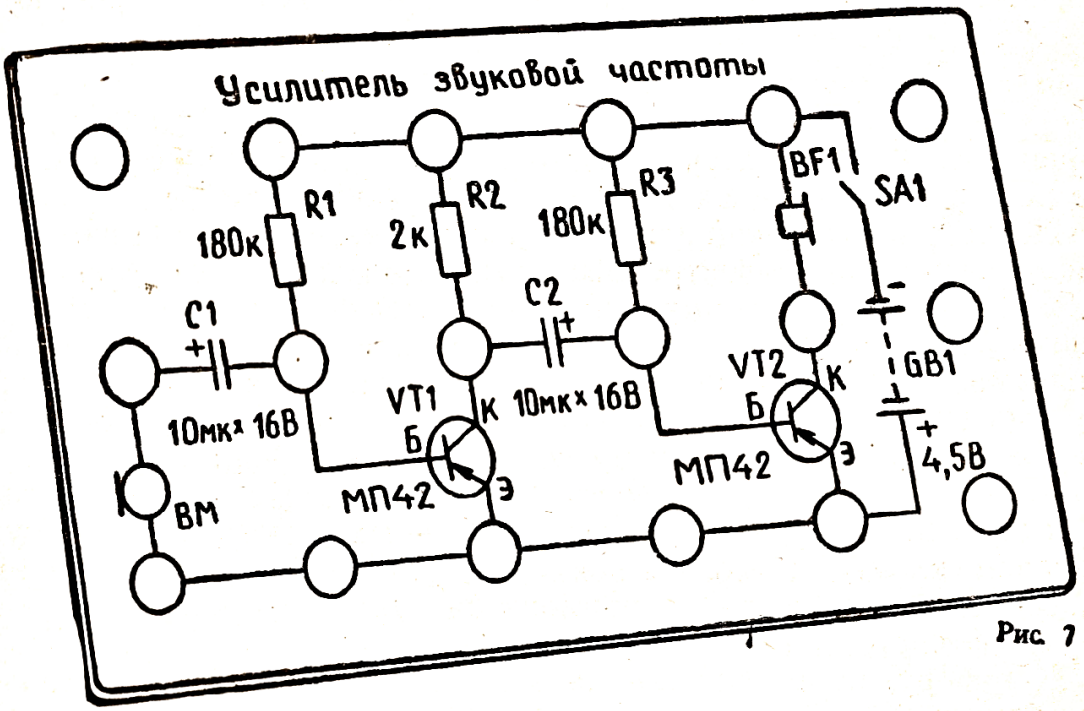


Рис. 7

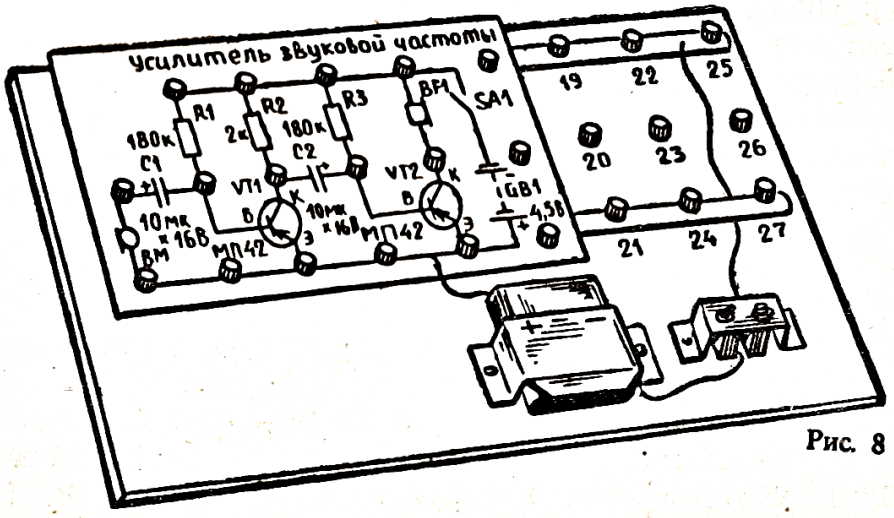


Рис. 8

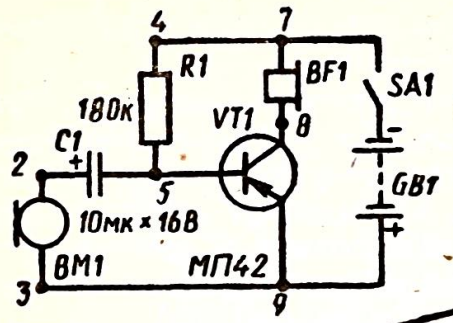


Рис. 9

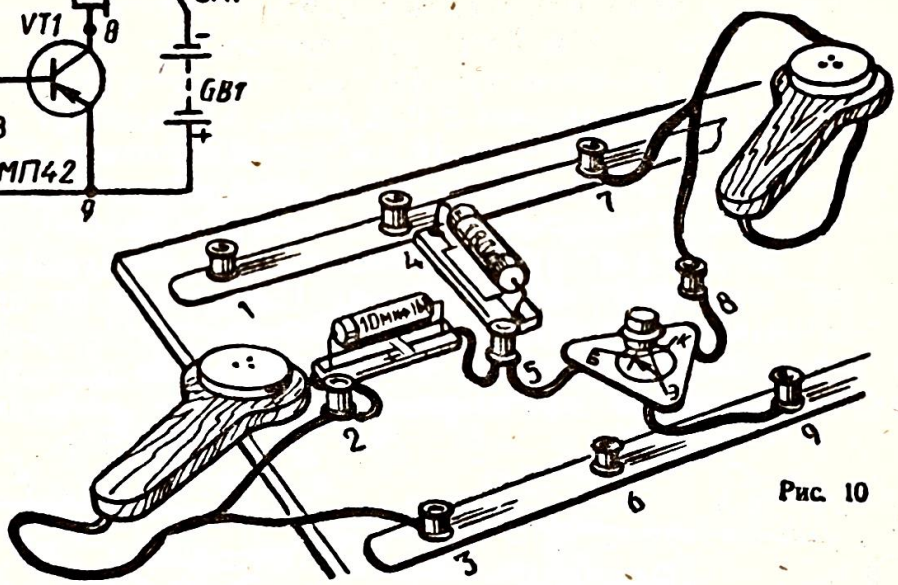


Рис. 10

упрощают сборку конструкции, что она становится доступной даже первокласснику после нескольких первых занятий.

После освоения начинающими юными техниками навыков чтения и сборки радиоэлектронных схем переходят к следующему по сложности этапу изучения основ радиоэлектроники. На этом этапе учащимся предлагается для сборки схем пользоваться принципиальными схемами прилагаемых конструкций, на которых точки подключения деталей к клеммам верхнего и нижнего рядов и точки соединения деталей между собой пронумерованы. Все клеммы монтажной платы, как было сказано выше, тоже пронумерованы. При этом номера точек на принципиальных схемах соответствуют номерам клемм на монтажной плате. На рисунках 9 и 10 этот способ сборки показан на примере однотранзисторного усилителя звуковой частоты (УЗЧ).

К набору, кроме принципиальных схем, прилагаются плакаты размерами 60×90 см, на которых эти схемы начерчены крупным планом. Плакаты предназначены для руководителя кружка, который использует их для ознакомления группы начинающих юных техников с принципами работы устройств и сообщения им практических советов по сборке.

Использование в качестве источника питания батареи элементов напряжением 4,5 В и сборка конструкций без электрической пайки обеспечивают соблюдение требований безопасного труда. Это делает набор удобным для использования не только в школе, но и в пионерских лагерях, где, как правило, отсутствуют оборудованные помещения.

В нашей школе набор «Азбука-2» помогает изучать основы радиоэлектроники учащимся III—IV классов, занятия с которыми проводят учитель или инструкторы-общественники (школьники

VII—IX классов, кружковцы). Набор также широко используется на занятиях трудового обучения при изучении элементов электротехники и радиоэлектроники и на уроках физики для проведения кратковременных фронтальных опытов по основам электрорадиотехники при изучении соответствующих тем в старших классах (электрический ток, напряжение, сопротивление; параллельное, последовательное и смешанное соединения проводников; электромагнит и электромагнитное реле; устройство микрофона и телефона; полупроводниковый диод, транзистор, фоторезистор; фотореле, усилитель звуковой частоты; принцип радиосвязи и работы радиоприемника и т. д.).

Для работы в кружке учащихся V—VI классов нами разработана другая модификация набора «Азбука», в котором используемые детали (аналогичные применяемым в наборе «Азбука-2») не имеют опорных площадок графических обозначений. Монтаж конструкции ведется на специальной макетной плате с помощью электрической пайки. Этот набор мы называем «Азбука-3».

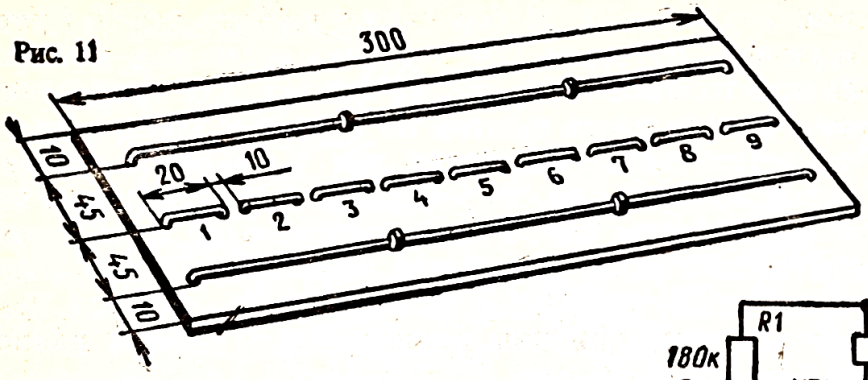
Макетная плата представляет собой жесткую основу из диэлектрика (картон, фанера, текстолит и т. д.) размерами 11×30 см (рис. 11). Вдоль платы на расстоянии 1 см от краев протянуты залуженные медные провода диаметром 1 мм, а в средней ее части расположены девять опорных площадок. Они образованы из залуженных медных проводов диаметром 1 мм и длиной 40 мм. Часть этого провода длиной 20 мм служит в качестве опорной площадки, а концы по 10 мм пропущены в отверстия в плате и на обратной стороне загнуты навстречу друг другу. Расстояние между площадками составляет 10 мм. Для сборки конструкций, содержащих большое количество деталей, можно сделать макетные платы с бóльшим числом опорных площадок. В отличие от монтажной платы набора «Азбука-2» у макетной платы пронумерованы только опорные площадки. Также пронумерованы узлы на принципиальных схемах, которые соединяются посредством пайки на опорной площадке (рис. 12 и 13).

Учащиеся V—VI классов, впервые приступающие к изучению основ радиоэлектроники, сначала приобретают навыки чтения электрических схем и сборки конструкций на базе набора «Азбука-2», затем переходят к освоению набора «Азбука-3». Занятия с ними проводят кружковцы IX—X классов или студенты — бывшие члены кружка.

Набор «Азбука-3» широко используется начинающими руководителями для кружковой работы с учащимися VII—VIII классов.

Набор-конструктор «Азбука-1», предназначенный для работы с учащимися I—II классов, является упрощенным вариантом набора-конструктора «Азбука-2». Он содержит всего 25 деталей, из которых можно собрать около 40 конструкций. Монтажная плата набора содержит 18 клемм (рис. 14). Все конструкции собираются с применением шаблонов, принципиальные схемы на которых выполнены в цвете. Так, условные графические обозначения резисторов 2 кОм даны красным цветом, 180 кОм — синим, а 10 кОм —

Рис. 11



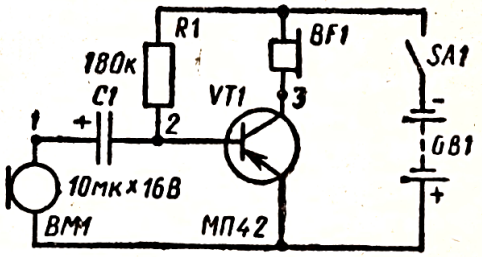


Рис. 12

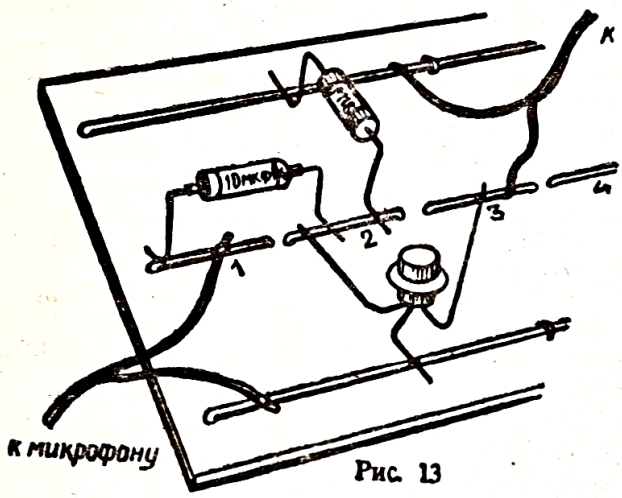


Рис. 13

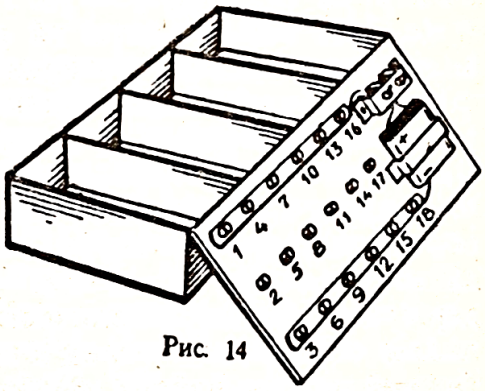


Рис. 14

зеленым. Сами детали тоже покрашены в соответствующие цвета. Использование цвета для распознавания деталей и чтения схем-шаблонов помогает малышам быстрее начать собирать несложные радиоэлектронные устройства.

На базе каждой модификации набора «Азбука» разработана своя система, состоящая из 30 двухчасовых занятий. Занятия с учащимися I—II классов состоят из двух 30-минутных уроков, занятия с учащимися III—IV классов — из двух 45-минутных уроков. Перерывы, устраиваемые после первой половины занятий и продолжающиеся по 15 мин, используются для отдыха кружковцев, организации подвижных игр, чаще всего с применением имеющихся в кабинете самодельных технических устройств.

Несколько занятий (5—6 в течение года) в I—IV классах посвящается изучению необходимого лабораторного оборудования физического кабинета (ключи, реостаты, электрические звонки, электродвигатели и т. д.) и сборке с его применением электрических цепей. В V—VI классах это время отводится изготовле-

нию действующего электронного изделия, как правило (по желанию детей), радиоприемника прямого усиления 2—*V*—1. Занятия помогают ознакомиться с процессом составления и изготовления печатной платы и монтажом радиодеталей на ней.

Рассмотрим в качестве примера содержание ряда занятий физико-технического кружка с использованием набора «Азбука-2».

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРА НА ЗАНЯТИЯХ В КРУЖКЕ

Примерный тематический план занятий, проводимых с набором «Азбука-2»

Занятие 1. Электрическая цепь. Электрический ток.
Занятие 2. Электрическое напряжение.
Занятие 3. Электрическое сопротивление проводников.
Занятие 4. Последовательное, параллельное и смешанное соединения проводников.
Занятие 5. Резисторы.
Занятие 6. Полупроводниковый диод.
Занятие 7. Транзистор.
Занятие 8. Электромагнит. Головные телефоны.
Занятие 9. Звук. Простейшее переговорное устройство.
Занятие 10. Конденсаторы.
Занятие 11. Усилитель звуковой частоты на одном транзисторе.
Занятие 12. Переговорное устройство на одном транзисторе.
Занятие 13. Усовершенствованное переговорное устройство.
Занятие 14. Усилитель звуковой частоты на двух транзисторах.
Занятие 15. Переговорное устройство на двух транзисторах.
Занятие 16. Мультивибратор.
Занятие 17. Исследование работы мультивибратора.
Занятие 18. Генератор азбуки Морзе.
Занятие 19. Мультивибратор с усилителем.
Занятие 20. Электронные переключатели-«мигалки».
Занятие 21. Телефон с вызовом.
Занятие 22. Электромагнитное реле.
Занятие 23. Фотореле.
Занятие 24. Реле времени.
Занятие 25. Электронные «клад» и «кладоискатель».
Занятие 26. Детекторный радиоприемник.
Занятие 27. Усовершенствование детекторного радиоприемника.
Занятие 28. Радиоприемник прямого усиления.
Занятие 29. Проведение соревнований по скоростной сборке радиоэлектронных схем.
Занятие 30. Повторение. Подведение итогов работы по изучению радиоэлектроники с помощью наборов «Азбука».

В связи с тем что занятия проводятся с учащимися, еще не изучавшими физику, объяснение принципа работы радиоэлектронных устройств дается в упрощенном виде с учетом возраста учащихся и уровня их знаний.

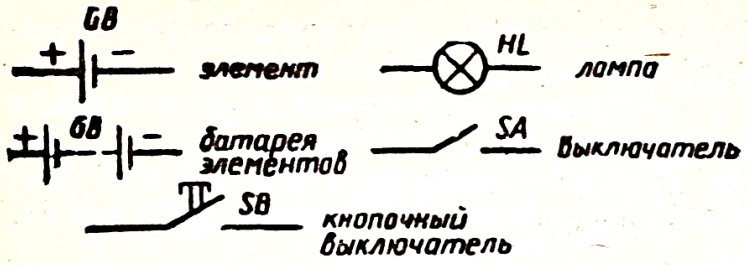


Рис. 15

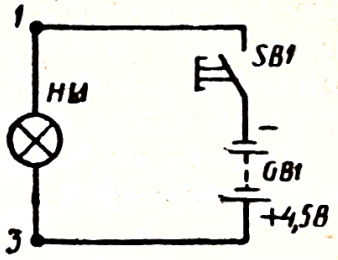


Рис. 16

Занятие 1. Электрическая цепь. Электрический ток

Электрическая энергия играет большую роль в нашей жизни. Она широко применяется на производстве, транспорте, в быту. В природе существует два вида зарядов, упорядоченное движение которых называют электрическим током. Одноименные заряды отталкиваются, разноименные притягиваются. Это можно проверить на простых опытах. Элементы электрической цепи имеют свои условные графические обозначения. Условные обозначения гальванического элемента, батареи элементов, электрической лампы, выключателя и кнопки приведены на рисунке 15. На примере простой электрической цепи (рис. 16) можно показать одно из действий электрического тока.

Занятие 2. Электрическое напряжение

Необходимыми условиями существования электрического тока в цепи являются замкнутость электрической цепи и наличие в ней электрического напряжения. При наличии напряжения в цепи создается ток. Чем больше напряжение на участке цепи, тем больше сила тока. Напряжение 220 В, применяемое в быту, опасно для жизни!

Примечание. На занятиях учащимся предлагаются вопросы, ответы на которые показывают понимание изучаемой темы. Например, на занятии 2 могут быть поставлены следующие вопросы: изменится ли накал лампы в цепи (рис. 17) при обрыве провода, подключенного к точкам *2* и *3*? Почему? Когда накал лампы будет больше: при использовании в цепи элемента с напряжением 1,5 В или батареи с напряжением 4,5 В? Почему? Можно ли эту лампу включить в сеть с напряжением 220 В?

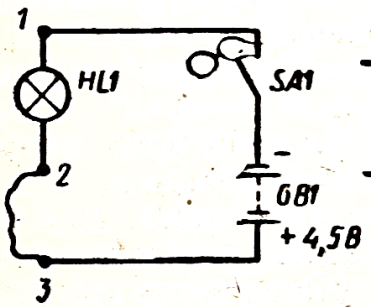


Рис. 17

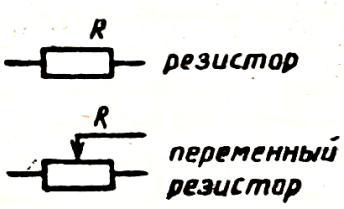


Рис. 18

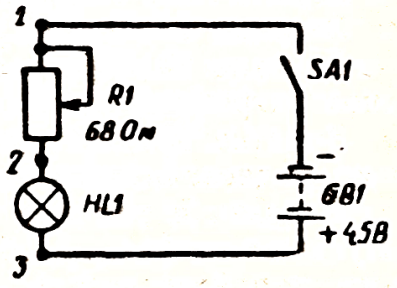


Рис. 19

Занятие 3. Электрическое сопротивление проводников

Все электрические приборы, устройства, проводники в той или иной степени сопротивляются движению зарядов, т. е. протеканию тока. Говорят, что электрический ток испытывает сопротивление. Сопротивление измеряют в омах, сокращенно — Ом. Специальные устройства, обладающие сопротивлением, называют резисторами. Условные графические обозначения показаны на рисунке 18. Меняя сопротивление переменного резистора *R1*, включенного в цепь питания лампы *HL1* (рис. 19), следим за яркостью лампы. В результате наблюдений делаем вывод: с увеличением сопротивления резистора яркость лампы (а следовательно, сила тока) уменьшается, а с уменьшением сопротивления, наоборот, яркость лампы увеличивается.

Обобщая наблюдения первых трех занятий, приходим к качественному выводу закона Ома: сила тока в цепи увеличивается с увеличением напряжения и уменьшением сопротивления.

При коротком замыкании в цепи из-за очень малого сопротивления устанавливается значительный ток, который выводит источник тока (батарею элементов) из строя. Не допускайте короткого замыкания!

Занятие 4. Последовательное, параллельное и смешанное соединения проводников

Обычно к одному и тому же источнику тока подключают несколько потребителей тока. Они могут быть соединены между собой последовательно, параллельно и смешанно.

При последовательном соединении сила электрического тока одинакова на всех участках цепи. Лампы, соединенные последовательно (рис. 20), светятся слабее, чем тогда, когда в цепь включена лишь одна из них. При последовательном соединении общее сопротивление потребителей тока равно сумме сопротивлений каждого из них. При одинаковой силе тока на участке с большим сопротивлением напряжение больше, чем на участке с малым сопротивлением. Общее напряжение, подводимое к цепи при последовательном соединении, равно сумме напряжений на отдельных участках. Так как сопротивления ламп одинаковы, то напряжение на каждой из них (см. рис. 20) в два раза меньше напряжения

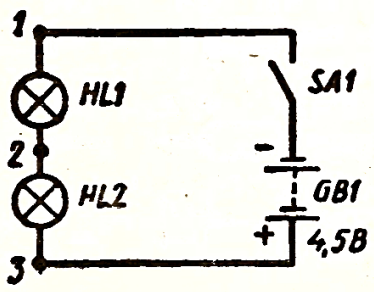


Рис. 20

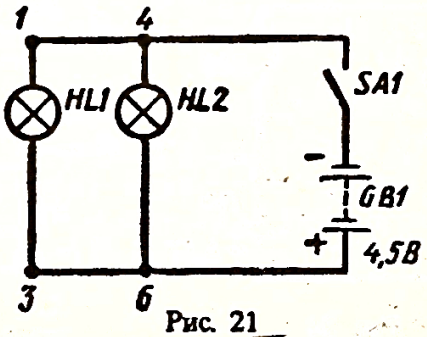


Рис. 21

батареи. Лампы в елочных гирляндах соединены последовательно, и напряжение сети 220 В они «делят» между собой. При перегорании одной из них ток в цепи прекращается, гаснут все лампы. В этом недостаток последовательного соединения.

При параллельном соединении ламп (рис. 21) к каждому участку цепи подводится полное напряжение источника тока. Общая сила тока в цепи складывается из силы токов, протекающих по отдельным ветвям. Общее сопротивление при таком соединении уменьшается и всегда меньше, чем у участка с наименьшим сопротивлением. При перегорании (выключении) одной из ламп, соединенных параллельно, другая продолжает гореть так же ярко, как и раньше. Все потребители тока в быту (телевизор, холодильник, осветительные лампы и т. д.) соединены параллельно, и выключение любого из них практически не влияет на работу других.

На практике часто используют смешанное соединение различных участков электрических цепей, включающее в себя последовательное и параллельное соединения. Схемы таких соединений показаны на рисунках 22 и 23. В первом случае лампы *HL1* и *HL2* соединены параллельно, а переменный резистор *R1* подключен к ним последовательно. Меняя сопротивление резистора вращением ручки, можно регулировать силу тока, проходящего по лампам. Во втором случае (см. рис. 23) переменный резистор подключен параллельно к лампе *HL1*. Изменение сопротивления резистора влияет на яркость (силу тока) обеих ламп. На этом же примере объясняется шунтирующее действие малого сопротивления резистора, включенного параллельно к лампе *HL1*.

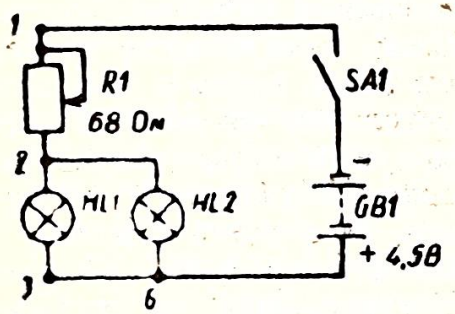


Рис 22

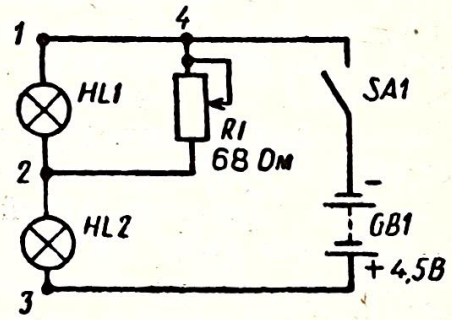


Рис. 23

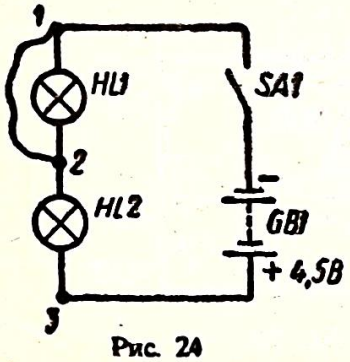


Рис. 24

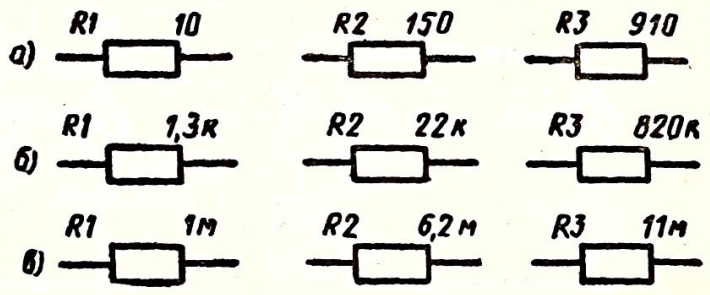


Рис. 25

Далее с учащимися можно рассмотреть путь прохождения тока по рисунку 24, где параллельно к лампе *HL1* подключен кусок провода, и предложить ответить на вопросы: каково свечение ламп в цепи (см. рис. 24)? Какие изменения произойдут в свечении ламп при обрыве провода *1—2*? Где это можно использовать? Справедливость выводов проверяют на опытах.

Занятие 5. Резисторы

Резисторы — наиболее распространенные радиодетали. Их основное назначение состоит в том, чтобы оказывать сопротивление проходящему по ним току. Сопротивления резисторов, как уже было сказано ранее, измеряют в омах. Бывают резисторы, сопротивления которых составляют тысячи или даже миллионы омов. Поэтому используют более крупные единицы — килоомы, мегаомы. Соотношение между ними следующее:

1 МОм = 1 000 кОм = 1 000 000 Ом; 1 кОм = 1 000 Ом.

На электрических схемах рядом с условными графическими обозначениями резистора проставляют его сопротивление. Сопротивления менее килоома обозначают в омах (рис. 25, *а*). Сопротивления от килоома и выше, но менее мегаома обозначают в килоомах с добавлением к числу килоом буквы «к» (рис. 25, *б*). От мегаома и выше сопротивления обозначают в единицах мегаом с добавлением буквы «М» (рис. 25, *в*).

На всех малогабаритных резисторах даны номинальные сопротивления и допустимые отклонения от них. При этом Ом обозначают буквой «Е», кОм — «К», МОм — «М». Если номинальное сопротивление выражено целым числом, то обозначение единицы сопротивления ставят после числа. Например: 68Е = 68 Ом, 51К = = 51 кОм, 10М = 10 МОм.

Если же номинальное сопротивление выражено десятичной дробью, меньшей единицы, то вместо нуля целых и запятой впереди цифры ставят обозначение единицы измерения. Например: К27 = 0,27 кОм = 270 Ом, М82 = 0,82 МОм = 820 000 Ом.

В том случае, когда номинальное сопротивление выражается целым числом с десятичной дробью, вместо запятой после целого числа ставят обозначение единицы сопротивления. Например: 3К3 = 3,3 кОм = 3 300 Ом, 4М7 = 4,7 МОм = 4 700 000 Ом.

Допустимые отклонения сопротивления от номинала обозначают буквами: Р — ±1%, Л — ±2%, И — ±5%, С — ±10%, В — ±20%. Если на резисторе написано 22ЕИ, это значит 22 Ом ±5%; 1К5С означает 1,5 кОм ± 10%.

Часто резисторы приходится соединять последовательно или параллельно. При последовательном соединении общее сопротивление находят, складывая сопротивления всех резисторов (рис. 26). При параллельном соединении двух резисторов результирующее сопротивление цепи рассчитывают по формуле (рис. 27)

$$R_{об} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}.$$

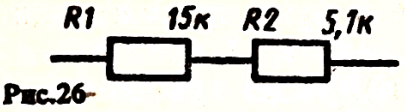


Рис.26

$R_{общ} = R1 + R2 = 15кОм + 5,1кОм = 20,1кОм$

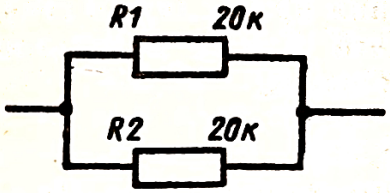


Рис.27

$R_{общ} = \frac{R}{2} = \frac{20кОм}{2} = 10кОм$

При параллельном соединении одинаковых резисторов общее сопротивление уменьшается во столько раз, сколько резисторов содержится в схеме.

Занятие 6. Полупроводниковый диод

Все вещества, встречающиеся в природе, по своим электропроводным свойствам делятся на три большие группы: проводники, изоляторы и полупроводники.

Из занятия 1 известно, что носителями тока в металлах являются отрицательно заряженные частицы — электроны. В полупроводниках электрический ток, кроме электронов, еще создается положительно заряженными частицами, называемыми дырками. (Учащимся младших классов, для работы с которыми предназначены описываемые занятия, вполне доступны упрощенные изложения понятий об электронах и дырках.) Полупроводники, в которых ток создается движением электронов, называют полупроводниками *n*-типа (от латинского слова negativ — отрицательный), а полупроводники, в которых ток обусловлен движением дырок,— полупроводниками *p*-типа (от латинского слова positiv — положительный).

Из полупроводников *n*- и *p*-типа изготавливают радиодетали, называемые диодами, устройство и условные графические обозначения диодов показаны на рисунке 28. Область диода, содержащая

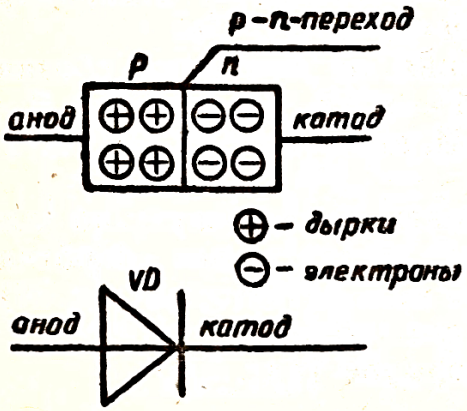


Рис. 28

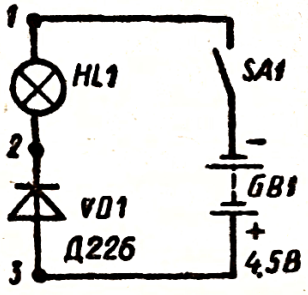


Рис. 29

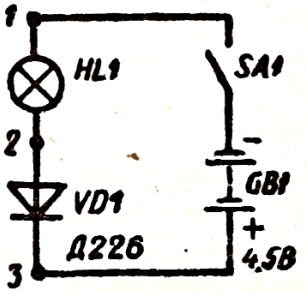


Рис. 30

избыток дырок (полупроводник *p*-типа), носит название анод, а область с избыточным числом электронов (полупроводник *n*-типа) — катод. Границу раздела между этими областями называют *p—n*-переходом. Сопротивление *p—n*-перехода значительно зависит от способа включения диода в электрическую цепь; диод пропускает ток только в одном направлении — от анода к катоду.

Проведем несколько опытов с применением диодов.

Опыт 1 (рис. 29). Лампа *HL1* и диод *VD1* включены последовательно. Лампа светит, поскольку диод, включенный в таком направлении (анодом к положительному полюсу источника тока), пропускает ток.

Опыт 2 (рис. 30). Лампа *HL1* и диод *VD1* включены последовательно, но лампа не светит. Диод, включенный катодом к положительному полюсу батареи, ток не пропускает.

Теперь мы убедились, что диод пропускает ток только в одном направлении. Сопротивление диода в прямом направлении очень малое — несколько омов. Сопротивление диода в обратном направлении весьма значительно и составляет несколько тысяч омов.

Для закрепления полученных знаний учащимся предлагается проделать опыты 3, 4, 5 и ответить на ряд вопросов.

Опыт 3 (рис. 31). Почему лампа *HL1* светит, а лампа *HL2* не светит?

Опыт 4 (рис. 32). Почему лампа *HL2* светит ярко, а лампа *HL1* — тускло или совсем не светит?

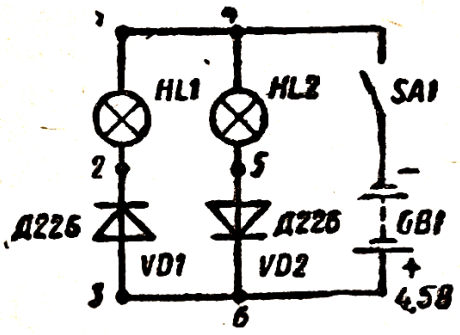


Рис. 31

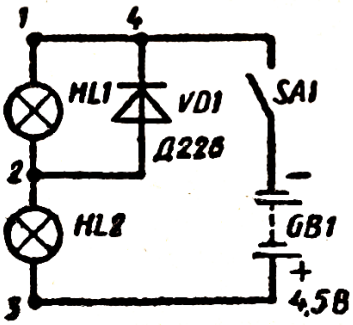


Рис. 32

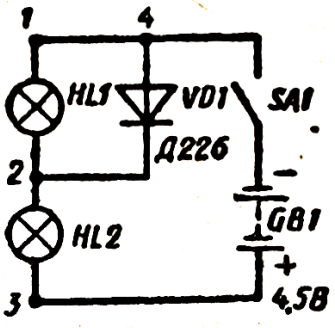


Рис. 33

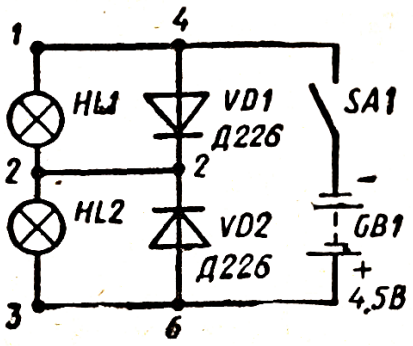


Рис. 34

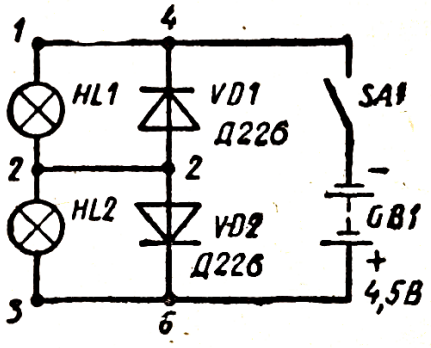


Рис. 35

Опыт 5 (рис. 33). Почему обе лампы светят одинаково ярко? Посмотрев на схемы (рис. 34 и 35), скажите, в каком случае и какие лампы светят. Вывод проверьте опытом. В каждом случае укажите путь тока.

Занятие 7. Транзистор

Транзистор — это полупроводниковый прибор, который в отличие от диодов состоит из трех чередующихся областей разной проводимости. Если крайние области транзистора образованы из полупроводника с дырочной проводимостью (*р*-типа), а средняя — из полупроводника с электронной проводимостью (*n*-типа), то такой транзистор называют транзистором *р—n—р*-структуры. У транзистора *n—р—n*-структуры, наоборот, средняя область образована из полупроводника с дырочной проводимостью, а крайние — из полупроводника с электронной проводимостью. Схематическое устройство и условные графические обозначения транзисторов обоих типов показаны на рисунке 36. Среднюю область транзистора называют базой *(Б)*, одна из крайних областей имеет название эмиттера *(Э)*, другая — коллектора *(К)*. На схемах эмиттерный вывод транзистора обозначают стрелкой, которая указывает на направление протекающего через транзистор тока.

Упрощенно транзистор можно представить как два навстречу друг другу включенных диода, имеющих общую область — базу. Например, условно транзистор *р—n—р*-структуры можно представить так, как показано на рисунке 37. У транзистора есть два *р—n*-перехода: между коллектором и базой — коллекторный, между эмиттером и базой — эмиттерный. В их односторонней проводимости можно убедиться на простых опытах, схемы которых приведены на рисунке 38, где коллекторные эмиттерные *р—n*-переходы транзистора условно показаны пунктиром. На рисунках 38, *а* и *в* соответствующие *р—n*-переходы транзистора включены в прямом направлении, о чем свидетельствует свечение последовательно с ними включенных ламп, а на рисунках 38, *б* и *г* *р—n*-переходы закрыты, ток в цепи отсутствует.

Весьма упрощенно транзистор можно представить как резистор, одним выводом которого является эмиттер, другим — кол-

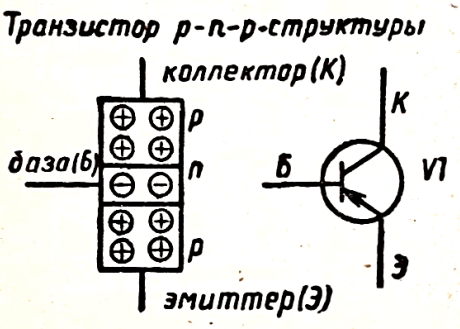


Рис. 36 - 1

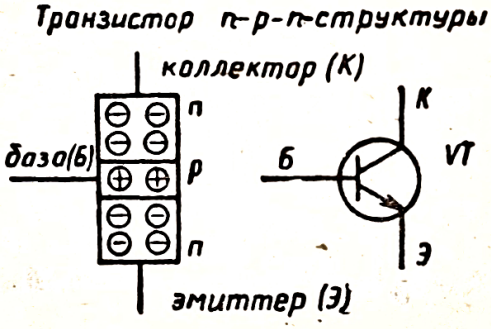


Рис. 36 - 2

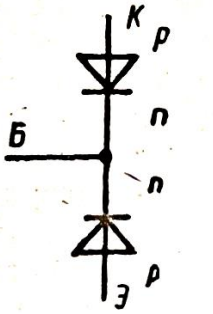


Рис. 37

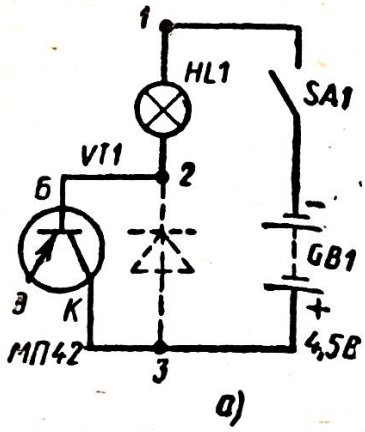


Рис. 38 – 1

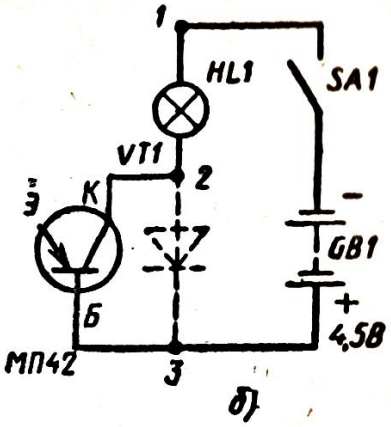


Рис. 38 – 2

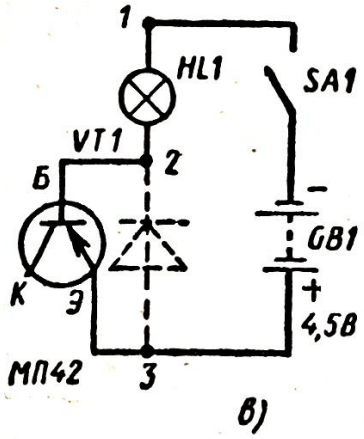


Рис. 38 – 3

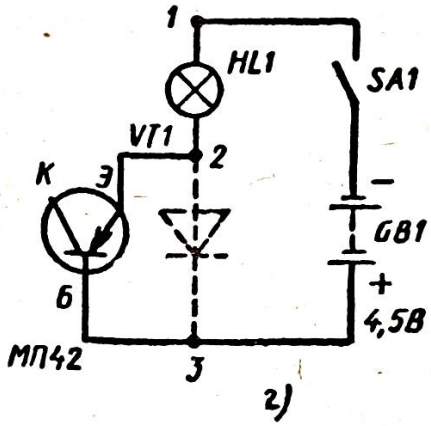


Рис. 38 – 4

лектор. Сопротивление такого резистора зависит от напряжения на базе относительно эмиттера. База транзистора, расположенная между эмиттером и коллектором, оказывает управляющее действие на его проводимость (сопротивление).

Следующие опыты, схемы которых приведены на рисунках 39 и 40, помогут понять принцип работы транзистора. Если положительный полюс батареи подключен к эмиттеру (см. рис. 39), а отрицательный через нить накала лампы соединен с коллектором,

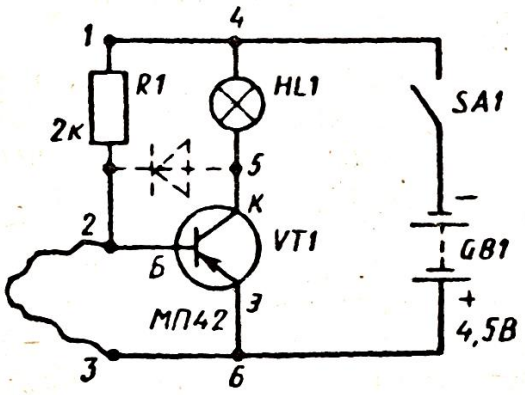


Рис. 39

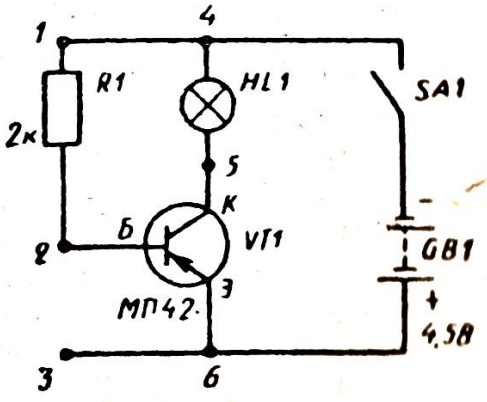


Рис. 40

то сила коллекторного тока зависит от того, какое напряжение подается на базу относительно эмиттера. В этом случае база проводником замкнута с эмиттером (замкнут эмиттерный *p—n*-переход) накоротко. В цепи остался как бы только коллекторный *p—n*-переход (показан пунктиром), на который подано запирающее напряжение, ток через лампу равен нулю — транзистор закрыт. При удалении перемычки (см. рис. 40) лампа загорается: в коллекторной цепи появляется ток. Причиной этого является незначительный ток, протекающий через эмиттерный *p—n*-переход и базовый резистор *R1*, который создает на базе некоторое отрицательное напряжение относительно эмиттера. Причем оно к эмиттерному переходу прилагается в прямом направлении, уменьшая его сопротивление и способствуя поступлению в область базы положительных зарядов (дырок) от источника тока. Этот ток, называемый базовым, открывает коллекторный переход. При этом транзистор открывается, и по цепи эмиттер — коллектор — лампа протекает коллекторный ток, в десятки раз превосходящий силу базового тока, которым он вызван. В этом случае транзистор служит усилителем тока.

В описанных опытах транзистор находится либо в закрытом состоянии, когда его переходы имеют большое сопротивление и ток через них не проходит, либо в открытом, когда небольшой базовый ток резко уменьшает сопротивление эмиттерного и коллекторного переходов, вызывая появление в цепи значительного тока, способного зажечь лампу. Такой режим работы транзистора, когда он находится в открытом или закрытом состоянии, называют режимом переключения, широко используют в приборах и устройствах электронной автоматики.

В заключение этого занятия учащимся предлагается подумать о практическом применении устройства, схема которого приведена на рисунке 39 (при обрыве провода, замыкающего эмиттерный переход, загорается лампа).

Занятие 8. Электромагнит. Головные телефоны

Прохождение тока по проводам сопровождается различными явлениями: тепловыми, химическими, магнитными. Вокруг любого проводника с электрическим током возникает магнитное поле. Для усиления магнитных свойств провод наматывают в виде катушки, внутри которой располагают стальной стержень, называемый ферромагнитным. На рисунке 41 показаны условные графические обозначения катушки без сердечника и с ферромагнитным сердечником. Катушку с ферромагнитным сердечником внутри называют электромагнитом (рис. 42).

Учащимся предлагается убедиться в том, что помещенная в наборе катушка с ферромагнитным сердечником магнитными свойствами не обладает: не притягивает ни мелкие гвозди, ни кнопки, ни болтики. А затем они собирают электрическую цепь согласно рисунку 43 и убеждаются в том, что стержень электромагнита

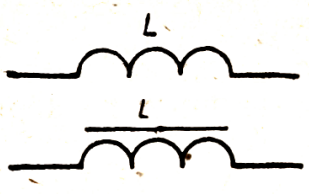


Рис. 41

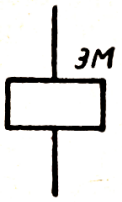


Рис. 42

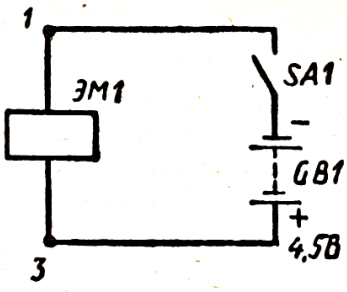


Рис. 43

при прохождении тока по обмотке становится магнитом (притягивает к себе мелкие стальные предметы). При отключении тока магнитные свойства стержня вновь пропадают. Один конец электромагнита, как у всех магнитов, является северным полюсом, другой — южным. Какой из концов электромагнита является северным, а какой южным полюсом, зависит от направления протекающего через катушку электрического тока. В этом школьники убеждаются, поднося к катушке электромагнита предварительно намагниченную стальную иглу или магнитную стрелку. Одноименные полюсы катушки и иглы (стрелки) отталкиваются, разноименные — притягиваются.

На основе взаимодействия электромагнита и стальной пластины (мембраны) основана работа головных телефонов (наушников) (рис. 44). В телефонном капсюле находится стальная пластинка — мембрана. Под ней — дугообразный намагниченный стержень, на который насажены соединенные последовательно две катушки из большого числа тонкого эмалированного медного провода. Концы катушек соединены с наружным шнуром. Под действием постоянного магнита мембрана прогибается в середине (рис. 45 — сплошная линия), не соприкасаясь со стержнем. Электрический ток, текущий через катушки, в зависимости от направления может усилить намагниченность стержня или ослабить. При этом мембрана прогибается сильнее (нижняя пунктирная линия) или слабее (верхняя пунктирная линия), чем при отсутствии тока. Если через катушки телефона пропустить ток переменной силы и направления, то в такт изменениям тока мембрана будет совершать движения в ту или иную сторону по сравнению с первоначальным положением. В этом учащиеся могут убедиться, включая

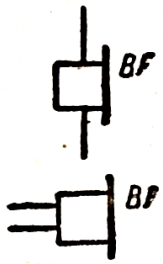


Рис. 44

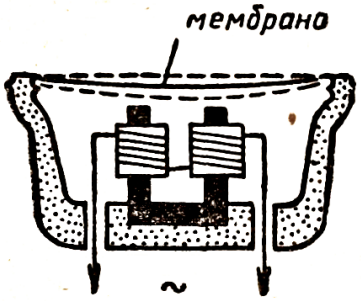


Рис. 45

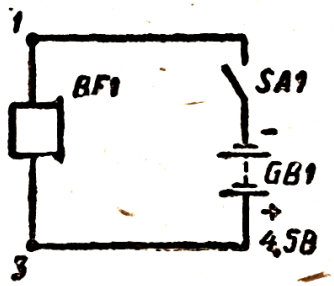


Рис. 46

и выключая цепь питания телефона и меняя направление тока изменением полярности его включения (рис. 46).

В электрическую цепь телефонный капсюль нужно включать с учетом полярности, т. е. знаков «+» и «—», нанесенных на корпус около выводов.

Занятие 9. Звук. Простейшее переговорное устройство

Мы живем в мире, наполненном разными звуками: человеческая речь, музыка, шум ветра, раскаты грома и многое другое. Звуки создаются колеблющимися телами: линейка, зажатая с одного конца, струна гитары, крылья насекомых (муха, шмель, комар). Звук издает любой предмет, колеблющийся чаще чем 16—20 раз в секунду. Число колебаний в секунду называют частотой. Измеряют частоту в герцах, сокращенно — Гц. Частоте колебания в 1 Гц соответствует одно колебание в секунду. Чем чаще колеблется тело, тем выше издаваемый звук.

Громкость звука зависит от того, с каким размахом колеблется тело, издающее звуковые волны. Размах колебаний называют амплитудой, которая наряду с частотой является важной характеристикой звука. Чем больше амплитуда колебаний тела, тем громче звук.

На занятии 8 было установлено, что электрический ток, протекающий по катушке, создает вокруг нее магнитное поле, которое намагничивает расположенный внутри катушки стержень. В свою очередь магнитное поле тоже может создать ток в катушке. Схема опыта, подтверждающего сказанное, показана на рисунке 47, где два телефонных капсюля соединены параллельно друг другу.

Если у капсюля *BF1* снять крышку с мембраной и каким-нибудь постоянным магнитом касаться выступающих концов стержня, то в телефоне *BF2* возникают щелчки, свидетельствующие о появлении в его катушках электрического тока. Внимание учащихся обращают на то, что щелчки возникают только в момент соприкосновений (намагниченность стержня увеличивается) и разъединений (намагниченность стержня уменьшается) магнита и концов стержня, находящегося внутри катушки. При их неподвижном состоянии относительно друг друга, когда намагниченность стержня не меняется, ток в цепи не возникает. Это очень важно!

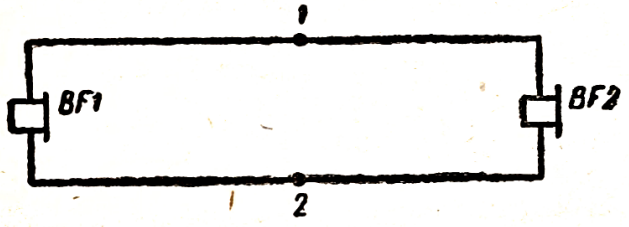


Рис. 47

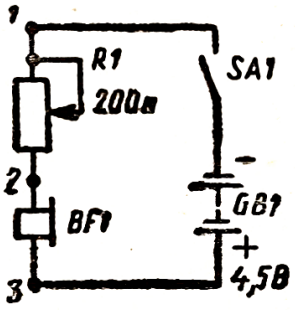


Рис. 48

Только переменное магнитное поле порождает электрический ток в замкнутом проводящем контуре.

Примечание. На этом занятии для доступного объяснения учащимся явления электромагнитной индукции можно использовать соответствующее оборудование физического кабинета.

Теперь, установив мембрану телефона *BF1* (см. рис. 47) на место, несколько раз пальцем нажимают на нее и отпускают. При этом в телефоне *BF2* слышатся отчетливые щелчки. Причиной их возникновения опять же являются токи, порожденные в катушках телефона *BF1* изменением магнитного поля стержня вследствие изменения воздушного зазора между мембраной и концами намагниченного стержня. Эти токи, протекая через катушки параллельно подключенного телефона *BF2*, меняют намагниченность его стержня, заставляя двигаться мембрану то в одну, то в другую сторону, т. е. колебаться.

Данную конструкцию, состоящую из двух параллельно соединенных капсюлей, можно использовать в качестве переговорного устройства. Для этого нужно говорить в любой из телефонов, а в другом эти звуки будут отчетливо слышны.

В заключение можно проделать опыт, схема которого дана на рисунке 48: переменным резистором *R1* можно регулировать силу тока, проходящего через катушки телефона *BF1*. Включая и выключая электрическую цепь при разных положениях ручки переменного резистора, можно сделать вывод, что громкость звучания щелчков (амплитуда) в телефоне тем больше, чем больше сила тока в цепи (меньше сопротивление).

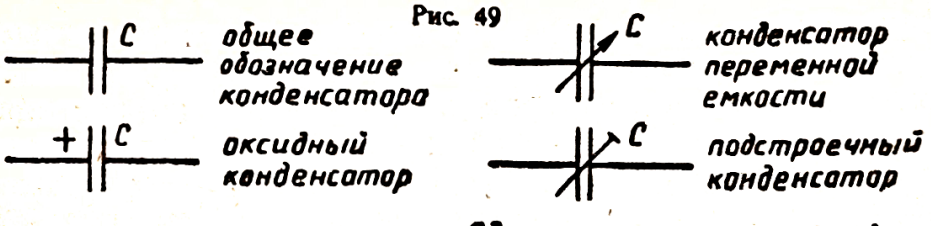
Занятие 10. Конденсаторы

Если взять две металлические пластины, расположенные близко друг к другу, и подключить их к источнику тока, то на них накопится некоторое количество зарядов. Они останутся там и после отключения цепи питания. На пластине, которую подключали к выводу «+» батареи, заряды будут положительные, на другой, подключенной к выводу «—»,— отрицательные. Разноименные заряды, притягиваясь друг к другу, остаются на пластинах. Но они не могут притянуться друг к другу, так как между пластинами — изолятор. Такой накопитель зарядов, состоящий из двух пластин, разделенных изолятором, называют конденсатором. Условные графические обозначения конденсаторов показаны на рисунке 49. Свойство конденсаторов накапливать заряды характеризуется величиной, называемой емкостью. Емкость конденсатора зависит от размеров его пластин, расстояния между ними и типа изолятора. Измеряют ее в фарадах (Ф) и меньших единицах — микрофарадах (мкФ), нанофарадах (нФ) и пикофарадах (пФ). Между ними существует такое соотношение.

1 Ф = 1 000 000 мкФ = 1 000 000 000 нФ = 1 000 000 000 000 пФ.

На практике емкость измеряют в микрофарадах, нанофарадах и пикофарадах.

Рис. 49



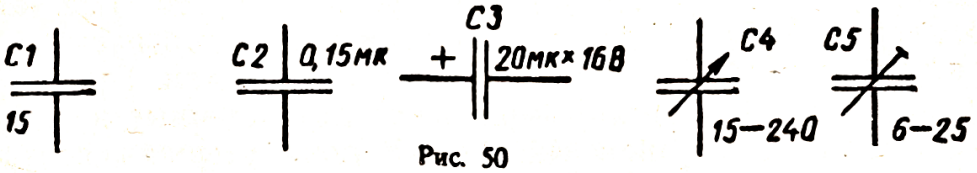


Рис. 50

На корпусах конденсаторов буквой «П» обозначают пикофарады, буквой «Н» — нанофарады и буквой «М» — микрофарады. Обозначение единицы емкости ставят:

впереди числа, если емкость выражается долями единицы:

П33 = 0,33 пФ, Н33 = 0,33 нФ = 330 пФ, М33 = 0,33 мкФ = = 330 000 пФ;

вместо запятой, если емкость составляет целое число с дробью:

3П3 = 3,3 пФ, 3Н3 = 3,3 нФ = 3 300 пФ, 3М3 = 3,3 мкФ = = 3 300 нФ = 3 300 000 пФ;

после числа, если емкость выражается целым числом:

33П = 33 пФ, 33Н = 33 нФ = 33 000 пФ, 33М = 33 мкФ = = 33 000 нФ = 33 000 000 пФ.

Допустимые отклонения емкости обозначают так же, как и у резисторов: Р — ±1%, Л — ±2%, И — ±5%, С — ±10%, В — ±20%.

Например, если на корпусе конденсатора есть надпись М47И, то это расшифровывается так: 0,47 мкФ±5%, 6Н8С означает 6,8 нФ±10%.

На принципиальных электрических схемах принята другая система обозначения конденсаторов. При емкости менее 0,01 мкФ = = 10 000 пФ ставят число пикофарад. Например: 10, 150, 9100. Для емкости 0,01 мкФ и более ставят число микрофарад с добавлением надписи «мк». Например: 0,02 мк, 0,1 мк, 10 мк. Для оксидных (электролитических) конденсаторов указывают еще номинальное напряжение. Например: 10 мк×10 В, 100 мк×25 В.

Кроме конденсаторов, обладающих постоянной емкостью, в радиоэлектронике широко используют конденсаторы переменной емкости и подстроечные конденсаторы, у которых при вращении пластин относительно друг друга емкость изменяется в заданных интервалах. На электрических схемах для конденсаторов переменной емкости и подстроечных конденсаторов указывают пределы изменения емкости при крайних положениях вращающейся части. Например, в записи 10—180, 6—470 цифры выражают емкость в пикофарадах. На рисунке 50 приведены примеры обозначений конденсаторов на схемах.

На практике конденсаторы часто соединяют параллельно (рис. 51, *а*) или последовательно (рис. 51, *б*). При параллельном

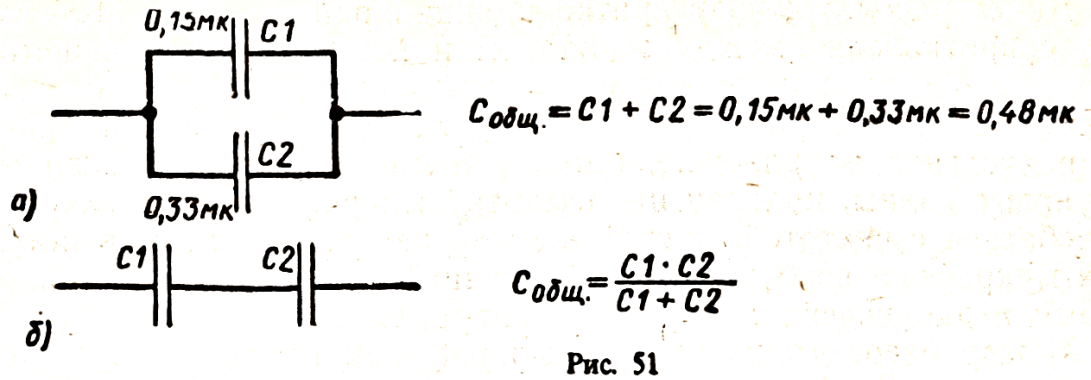


Рис. 51

соединении общая емкость равна сумме емкостей соединяемых конденсаторов, т. е. $C_{об} = C1 + C2$.

При последовательном соединении конденсаторов общая емкость цепочки всегда меньше наименьшей емкости используемых конденсаторов и подсчитывается по формуле

$$C_{об} = \frac{C1 \cdot C2}{C1 + C2}.$$

Если емкости последовательно соединяемых конденсаторов одинаковы, то их общая емкость будет меньше емкости каждого из них во столько раз, сколько их содержится в цепочке.

Занятие 11. Усилитель звуковой частоты на одном транзисторе

Устройство, которое преобразует звуковые волны в электрические сигналы (электрический ток), называют микрофоном. Его условное графическое обозначение приведено на рисунке 52. Роль микрофона может выполнять и телефонный капсюль. Во всех наших опытах мы этим и воспользуемся.

Учащимся предлагается собрать конструкцию по схеме рисунка 53. Тогда можно говорить в микрофон *BM1*, а слушать — в телефон *BF1*. Звук в телефоне слышен намного лучше, чем в простом переговорном устройстве, собранном по рисунку 47.

Рис. 52

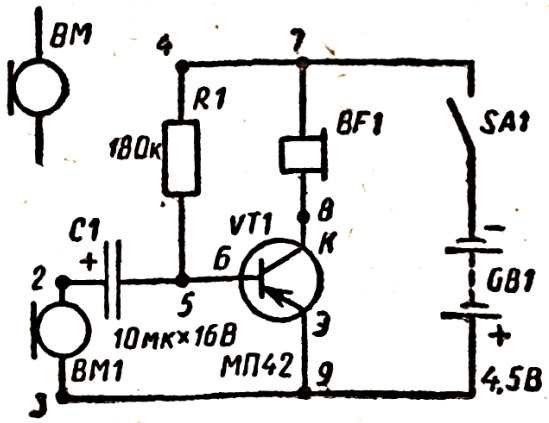


Рис. 53

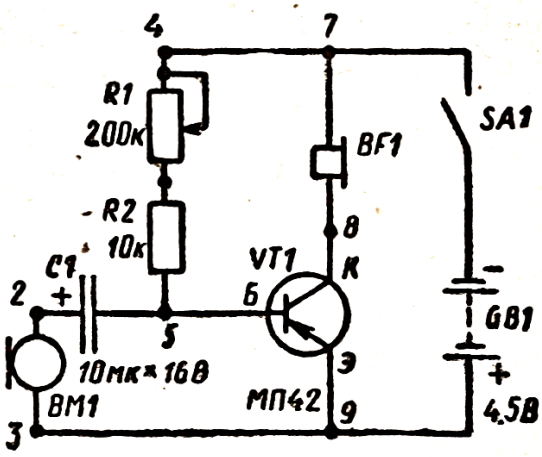


Рис. 54

Далее рассматривают кратко принцип работы УЗЧ. Известно, что сопротивление между эмиттером и коллектором транзистора зависит от того, какой знак напряжения имеется на его базе относительно эмиттера. Через резистор *R1* на базу подадим такое отрицательное напряжение, которое немного откроет транзистор. Звуковые волны, попадая на мембрану микрофона, заставляют ее колебаться с частотой, равной частоте звука. При этом в катушках микрофона возбуждается переменный ток, т. е. такой ток, который периодически меняет свое направление.

Между базой транзистора и микрофоном находится оксидный конденсатор *C1*. Постоянный ток через конденсатор не проходит. В данной схеме конденсатор как раз и защищает базу транзистора от замыкания через катушку микрофона с положительным полюсом источника постоянного тока — батареи. Переменный же ток через конденсатор проходит. Значит, токи звуковой частоты, возникшие в микрофоне, поступают на базу. В зависимости от направления этого тока меняется величина отрицательного напряжения на базе транзистора, что ведет к изменению сопротивления его эмиттерно-коллекторного участка. В результате этого в такт звуковым колебаниям, попадающим в микрофон, изменяется сила тока батареи, протекающего через катушки телефона. Поэтому колебания мембраны телефона полностью повторяют колебания мембраны микрофона, только происходят они намного сильнее. Работу транзистора в таком режиме называют режимом усиления.

В заключение этого занятия учащимся предлагается собрать схему по рисунку 54 и, изменяя сопротивление (перемещая бегунок) переменного резистора *R1* в базовой цепи, выяснить его роль в работе транзистора как усилителя. При этом надо постукивать пальцем в микрофон и слушать в телефон.

Занятие 12. Переговорное устройство на одном транзисторе

На рисунках 55, *а* и *б* показаны условные графические изображения переключателя и кнопочного переключателя. Используемый нами в опытах переключатель двухсекционный: в нем есть два переключателя, приводимых в действие одной кнопкой. Его условное обозначение показано на рисунке 55, *в*. У переключателя че-

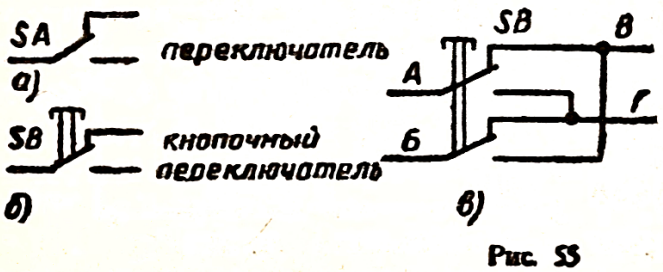


Рис. 55

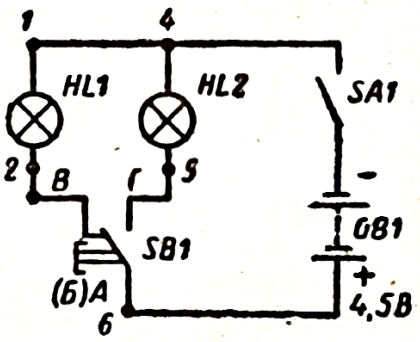


Рис. 56

тыре вывода (*А, Б, В, Г*). Конструкция, собранная в соответствии со схемой рисунка 56, поможет учащимся лучше усвоить принцип работы переключателя.

Далее им предлагается собрать УЗЧ на одном транзисторе (рис. 57) и проверить его работоспособность. Напоминают, что в цепи УЗЧ проходит постоянный ток от источника питания и переменный ток звуковой частоты. Конденсатор *С1* предотвращает замыкание базы транзистора с положительной шиной через катушку микрофона, конденсатор *С2* исключает замыкание коллектора транзистора с положительной шиной источника питания через катушку телефона. Переменный ток звуковой частоты проходит через конденсатор *С1*, усиливается транзистором и через конденсатор *С2* поступает в телефон — возникает звук. Резистор *R1* создает отрицательное напряжение смещения на базе транзистора для его нормальной работы в качестве усилителя. Резистор *R2*, включенный в коллекторную цепь транзистора, служит его нагрузкой. Он заменяет телефон в схемах УЗЧ, собранных по рисункам 53 и 54.

Обращают внимание на то, что данная конструкция УЗЧ отличается от предыдущих тем, что нижние выводы микрофона (точка *3*) и телефона (точка *12*) соединены между собой через положительную шину источника питания. Отсюда следует, что микрофон и телефон можно менять ролями. Для этого достаточно поменять местами их верхние по рисунку выводы (точки *2* и *11*). Это можно сделать при помощи двойного переключателя. Тогда получится переговорное устройство, работающее по принципу прием — передача. Схема такого устройства показана на рисунке 58. Учащимся предлагается проследить по схеме, как капсюли *BF1* и *BF2* меняются ролями при нажатии кнопки *SB1*.

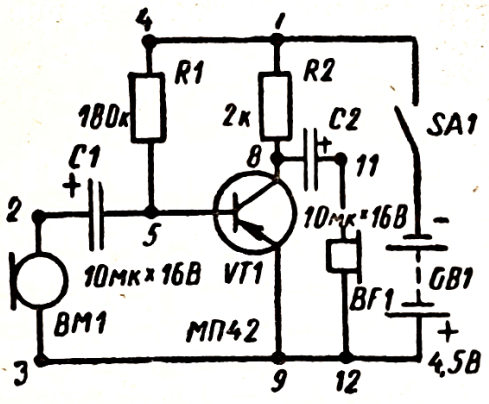


Рис. 57

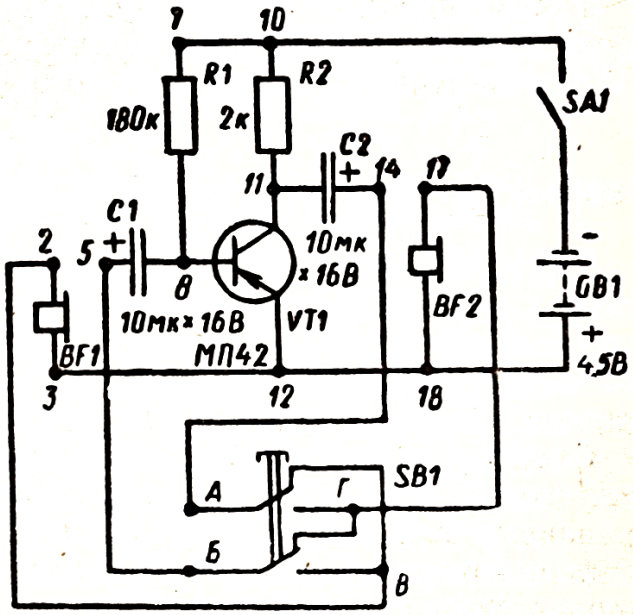


Рис. 58

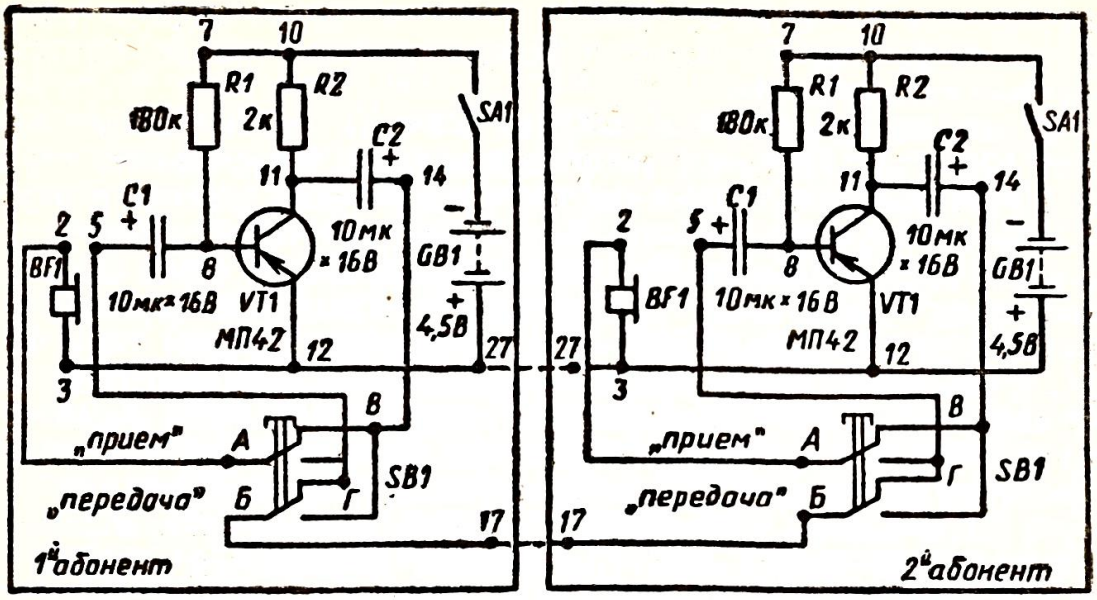


Рис. 59

Занятие 13. Усовершенствованное переговорное устройство

Переговорное устройство, собранное на 12-м занятии, имеет существенный недостаток — рассчитан только на одного абонента, имеющего в руках переключатель. Каждому учащемуся предлагается собрать переговорное устройство из деталей своего набора и соединить его двухпроводной линией с переговорным устройством своего товарища по кружку (рис. 59). Тогда каждый из абонентов будет иметь в своем распоряжении переключатель. Следовательно, оба абонента окажутся в равных условиях.

Таким образом, учащиеся попарно собрали двухтранзисторное переговорное устройство. Предлагается им рассмотреть принцип работы полученного переговорного устройства.

Занятие 14. Усилитель звуковой частоты на двух транзисторах

Известно, что транзистор усиливает слабые электрические сигналы в десятки и сотни раз. Двухкаскадные УЗЧ дают большие усиления, чем однокаскадные. Учащимся предлагается собрать несколько конструкций УЗЧ на двух транзисторах по схемам, приведенным на рисунках 60 и 61, и оценить качество их работы.

Следует отметить, что особенностью схемы усилителя, показанного на рисунке 60, является непосредственная связь между транзисторами *VT1* и *VT2*. Их режим работы зависит от сопротивления резисторов *R1* и *R2* в базовой цепи первого транзистора. Конденсатор *C2*, включенный параллельно телефону *BF1*, блокирует его по высоким звуковым частотам. Дело в том, что телефон высокие звуковые частоты воспроизводит с искажениями.

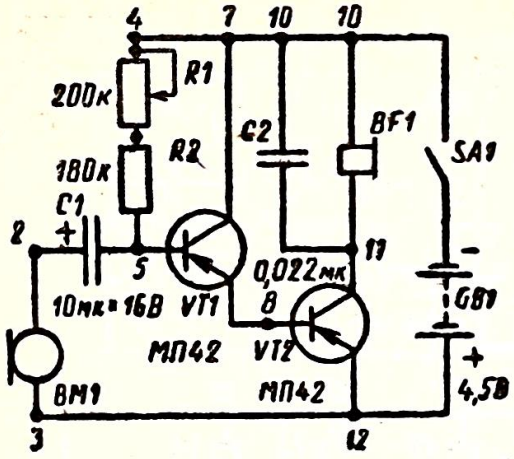


Рис. 60

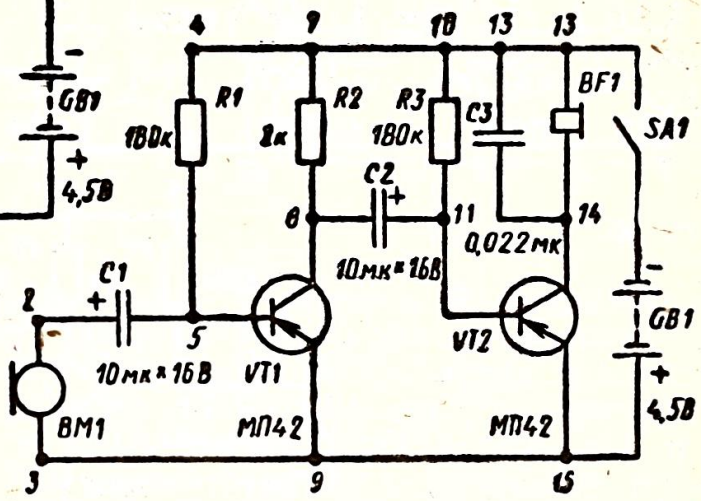


Рис. 61

Здесь же они проходят через конденсатор *C2*, так как он лучше пропускает высокочастотные токи, чем катушки телефона.

В следующей схеме УЗЧ, приведенной на рисунке 61, учащимся должно быть понятно назначение всех деталей, кроме конденсатора *C2*. Он связывает каскады усиления по переменному току, так как хорошо пропускает его, и разделяет по постоянному току, который он не пропускает. Поэтому такие конденсаторы называют переходными или разделительными конденсаторами связи.

В заключение занятий предлагается собрать еще один УЗЧ — по схеме рисунка 62 — и, проверив его работоспособность, самостоятельно объяснить назначение всех его деталей.

Занятие 15. Переговорное устройство на двух транзисторах

На этом занятии учащиеся собирают такое же переговорное устройство, что и на занятии 12. Только теперь усилитель будет состоять из двух транзисторов. Для этого потребуется несколько изменить конструкцию УЗЧ, собранного по схеме рисунка 62. Верхний вывод телефона (точка *16*) следует подключить к общей шине положительного полюса питания в точке *18*. Тогда получится УЗЧ, схема которого представлена на рисунке 63.

Если теперь подключить к этой схеме двойной переключатель, то будет готово переговорное устройство, приведенное на рисунке 64. О том, как работает эта конструкция и как ею пользоваться, учащиеся узнали на занятии 12.

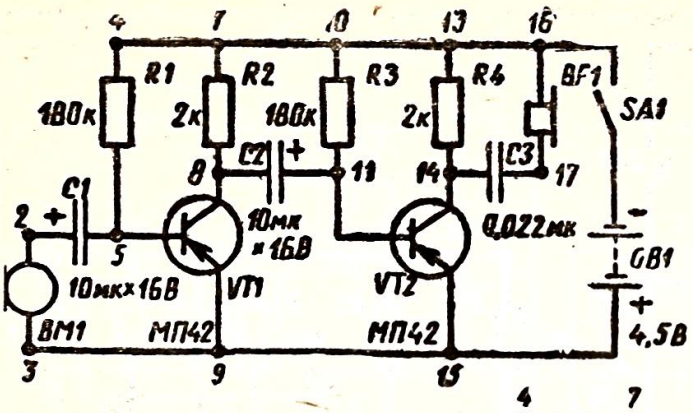


Рис. 62

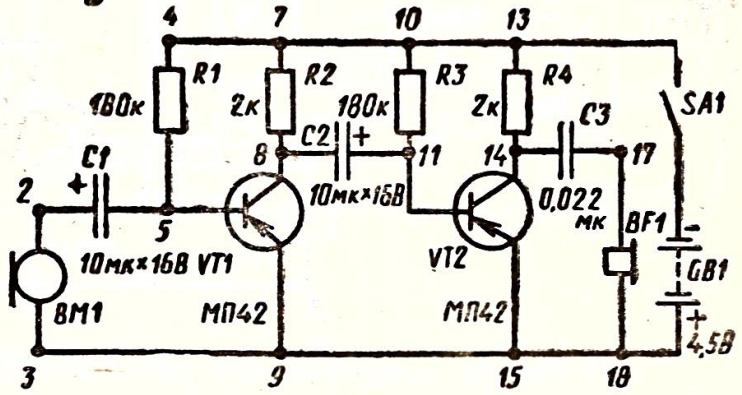


Рис. 63

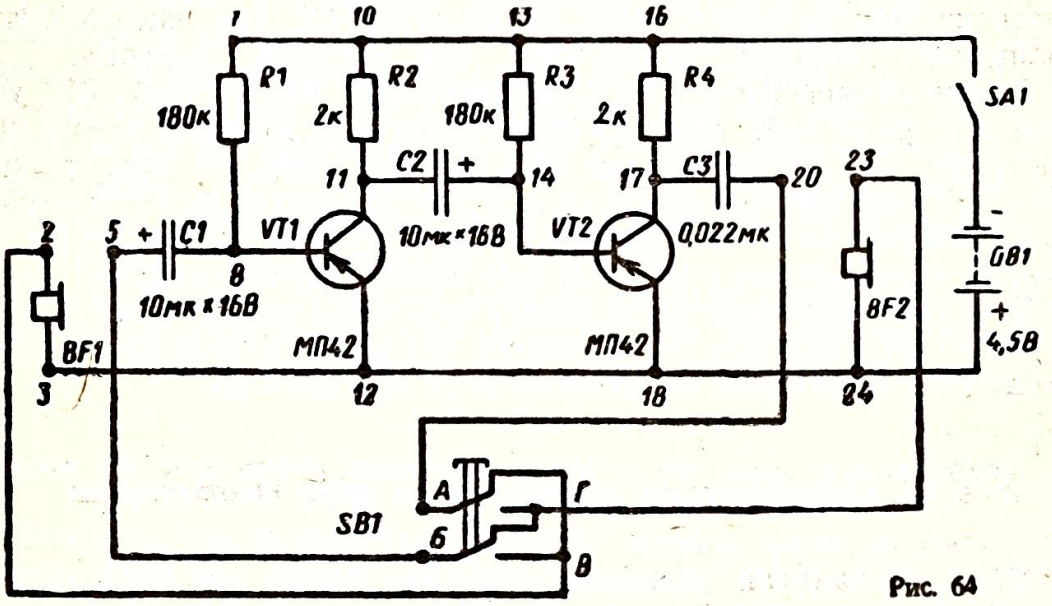


Рис. 64

Занятие 16. Мультивибратор

Мультивибратор — это электронное устройство, вырабатывающее электрические колебания. Схема мультивибратора приведена на рисунке 65. Учащимся предлагается собрать ее и включить питание. В телефоне раздастся громкий звук. Он создается переменным (прерывистым) током, проходящим через эмиттер — коллектор транзистора *VT2* и катушку телефона *BF1*. Происходит это следующим образом. Когда транзистор *VT1* открыт, т. е. через

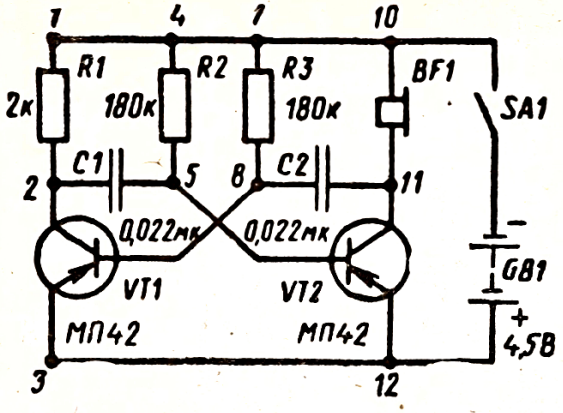


Рис. 65

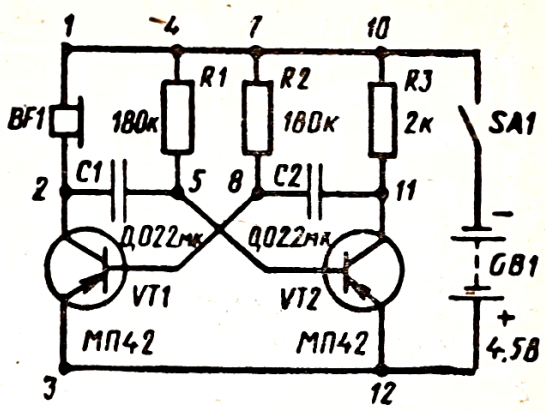


Рис. 66

его участок эмиттер — коллектор и резистор *R1* протекает ток, транзистор *VT2* закрыт (заперт) и тока на участке эмиттер — коллектор и телефон *BF1* нет. Через некоторое время транзисторы меняются ролями. Транзистор *VT1* закрывается, транзистор *VT2* открывается. При этом через телефон *BF1* потечет ток и его мембрана, притянувшись к электромагниту, произведет щелчок. Когда транзистор *VT2* закроется (транзистор *VT1*, наоборот, откроется), мембрана выпрямится, производя при этом второй щелчок.

Транзисторы в мультивибраторе работают в ключевом режиме. Время поочередного пребывания транзисторов в закрытом или открытом состоянии зависит от емкости конденсаторов *C1* и *C2* и сопротивлений базовых резисторов *R2* и *R3*.

Далее учащимся предлагается собрать конструкции мультивибраторов по схемам, приведенным на рисунках 66 и 67, и сравнить их работу.

Занятие 17. Исследование работы мультивибратора

Опытным путем исследуют зависимость частоты электрических колебаний, вырабатываемых мультивибратором, от емкости конденсаторов *C1* и *C2* (см. рис. 67). Для этого увеличивают ем-

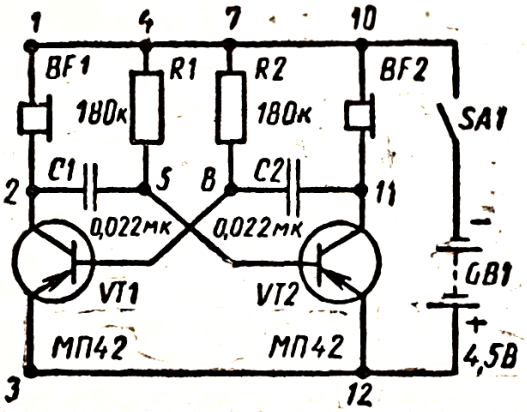


Рис. 67

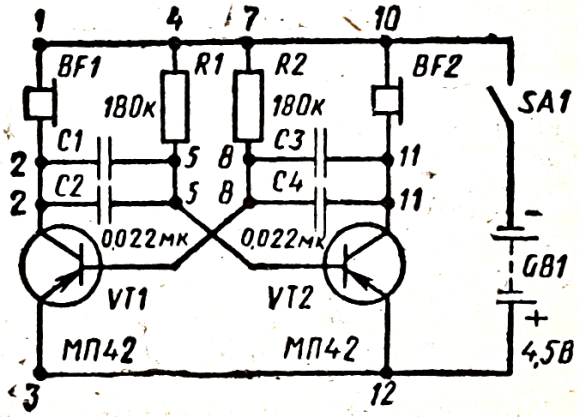


Рис. 68

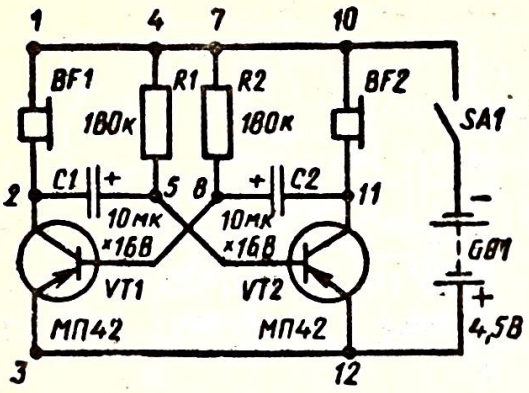


Рис. 69

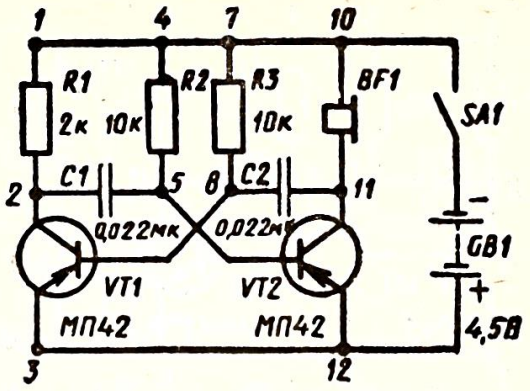


Рис. 70

кость конденсатора *C1* в два раза, подключив параллельно к нему еще один такой же конденсатор (точки *2* и *5*). Отмечают, что звук при этом становится ниже, частота колебаний уменьшается. Такой же конденсатор подключают ко второму конденсатору *C2* (точки *8* и *11*). Полученная при этом схема мультивибратора показана на рисунке 68.

Изменения в схеме привели к уменьшению колебаний мультивибратора. Следовательно, чем больше емкость конденсатора, тем дольше пребывают транзисторы в закрытом или открытом состоянии. При замене конденсаторов оксидными конденсаторами (рис. 69), емкости которых во много раз превышают емкости конденсаторов, применяемых в конструкции предыдущего мультивибратора, звук в телефонах пропадает совсем, но появляются щелчки.

Учащимся предлагается объяснить причину этого явления самостоятельно.

Далее выясняют зависимость частоты колебаний мультивибратора от сопротивлений базовых резисторов. Для этого собирают мультивибратор по схеме, приведенной на рисунке 70, где сопротивления базовых резисторов составляют по 10 кОм вместо 180 кОм в предыдущих схемах. Звук, вырабатываемый мультивибратором, становится выше. Значит, с уменьшением сопротивления резисторов время пребывания транзисторов в закрытом или открытом состоянии уменьшается.

В заключение проделывают еще один опыт, позволяющий закрепить понимание роли базовых резисторов. Отключают верхние выводы резисторов *R2* и *R3* и соединяют их с минусовой шиной макетной платы через переменный резистор *R3*, как показано на схеме (рис. 71). Перемещая ползун переменного резистора то в одну, то в другую сторону, устанавливают, как изменяется частота звука в телефоне. Наблюдаемое явление объясняют.

Занятие 18. Генератор азбуки Морзе

При помощи мультивибратора можно на слух формировать буквы и цифры азбуки Морзе. Принято, что короткий звук в теле-

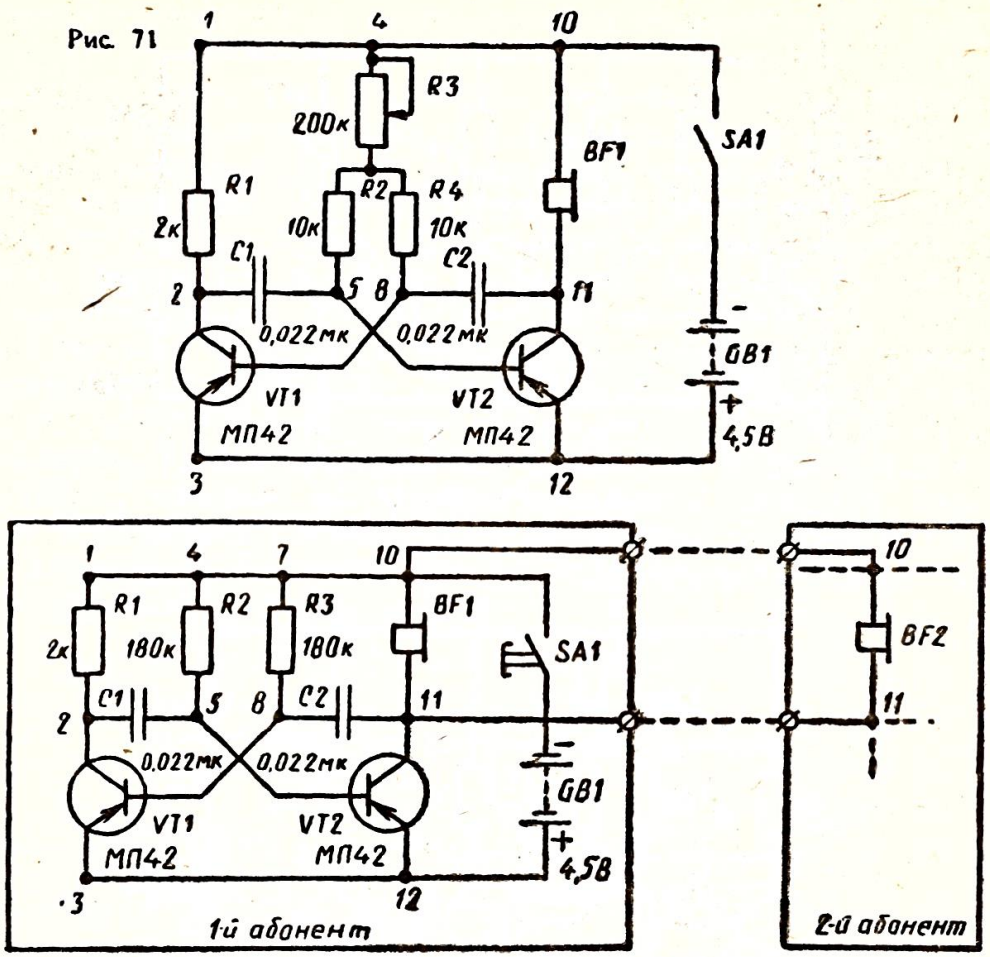


Рис. 71

Рис. 72

фоне соответствует точке, а длинный — тире. Продолжительность звука зависит от времени нажатия на выключатель.

Устройство (рис. 72) состоит из двух одинаковых мультивибраторов, которые кружковцы собирают каждый со своим товарищем. Достаточно соединить длинными проводами клеммы *10* и *11* собранных конструкций — и «телеграф» готов.

Занятие 19. Мультивибратор с усилителем

Часто при изготовлении некоторых устройств бывает необходимо, чтобы электрические колебания, вырабатываемые мультивибратором, преобразовывались в достаточно громкий звук. Этого можно добиться подключением к выходу мультивибратора усилителя мощности, нагрузкой которого служат низкоомный телефонный капсюль или динамическая головка. Схемы таких конструкций показаны на рисунках 73—75. Каждая из них состоит из двух частей — мультивибратора, собранного на транзисторах *VT1* и *VT2*, и усилителя мощности на транзисторе *VT3*.

При использовании высокоомных телефонных капсюлей из набора для получения эффекта усиления оба капсюля следует включать параллельно с учетом полярности выводов.

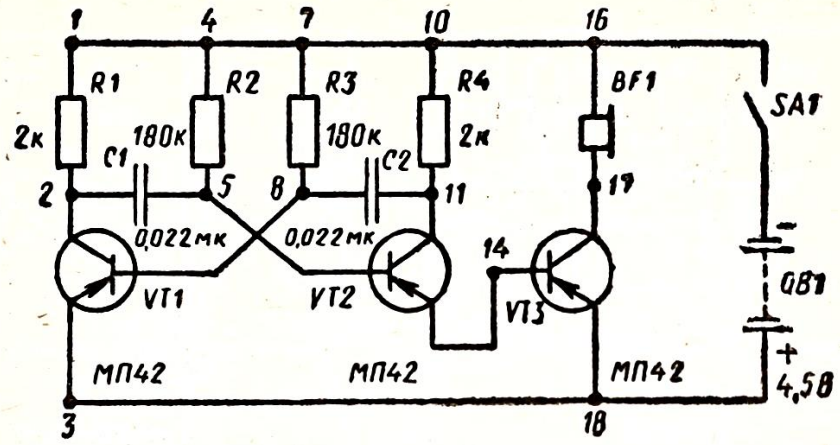


Рис. 73

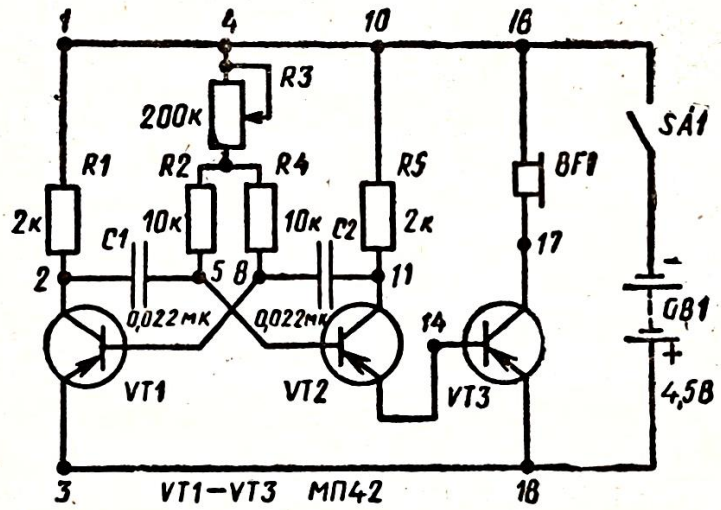


Рис. 74

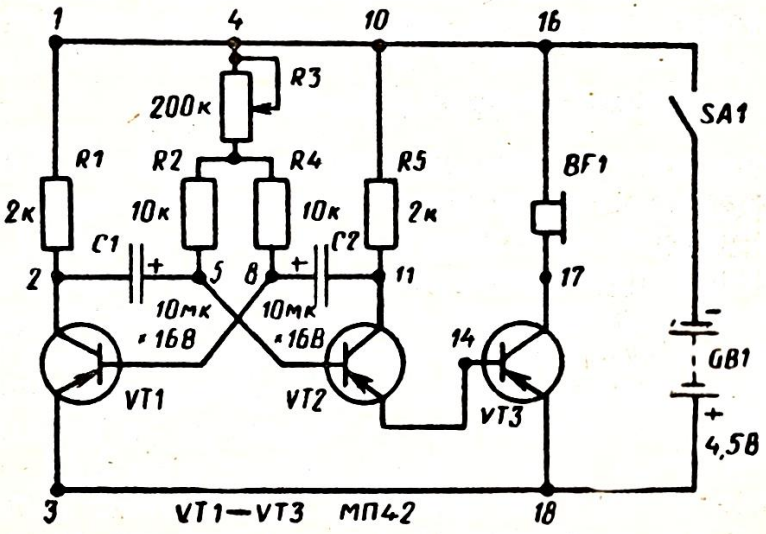


Рис. 75

Занятие 20. Электронные переключатели-«мигалки»

Принцип работы мультивибратора становится более понятным, если в схему мультивибратора, вырабатывающего медленные электрические колебания, вместо телефонного капсюля включить сигнальную лампу (рис. 76). Сигнальная лампа *HL1* загорается каждый раз, когда транзистор *VT3* открыт. Он же открывается только в том случае, когда открыт транзистор *VT2*, эмиттер которого непосредственно подключен к базе транзистора *VT3*.

Предлагается немного видоизменить конструкцию «мигалки», как показано на схеме (рис. 77). Особенность этой схемы заключается в том, что второе плечо мультивибратора состоит из двух транзисторов. Такую конструкцию, включающую два транзистора (рис. 78), у которых коллекторы соединены вместе и эмиттер первого транзистора соединен с базой второго, называют составным транзистором. Усиление составного транзистора намного больше, чем усиление каждого из них.

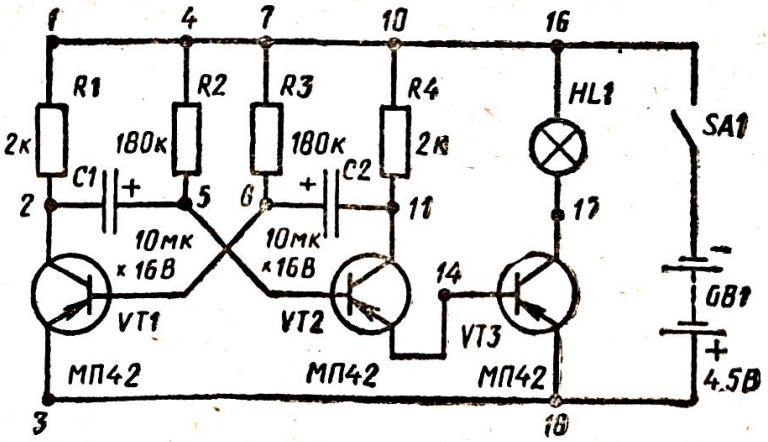


Рис. 76

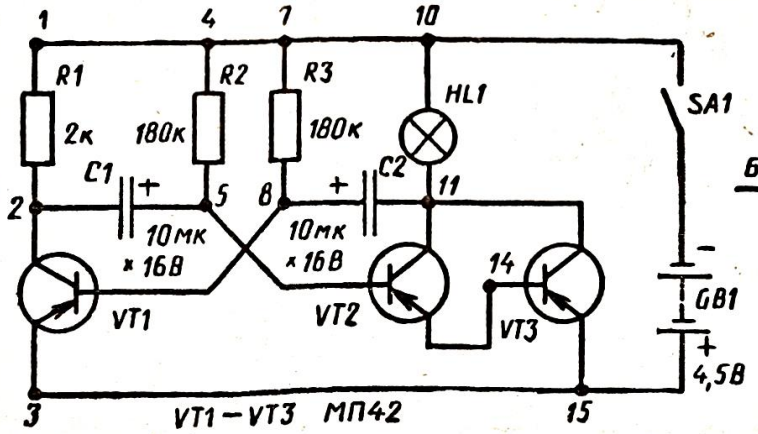


Рис. 77

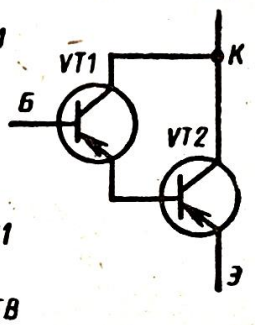


Рис. 78

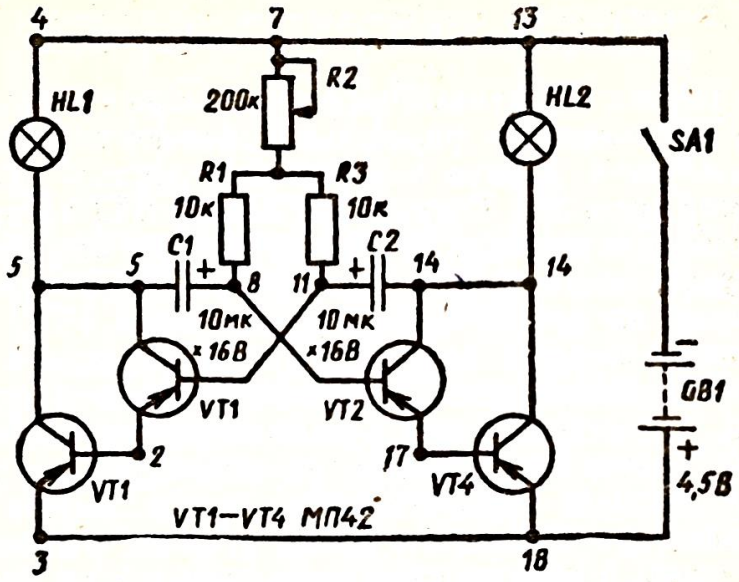


Рис. 79

Учащимся предлагается применить в каждом плече мультивибратора по составному транзистору, включив в их коллекторные цепи лампы *HL1* и *HL2* (рис. 79). Частота миганий ламп при этом регулируется переменным резистором *R2*.

В заключение кружковцы думают над тем, где можно использовать собранные электронные «мигалки» с одной и двумя лампами.

Занятие 21. Телефон с вызовом

На этом занятии вновь возвращаются к переговорным устройствам, но более усовершенствованным. Каждый кружковец собирает с товарищем, пользуясь своим набором, усилитель звуковой частоты на двух транзисторах и соединяет его двухпроводной линией, как показано на рисунке 80. В результате получают теле-

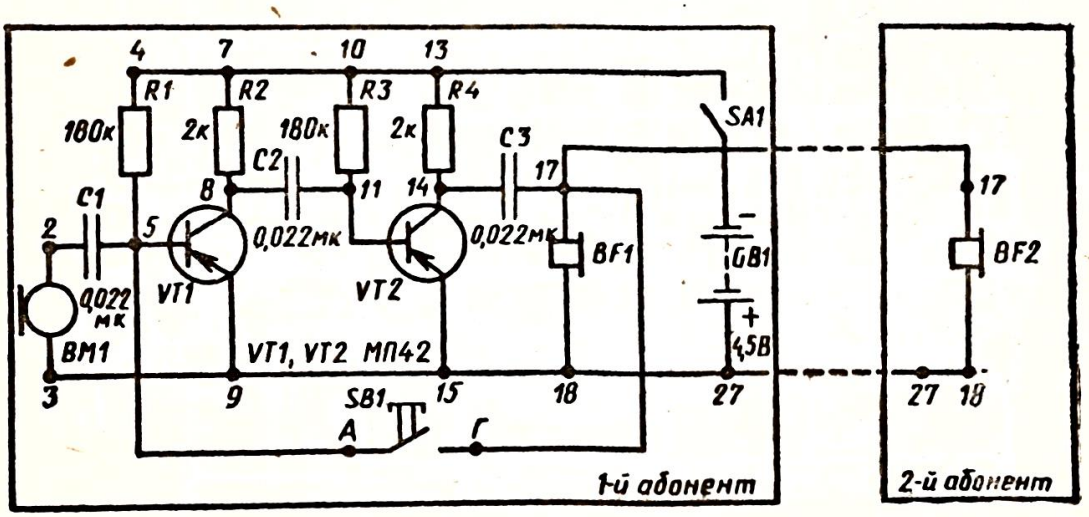


Рис. 80

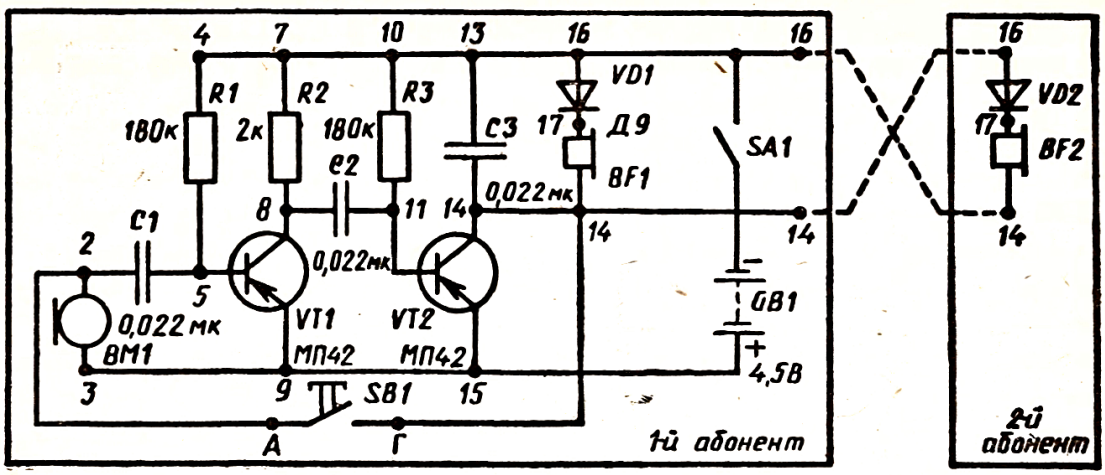


Рис. 81

фонный аппарат, достоинством которого является отсутствие переключателя на режимы «Прием» и «Передача». Здесь телефонный капсюль первого абонента подключен параллельно к телефонному капсюлю второго абонента и каждый слышит самого себя и своего товарища.

В прежних переговорных устройствах надо было договариваться о начале связи. В данном же случае этого делать не надо, так как в схеме предусмотрена возможность вызова абонента на связь. Это второе достоинство аппарата. Чтобы пригласить второго абонента на связь, нужно включить питание и нажать на кнопку вызова *SB1*. В обоих капсюлях раздается звуковой сигнал. В этом случае УЗЧ превращается в мультивибратор, генерирующий звуки.

На схеме рисунка 81 учащимся предлагается конструкция переговорного устройства, в котором каждый абонент в своем телефонном капсюле слышит только другого абонента, а самого себя не слышит. Это достигнуто применением диодов, которые, как известно, обладают только односторонней проводимостью.

Занятие 22. Электромагнитное реле

В любом электромагнитном реле обмотка состоит из нескольких сотен или тысяч витков медного провода и надевается на стальной стержень. При прохождении тока по обмотке стержень намагничивается и притягивает к себе якорь, который при движении замыкает или размыкает контакты реле. Контактов реле может быть два или больше. Они выполняют функции замыкания, размыкания и переключения. Контакты электромагнитного реле, прилагаемого в наборе, работают на переключение. На рисунке 4, *а* приведено условное графическое обозначение реле.

Электромагнитное реле через свои контакты позволяет управлять другими электрическими цепями. Например, при замыкании

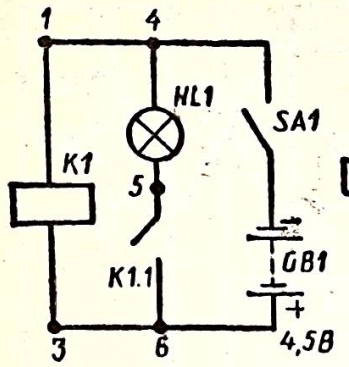


Рис. 82

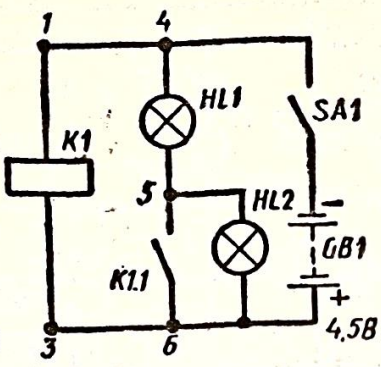


Рис. 83

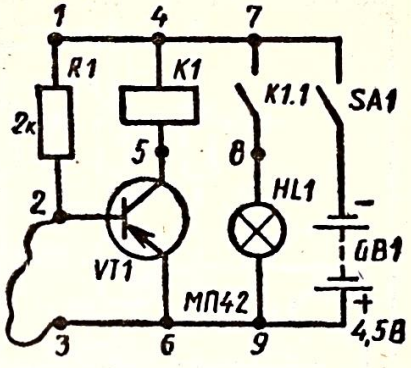


Рис. 84

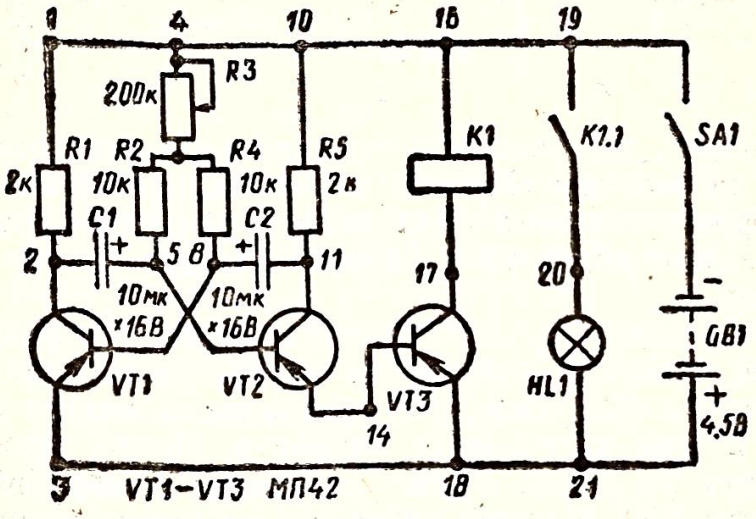


Рис. 85

выключателя *SA1* (рис. 82) якорь электромагнита, притягиваясь к стержню, замыкает контакты *K1.1*, через которые включается лампа *HL1*.

Учащимся предлагается собрать схему по рисунку 83 и один из выводов обмотки реле, например подсоединенный к точке *1*, отключить от цепи питания, а потом опять включить, одновременно следя за лампами *HL1* и *HL2*. После этого объяснить свои наблюдения.

Далее учащиеся собирают электронное реле — устройство, представляющее собой транзисторный усилитель с реле на выходе (рис. 84), и объясняют, почему при обрыве провода, замыкающего базу с эмиттером транзистора *VT1*, загорается лампа *HL1*, включённая в цепь питания через контакты реле *K1.1*.

Схема другой конструкции приведена на рисунке 85. Здесь электромагнитное реле подключено к выходу мультивибратора с усилителем. Школьникам следует объяснить, почему лампа *HL1* мигает и почему изменяется частота миганий при изменении сопротивления переменного резистора *R3*. Им предлагается также подумать о возможных применениях данной конструкции.

Занятие 23. Фотореле

Фоторезистор — это полупроводниковый прибор, сопротивление которого уменьшается при освещении. Фотореле — устройство, позволяющее при изменении освещенности светочувствительного слоя фоторезистора управлять другими приборами и механизмами.

Фотореле, схема которого приведена на рисунке 86, срабатывает при затемнении фоторезистора. При затемнении сопротивление фоторезистора увеличивается, сила тока через делитель напряжения *R1* и *R2* уменьшается, что приводит к уменьшению напряжения на резисторе *R2* и уменьшению отрицательного напряжения на базе транзистора *VT1*. Транзистор *VT1* закрывается, сопротивление его эмиттерно-коллекторного участка возрастает. Это и приводит к уменьшению силы тока, проходящего через точки *6, 5, 4*. Отрицательное напряжение на базе транзистора *VT2* увеличивается, и он открывается, в результате сопротивление эмиттерно-коллекторного участка транзистора резко уменьшается. Вследствие этого сила тока через обмотку реле *K1* увеличивается. Оно срабатывает и своими контактами *K1.1* замыкает цепь питания сигнальной лампы *HL1*.

Следующая конструкция фотореле, схема которой приведена на рисунке 87, срабатывает при освещении фоторезистора. Объяснить принцип работы этой конструкции и проверить ее работоспо-

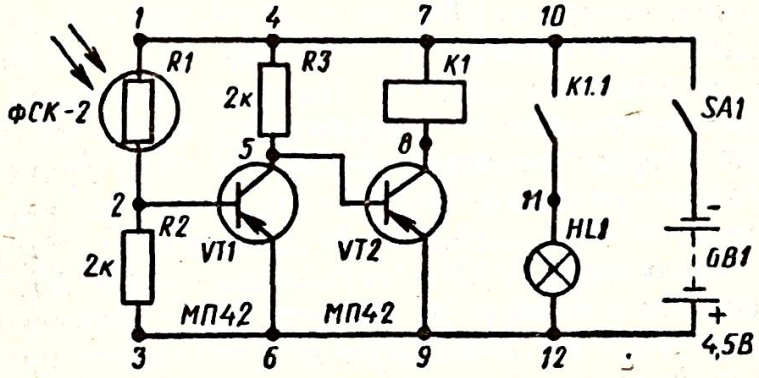


Рис. 86

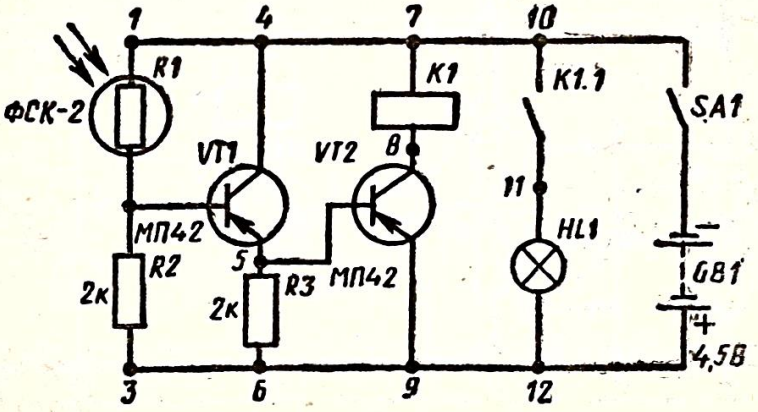


Рис. 87

собность учащимся предлагается самостоятельно. Им следует также подумать о том, где возможно использование описанных конструкций фотореле.

Занятие 24. Реле времени

Электронное реле времени позволяет кратковременным нажатием пусковой кнопки держать в течение определенного времени электромагнитное реле включенным (или выключенным). Одна из распространенных схем реле времени приведена на рисунке 88.

Реле работает следующим образом. При кратковременном нажатии на пусковую кнопку *SB1* в цепи базы транзистора *VT1* реле срабатывает и своими контактами *K1.1* замыкает цепь питания лампы *HL1*. После отпускания кнопки лампа еще некоторое время остается включенной. После нажатия кнопки конденсатор *C1*, подключенный между положительной шиной макетной платы и базой транзистора *VT1*, мгновенно заряжается через замкнутые контакты кнопки. Причем на его обкладке, подключенной к базе транзистора *VT1*, накапливаются отрицательные заряды, за счет которых и открывается транзистор. При этом через участок эмиттер — коллектор транзистора *VT1* и резистор *R5* отрицательное напряжение поступает на базу транзистора *VT2*, вследствие чего он тоже открывается. На эмиттерно-коллекторном участке цепи устанавливается достаточный для срабатывания реле ток. Реле, сработав, включает своими контактами *K1.1* исполнительную цепь — цепь питания лампы *HL1*. Но сразу же после отпускания кнопки конденсатор начинает разряжаться через цепочку резисторов *R1* и *R2*. Через некоторое время на базе транзистора *VT1* отрицательное напряжение, подаваемое с заряженного конденсатора, уменьшается настолько, что он закрывается. Это приводит к запиранию транзистора *VT2* и отключению реле *K1*. Время разрядки конденсатора зависит от емкости конденсатора *C1* и сопротивления резисторов *R1* и *R2*. При их увеличении время выдержки реле увеличивается. Учащимся предлагается убедиться в этом на опыте.

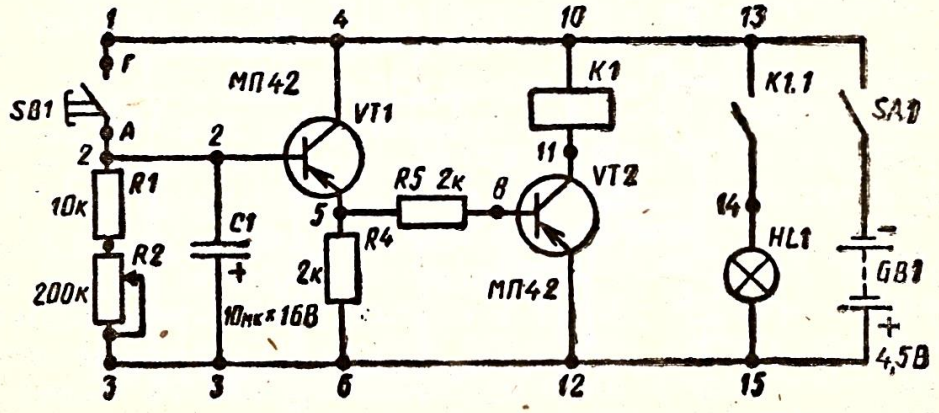


Рис. 88

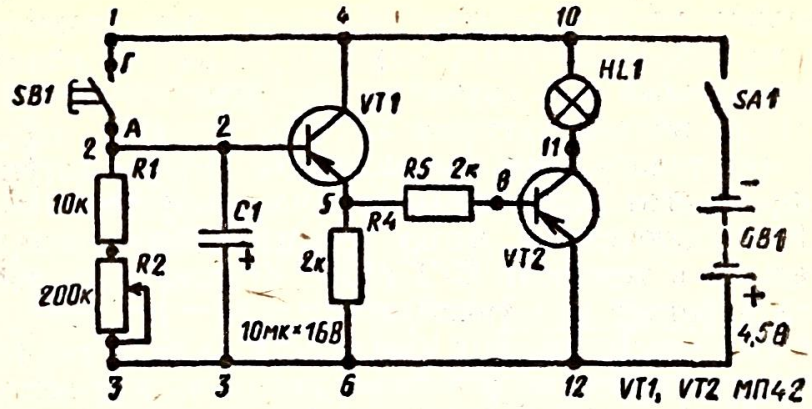


Рис. 89

В заключение занятия в схеме реле времени реле *K1* заменяют лампой *HL1* (рис. 89) и объясняют наблюдаемое явление, происходящее после кратковременного нажатия кнопки *SB1*.

Занятие 25. Электронные «клад» и «кладоискатель»

На занятии 8 учащиеся познакомились с электромагнитом — устройством, представляющим собой катушку из нескольких десятков витков медного провода со стальным стержнем внутри. Известно, что при прохождении электрического тока по катушке стержень становится магнитом, вокруг катушки появляется магнитное поле. Наличие этого поля можно легко обнаружить с помощью компаса или швейной иглы, подвешенной вблизи катушки.

Если по катушке течет постоянный ток, магнитное поле тоже остается постоянным. Но что же будет происходить в катушке, если подключить ее к выходу мультивибратора (рис. 90, часть I)? Мультивибратор вырабатывает импульсные токи, т. е. через транзистор *VT3* и катушку *L1* ток то течет, то не течет. Такой ток уже не является постоянным, так как его численное значение со временем меняется, поэтому вокруг катушки возникает переменное магнитное поле.

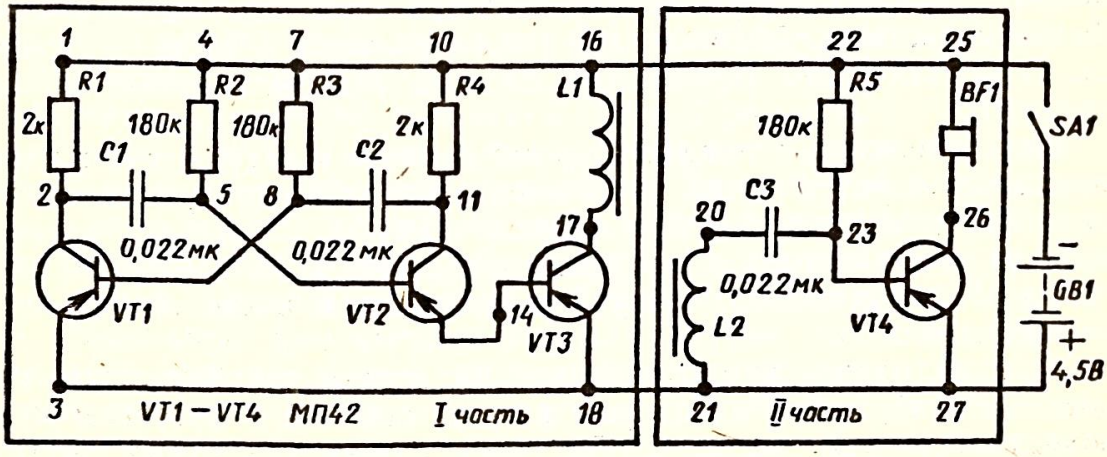


Рис. 90

Переменное магнитное поле обладает очень важным свойством. Оно во второй катушке, которая находится вблизи первой, создает переменный ток такой же частоты, что и ток в первой катушке. Если вблизи катушки *L1* (см. рис. 90), подключенной к выходу мультивибратора, расположить другую катушку *L2*, то в ней возбуждается переменный (импульсный) ток. На схеме катушка *L2* подключена к входу однотранзисторного усилителя. Следовательно, в телефоне *BF1* будет слышен звук той частоты, на которой работает мультивибратор.

При сборке рассмотренных конструкций в качестве катушки *L1* надо взять прилагаемую в наборе катушку, а вместо катушки *L2* — телефонный капсюль (используется катушка капсюля). При включении источника питания в телефоне *BF1*, который включен на выходе однотранзисторного УЗЧ, слышится звук. Частота его соответствует частоте тока, вырабатываемого мультивибратором. Наибольшее расстояние, на котором катушка *L2* чувствует переменное магнитное поле катушки *L1*, составляет около 1 м.

Теперь каждый учащийся вдвоем с товарищем может провести очень интересную игру. Для этого один из них должен собрать мультивибратор с катушкой (назовем эту конструкцию «кладом»), а другой — из своего набора собрать конструкцию УЗЧ с катушкой (назовем ее «кладоискателем»). «Клад» надо где-то спрятать (например, в столе), а «кладоискателем» разыскать его.

Занятие 26. Детекторный радиоприемник

Простейший радиоприемник — детекторный — состоит всего из нескольких деталей. Его схема приведена на рисунке 91. Здесь новыми для учащихся деталями являются катушка *L1* и конденсатор переменной емкости *C1*. В наборе они смонтированы на одном каркасе, образуя антенное устройство. Внутри катушки помещен ферритовый стержень, изготовленный из специального порошка. Передвигая ферритовый стержень внутри катушки, можно менять ее магнитные свойства, называемые в радиотехнике индуктивностью. Индуктивность катушки увеличивается при вдвижении стержня внутрь и уменьшается при его выдвижении. Индуктивность катушки зависит также от числа витков ее обмотки. О конденсаторе переменной емкости учащиеся знают из занятия 10.

Если заряженный конденсатор подключить к катушке, то в цепи возникают электрические колебания, частота которых зависит от емкости конденсатора и индуктивности катушки. Систему, состоящую из конденсатора и катушки, называют колебательным контуром. Колебательный контур — обязательная часть любого радиоприемника.

Каждая радиостанция работает на определенной частоте, называемой несущей. Радиоволны разных станций в антенном проводе возбуждают очень слабые токи самых различных частот. Колебательный контур позволяет из всех колебаний радиочастот

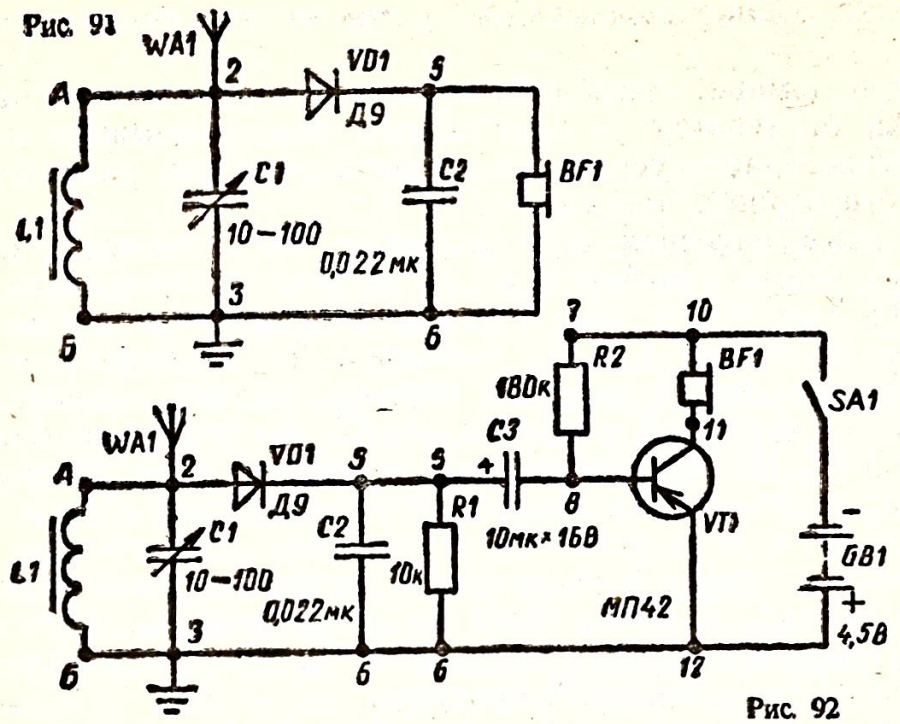


Рис. 92

выделить только несущую частоту той радиостанции, которая совпадает с его собственной частотой. Меняя индуктивность катушки (двигая ферритовый стержень) или емкость конденсатора (вращая его ручку) можно менять частоту собственных колебаний контура, а следовательно, настраиваться на радиочастоту нужной радиостанции.

Диод *VD1*, входящий в состав простейшего радиоприемника, вследствие его односторонней проводимости выпрямляет (детектирует) модулированные колебания радиочастоты. Выпрямленный диодом ток состоит из импульсов радиочастоты, амплитуды которых изменяются в соответствии со звуковой частотой. Благодаря блокировочному конденсатору *C2*, подключенному параллельно телефонному капсюлю, происходит разделение сигнала звуковой частоты от составляющей радиочастоты. Высокочастотные пульсирующие токи свободно проходят через конденсатор *C2*, а токи звуковой частоты, наоборот, идут через катушку капсюля *BF1* и преобразуются в звук.

Антенное устройство, прилагаемое в наборе, подключают в схему точками *А* и *Б*. К точке *А* подключают затем антенный провод длиной 3—4 м, протянутый по комнате. Точку *Б* заземляют проводом, соединенным с батареей отопления или водопроводной трубой. Настройку на радиостанцию производят медленным вращением ручки конденсатора переменной емкости и очень медленным движением ферритового стержня внутри катушки. Нужно помнить о том, что детекторный радиоприемник работает только за счет энергии принимаемых радиоволн. Поэтому громкость звука очень мала и зависит от длины антенного провода и надежного заземления.

Занятие 27. Усовершенствование детекторного радиоприемника

Радиоприемник, схема конструкции которого приведена на рисунке 92, отличается от простейшего радиоприемника наличием однотранзисторного усилителя звуковой частоты, расположенного после детекторного каскада.

Принятые антенной и выделенные колебательным контуром модулированные колебания радиочастоты детектируются диодом *VD1*. Их высокочастотные пульсации сглаживаются блокировочным конденсатором *C2*. На резисторе *R1*, служащем нагрузкой детектора, колебания звуковой частоты создают напряжение, которое через оксидный конденсатор *C3* поступает на базу транзистора *VT1*. На нем собран однокаскадный УЗЧ. В телефонном капсюле, включенном в коллекторную цепь транзистора, слышны довольно громкие звуковые сигналы передающей станции.

Можно поступить и по-другому: сначала усилить радиочастотные колебания, а после этого их детектировать. Схема такого радиоприемника показана на рисунке 93. Этот радиоприемник отличается несколькими особенностями.

Антенна, применяемая в транзисторных радиоприемниках, носит название магнитной. Простейшая магнитная антенна состоит из двух катушек *L1* и *L2*, внутри них расположен ферритовый стержень. Катушка *L1* вместе с конденсатором переменной емкости образует колебательный контур. Катушка *L2*, содержащая не более 10—20 витков, носит название катушки связи. Часть энергии радиоволн, выделяемой колебательным контуром, эта катушка через разделительный конденсатор *C2* передает для усиления.

Вторая особенность этого радиоприемника — наличие усилителя радиочастоты, собранного на транзисторе *VT1*. Он усиливает модулированные высокочастотные колебания, состоящие из несущей и звуковой составляющих. Здесь применяют не такие транзисторы, которые использовались в предыдущих конструкциях, а высокочастотные транзисторы марок П401, П402, П416. В наборе даны транзисторы типа П416. Транзисторы, применяемые в опи-

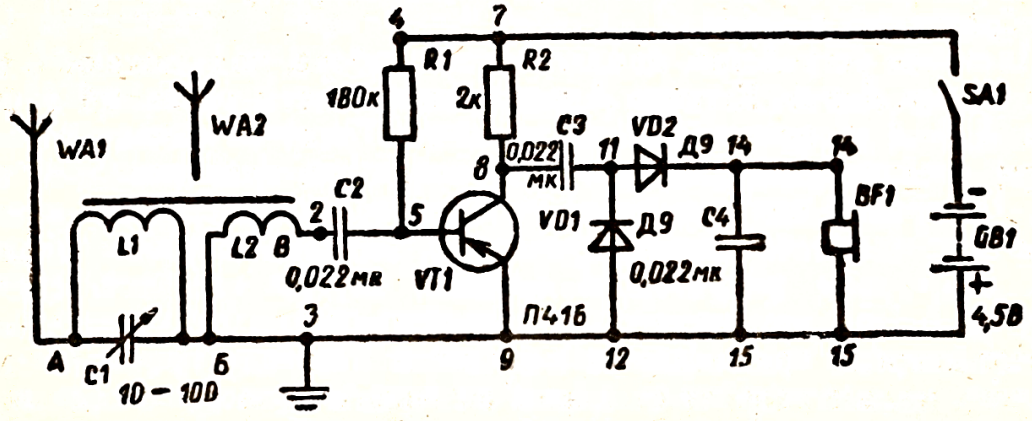


Рис. 93

санных выше устройствах, низкочастотные. Это транзисторы типа МП39—МП42. В наборе даны транзисторы типа МП42.

Третья особенность конструкции — наличие детекторного каскада, состоящего из двух диодов *VD1* и *VD2*. При таком их включении на нагрузочном капсюле *BF1* создается почти вдвое большее напряжение звуковой частоты, чем на нагрузке однодиодного детектора. Токи звуковой частоты, оставшиеся после детектирования, в телефонном капсюле преобразуются в звуки.

В радиоприемнике конденсатор *C2* разделяет вход усилителя радиочастоты (УРЧ) от катушки связи по постоянному току, конденсатор *C3* разделяет выход УРЧ (коллектор транзистора) с детекторным каскадом по постоянному току. Конденсатор *C4* фильтрует сигнал звуковой частоты, выделенный детекторным каскадом на телефонном капсюле *BF1*, т. е. «очищает» его от пульсаций радиочастоты.

Внимание учащихся обращаем на то, что магнитная антенна обладает направленным приемом. Она лучше всего улавливает радиосигналы тогда, когда ее ось направлена перпендикулярно радиостанции. В этом можно убедиться, поворачивая лежащее на столе антенное устройство и слушая в телефоне сигналы радиостанции.

Занятие 28. Радиоприемник прямого усиления

В радиоприемнике прямого усиления происходит только одно преобразование модулированных колебаний радиочастоты — детектирование. Для нормальной работы детектора выделенный колебательным контуром модулированный радиосигнал усиливается (усилитель РЧ). После детектирования усиливаются колебания звуковой частоты (усилитель ЗЧ) для нормальной работы телефонного капсюля или динамической головки.

Радиоприемник прямого усиления, схема которого показана на рисунке 94, имеет условную формулу 1—*V*—1. Это значит, что он содержит один каскад усиления радиочастоты (УРЧ), детек-

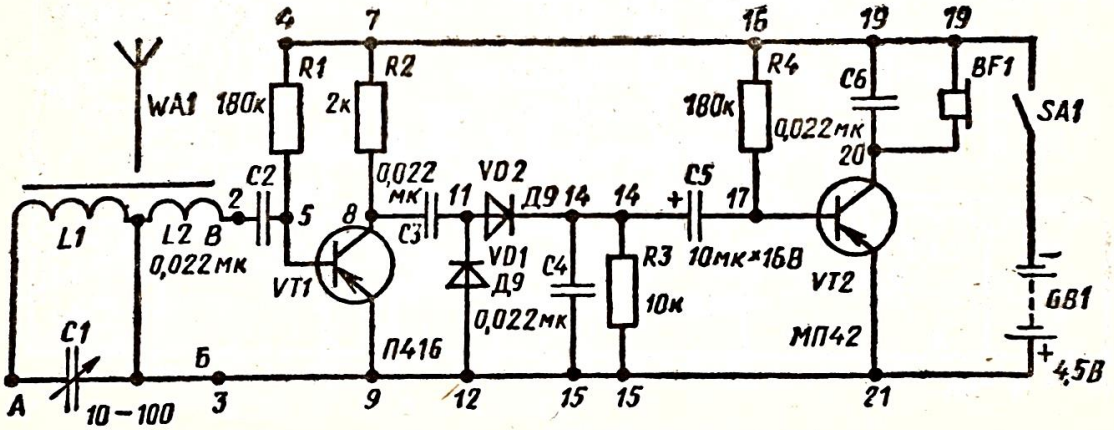


Рис. 94

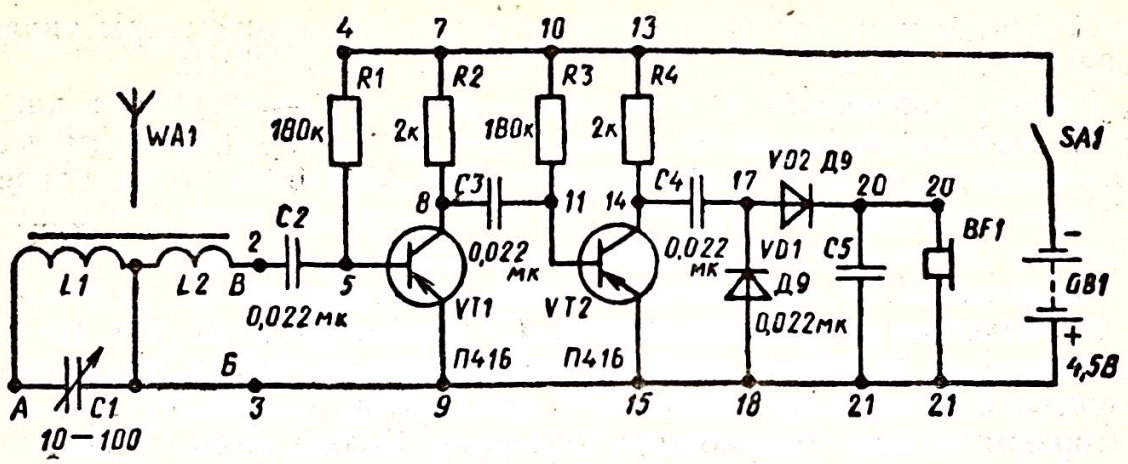


Рис. 95

торный каскад *(V)* и один каскад усиления звуковой частоты (УЗЧ). Например, детекторный приемник (см. рис. 91) содержит только детекторный каскад и имеет формулу 0—*V*—0. Радиоприемники, собранные по схемам, представленным на рисунках 92 и 93, соответственно обозначаются как 0—*V*—1 и 1—*V*—0.

Радиоприемник (см. рис. 94) обеспечивает уверенный прием радиоволн без дополнительной антенны и заземления, но с ними он работает еще лучше.

Учащимся предлагается собрать радиоприемник 2—*V*—0, который имеет два каскада УРЧ и детекторный каскад (рис. 95). Здесь конденсатор *С3* разделяет каскады усиления по постоянному току.

В заключение занятия школьники собирают радиоприемник прямого усиления по формуле 2—*V*—1, в котором объединены все предыдущие конструкции (рис. 96), проверяют его работоспособность и объясняют роль всех применяемых деталей.

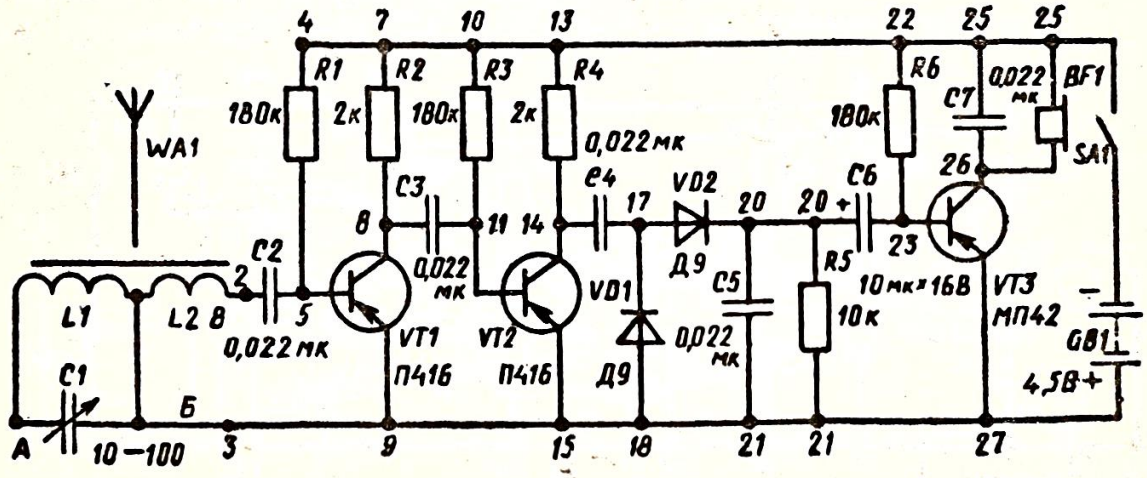


Рис. 96

Занятие 29. Проведение соревнований по скоростной сборке радиоэлектронных схем

В качестве конструкций для соревнований можно взять схемы мультивибратора с усилителем (см. рис. 73), электронной «мигалки» (см. рис. 76), фотореле (см. рис. 86) или реле времени (см. рис. 89). По команде членов жюри учащиеся начинают сборку конструкций, а окончив ее, докладывают об этом. Члены жюри записывают время сборки каждой из выбранных схем. Победители соревнований награждаются грамотами.

Занятие 30. Повторение. Подведение итогов работы по изучению радиоэлектроники с помощью наборов «Азбука»

Занятие посвящается повторению материала, изученного в учебном году. Учащиеся, проявившие наибольшее усердие и показавшие хорошие теоретические и практические знания, награждаются грамотами и призами. В качестве призов используются электронные самоделки, изготовленные учащимися старших классов, например простые радиоприемники, переговорные устройства, телеграфные аппараты, «клад» с «кладоискателем» и т. д.

3. НАБОР «ЛОГАЗБУКА» ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

В радиоэлектронику все шире внедряются микросхемы — миниатюрные электронные блоки функционального назначения. Логические (цифровые) микросхемы лежат в основе электронно-вычислительной техники, устройств автоматических систем, приборов с цифровым отсчетом результатов измерений и многих других электронных устройств.

Для изучения основ цифровой техники в физико-техническом кружке было разработано три набора-конструктора: «Логазбука-1», «Логазбука-2», «Логазбука-3».

Электронный набор-конструктор «Логазбука-1» предназначен в помощь учащимся средних и старших классов, изучающим первоначальные сведения о цифровой технике на кружковых занятиях и дома (самостоятельно). Сборка конструкций с использованием блоков цифровой техники из этого набора доступна также школьникам младших классов, но с помощью старшеклассников.

«Логазбука-1» позволяет провести около 40 опытов по изучению основ цифровой техники на базе микросхемы К155ЛА3. В набор входит 15 деталей:

микросхема К155ЛА3 — 1 шт.;

резистор типа МЛТ-0,25—1 кОм — 2 шт.;

светодиод типа АЛ102Б с последовательно соединенным резистором 620 Ом — 2 шт.;

конденсатор оксидный типа К50-12—1 мкФ×16 В — 2 шт., К50-6—500 мкФ×6,3 В — 2 шт.;

резистор переменный типа СП-04—2,2 кОм — 1 шт.;

микропереключатель кнопочный типа МП3-1 — 2 шт.;
выключатель тумблерный типа МТ1 — 1 шт.;
телефонный капсюль низкоомный — 1 шт.;
соединительные провода — 15 шт.;
батарея элементов 3336А — 1 шт.

Детали и руководство к набору хранятся в ящике размерами 160×220×50 мм (рис. 97). Внутренняя поверхность крышки ящика представляет собой макетную плату (рис. 98). К ней жестко прикреплены источник питания, телефонный капсюль, розетка Р6-16 для установки микросхемы и 40 гнезд. На плюсовой и минусовой шинах макетной платы расположено по 5 гнезд, 2 гнезда образуют выводы телефонного капсюля. К каждому из 14 выводов розетки для микросхемы подключены два гнезда. Микросхема К155ЛА3 установлена в розетке для облегчения возможности замены при выходе ее из строя.

Остальные детали набора установлены на опорных площадках. Все они снабжены контактными выводами — в виде гибких проводов длиной 60 мм, оканчивающихся штекерами (рис. 99). На опорных площадках рядом с деталями даны их условные гра-

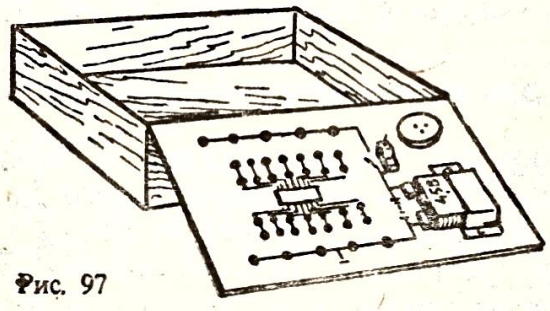
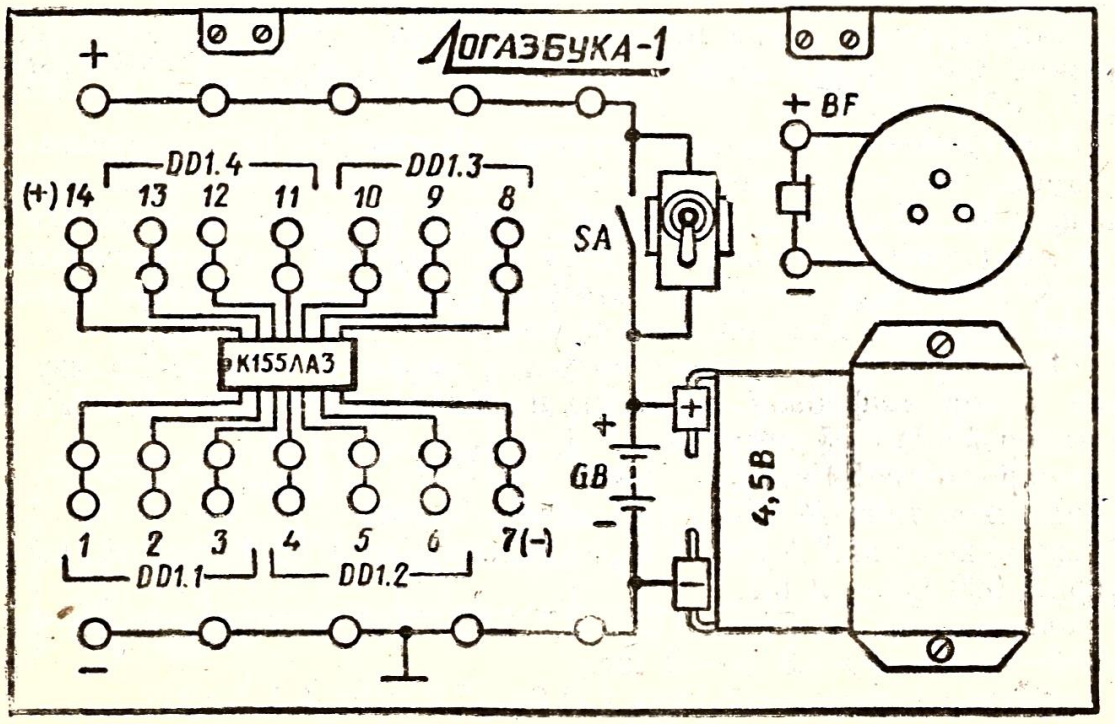


Рис. 97

Рис. 98



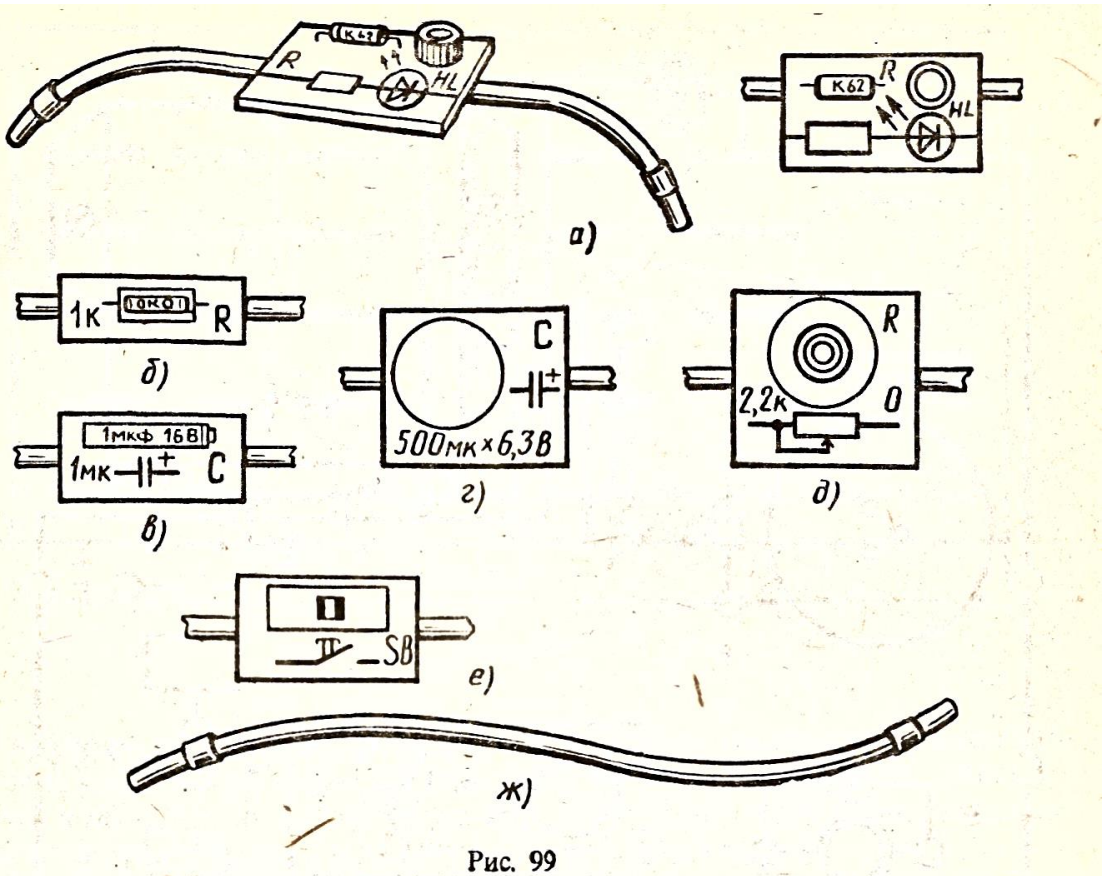


Рис. 99

фические обозначения. В набор включены также 15 соединительных проводов длиной 170 мм, оканчивающихся с обоих концов штекерами.

Набор-конструктор «Логазбука-2» отличается от набора-конструктора «Логазбука-1» некоторым дополнением: это два резистора МЛТ-0,25—1 кОм, две лампы накаливания МН3,5 В××0,15 А, два транзистора П215 и маломощное электромагнитное реле типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.304.Сп).

Размеры ящика для хранения набора-конструктора «Логазбука-2» также иные: 210×300×50 мм. Внутренняя поверхность крышки ящика представляет собой макетную плату (рис. 100) с жестко прикрепленными на ней всеми деталями набора и указанием (рядом с деталями) их условных графических обозначений и номинальных значений. Микросхема К155ЛА3 и лампы накаливания установлены в специальных гнездах для удобства замены их при выходе из строя.

Выводы всех деталей, кроме источника питания и выключателя питания, оканчиваются гнездами. На каждом выводе микросхемы, резисторов и конденсаторов расположено два гнезда. На минусовых и плюсовых шинах макетной платы размещено по 7 гнезд.

Электронный набор-конструктор «Логазбука-2» предназначен для изучения основ цифровой техники с учащимися средних и старших классов на кружковых и факультативных занятиях, на уроках информатики, физики и трудового обучения. Он удобен

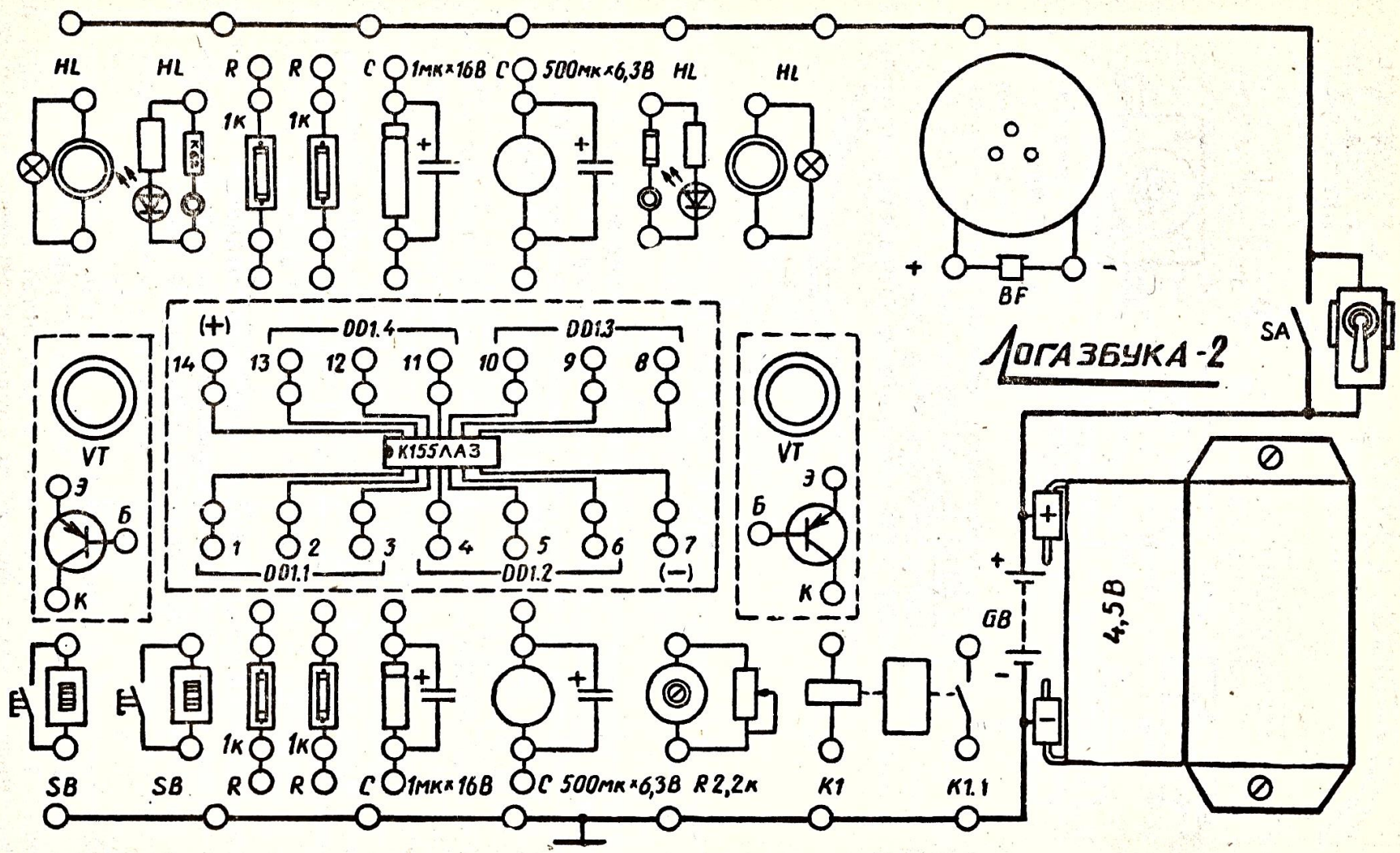

HL
HL
R
R
C 1мк×16В
C 500мк×6,3В
HL
HL
1К
1К
К62
BF
+
-
ЛОГАЗБУКА-2
SA
(+)
DD1.4
DD1.3
14
13
12
11
10
9
8
К155ЛА3
1
2
3
4
5
6
7
DD1.1
DD1.2
(-)
VT
Э
Б
К
VT
Э
Б
К
GB
4,5В
SB
SB
R
R
C 1мк×16В
C 500мк×6,3В
R 2,2к
K1
K1.1

Рис. 100

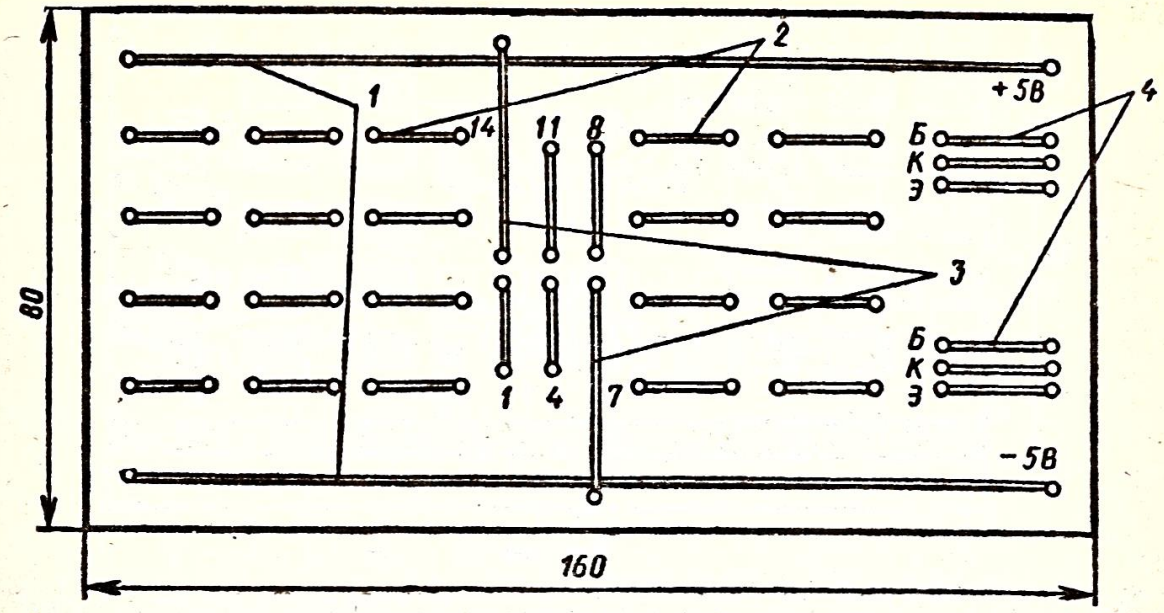


Рис. 101

для ведения кружковых занятий и в условиях отсутствия специально оборудованного помещения, например в пионерских лагерях. Набор-конструктор «Логазбука-2» также дает возможность самостоятельного усвоения предлагаемого материала.

Для работы на кружковых занятиях разработан набор **«Логазбука-3»**. Он содержит такие же детали, как и набор-конструктор «Логазбука-2», но монтаж конструкций производится на макетной плате с помощью электрической пайки.

Макетная плата изготовлена из теплостойкого диэлектрического материала, на котором из медного луженого провода диаметром 0,8 мм сформированы плюсовые и минусовые шины питания *1* (рис. 101), опорные площадки для деталей *2*, микросхемы *3* и транзисторов *4*. При установке микросхемы К155ЛА3 на макетную плату ее выводы *14* и *7* сразу же оказываются подключенными к соответствующим шинам питания.

Макетную плату можно изготовить также из фольгированного стеклотекстолита. В этом варианте опорные площадки должны быть сформированы из полосок медной фольги путем вытравливания ненужных частей (рис. 102).

На макетной плате для удобства в эксплуатации желательно монтировать розетку Р6-16, чтобы микросхемы серии К155 устанавливать без пайки.

На базе наборов «Логазбука-2» и «Логазбука-3» с использованием авометра (или вольтметра) и осциллографа можно провести более 70 опытов по изучению основ цифровой техники.

Для питания собираемых конструкций вместо батарей элементов можно использовать лабораторный источник питания для фронтальных лабораторных работ по физике (ИПФ), который дает выпрямленное напряжение около 4 В. Если параллельно к его выходным гнездам подключить оксидный конденсатор емкостью

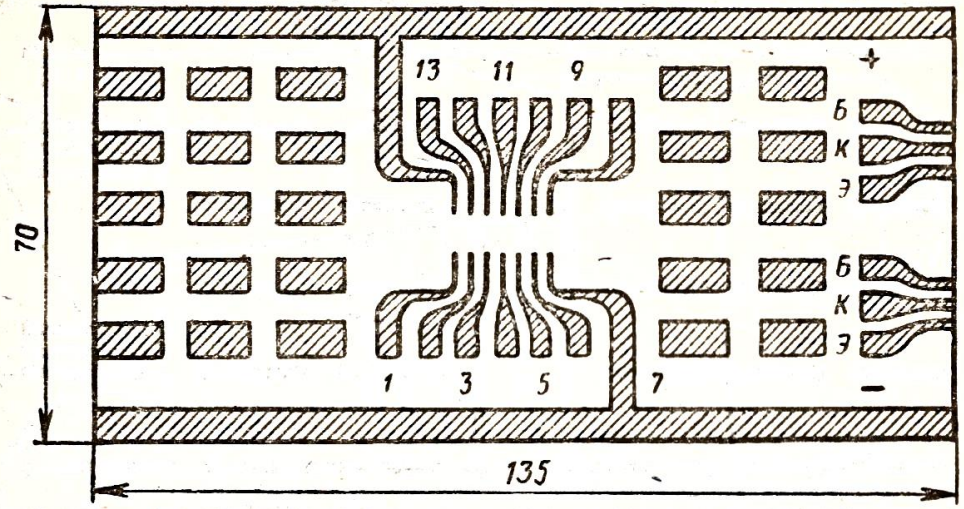


Рис. 102

2000 мкФ, то двухполупериодные пульсации будут заметно сглаживаться и выходное напряжение повысится до 5 В. Это сделает возможным использование его для питания конструкций с использованием микросхем серии К155. Источник питания можно дополнить малогабаритным оксидным конденсатором К50-24—2200 мкФ××16 В, который размещается внутри корпуса.

Из нескольких десятков логических элементов, составляющих цифровые микросхемы, в нашем кружке с начинающими радиолюбителями изучают три основных логических элемента: И, ИЛИ, НЕ и один И — НЕ, представляющий собой комбинацию элементов.

В основу логики действий цифровых микросхем, как известно, положена двоичная система счисления, состоящая из двух цифр — единицы (1) и нуля (0).

На выводах используемых в наборе микросхем серии К155 логическому нулю (0) соответствует напряжение 0,3—0,4 В, а логической единице (1) — 2,5—3,5 В.

4. ИЗУЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Логический элемент И

Условное графическое обозначение его показано на рисунке 103, *а*. Его условным символом является знак & внутри прямоугольника. Слева у прямоугольника логические входы *X1* и *X2* (их может быть и больше), справа — выход *У*. Логика действия элемента И состоит в том, что напряжение высокого уровня — логическая единица (1) — на выходе появляется только тогда, когда сигналы такого же уровня будут поданы на все входы элемента.

Разобраться в принципе действия логического элемента И помогает его электрический аналог (рис. 103, *б*), составленный из источника питания *GB1*, парных тумблерных выключателей *SA1*

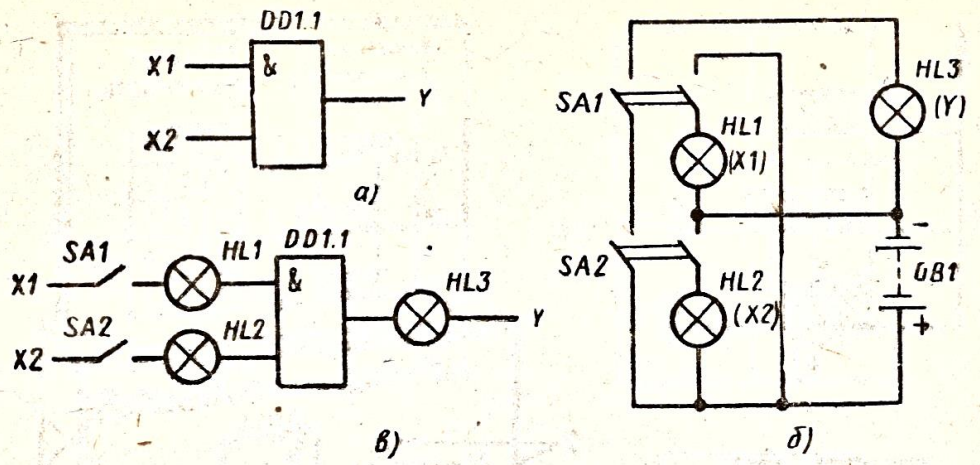


Рис. 103

и *SA2* и ламп накаливания *HL1—HL3* (МН 6,3 В×0,26 А). На демонстрационном блоке выключатели *SA1* и *SA2* с лампами *HL1* и *HL2* расположены на входах *X1* и *X2* логического элемента И, лампа *HL3* — на выходе *У* (рис. 103, *в* и 104). Загорание ламп имитирует наличие логической единицы (1) (электрический сигнал высокого уровня) на входах или выходе логического элемента И.

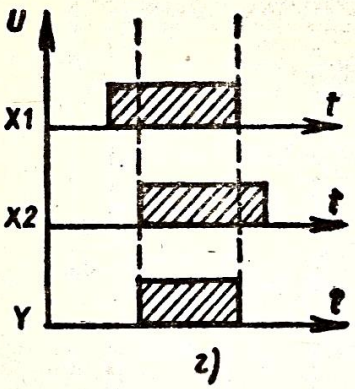
Из схемы электрического аналога видно, что лампа накаливания *HL3* на выходе элемента И загорается только тогда (логическая единица (1)), когда контакты выключателей *SA1* и *SA2* будут замкнуты одновременно и загорятся лампы *HL1* и *HL2* (логическая единица (1)) на входах элемента.

На рисунке 103, *г* изображены временные диаграммы электрических процессов, которые дают представление о работе логического элемента И. Сначала электрический сигнал высокого уровня, соответствующий логической единице (1), появляется на входе *X1*. С некоторым запаздыванием такой же сигнал появляется и на входе *X2*. На выходе *У* логического элемента И логическая единица (1) фиксируется в тот период, пока на обоих входах удерживаются сигналы, соответствующие напряжению высокого уровня (логическая единица (1)).

На рисунке 103, *д* представлена таблица истинности, наглядно показывающая состояние и логическую связь между входными и выходными сигналами логического элемента И. Из таблицы видно, что логическая единица (1) на выходе *У* появляется только тогда, когда она присутствует на всех входах одновременно. Во всех других случаях на выходе элемента — логический нуль (0).

Для наглядного ознакомления юных техников с принципом действия логических элементов И, ИЛИ, НЕ, И — НЕ в кружке изготовлены блоки. На рисунке 104 показан такой демонстрационный блок логического элемента И.

На передней поверхности блока дано условное графическое обозначение логического элемента И. На входах *X1* и *X2* расположены тумблерные выключатели *1* и лампы накаливания *2*. Третья лампа *3* смонтирована на выходе элемента. На клеммы *4*



г)

X1	X2	Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

д)

Рис. 103

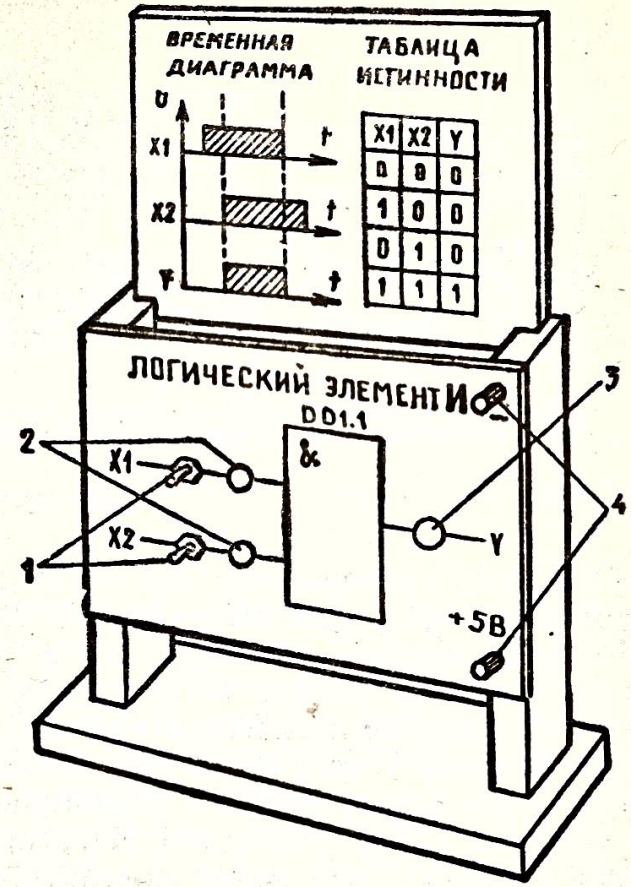


Рис. 104

подается напряжение 5 В от отдельного источника питания или блока питания (см. с. 90).

На одной из сторон задней поверхности блока, которую для демонстрации можно поднимать, а для хранения опускать (движется она вдоль направляющих пазов, проделанных в стойках), показаны временны́е диаграммы электрических процессов на входах и выходах элементов и таблица истинности. На обратной стороне этой поверхности приводится электрический аналог элемента.

По такому же принципу построены демонстрационные блоки и других логических элементов — ИЛИ, НЕ, И — НЕ.

Логический элемент ИЛИ

Условное графическое обозначение логического элемента ИЛИ показано на рисунке 105, *а*. Условным символом элемента ИЛИ является цифра 1 внутри прямоугольника. Слева у прямоугольника — логические входы *X1* и *X2* (как у элемента И, их может быть и больше), справа — выход *У*.

Логическая единица (1) на выходе *У* элемента ИЛИ появляется при наличии ее на одном из входов *X1* и *X2* или одновременно на них обоих.

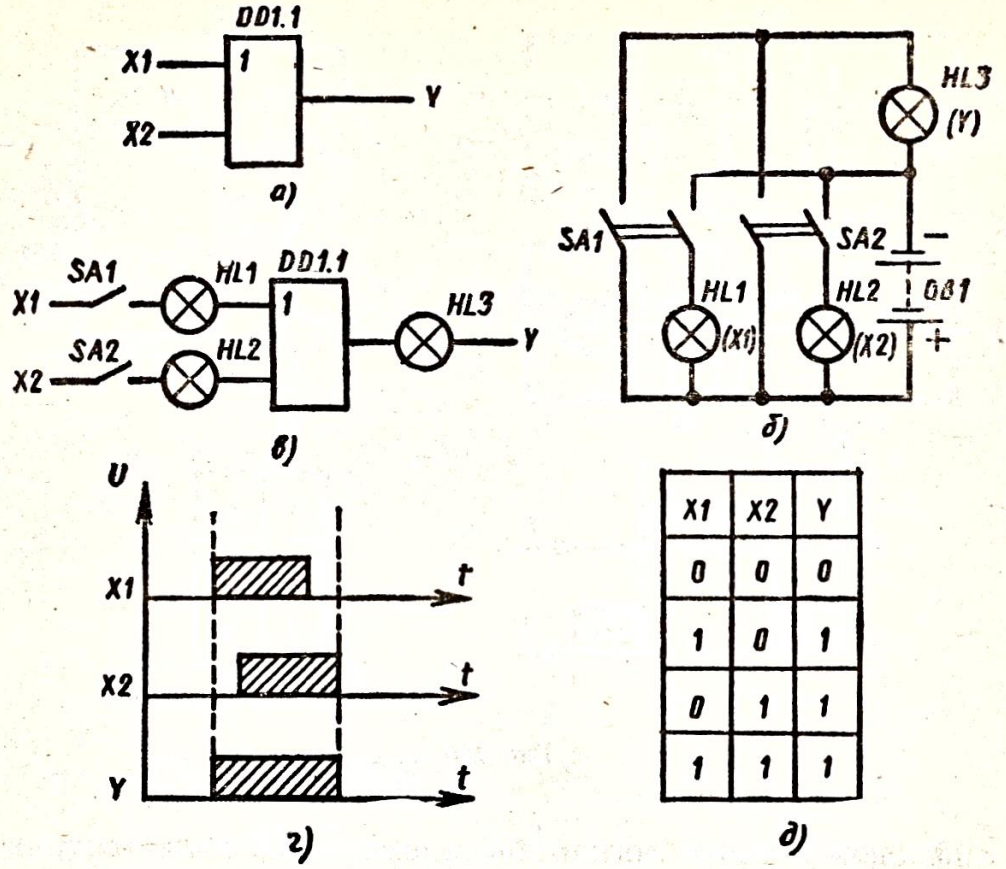


Рис. 105

На рисунке 105, *б* приведен электрический аналог действия элемента ИЛИ. На рисунке 105, *в* дано условное обозначение логического элемента ИЛИ, приводимое на передней поверхности демонстрационного блока. Из схемы электрического аналога элемента видно, что лампа *HL3* на выходе загорается всякий раз, когда загорается хотя бы одна из двух ламп *HL1* и *HL2* или обе одновременно.

Как выше было уже сказано, загорание ламп символизирует наличие электрического сигнала высокого уровня в данной точке, т. е. логической единицы (1). Значит, у элемента ИЛИ появление логической единицы (1) на любом входе отдельно или на всех входах одновременно вызывает появление такого же сигнала и на выходе *У*. Об этом же свидетельствуют временные диаграммы (рис. 105, *г*) и таблица истинности (рис. 105, *д*) логического элемента ИЛИ.

Логический элемент НЕ

Условное графическое обозначение логического элемента НЕ показано на рисунке 106, *а*. У него, как и у элемента ИЛИ, условным символом является цифра 1 внутри прямоугольника, но содержится только один вход и один выход. Линия связи выходного сигнала начинается с небольшого кружка, символизирующего логическое отрицание НЕ на выходе элемента.

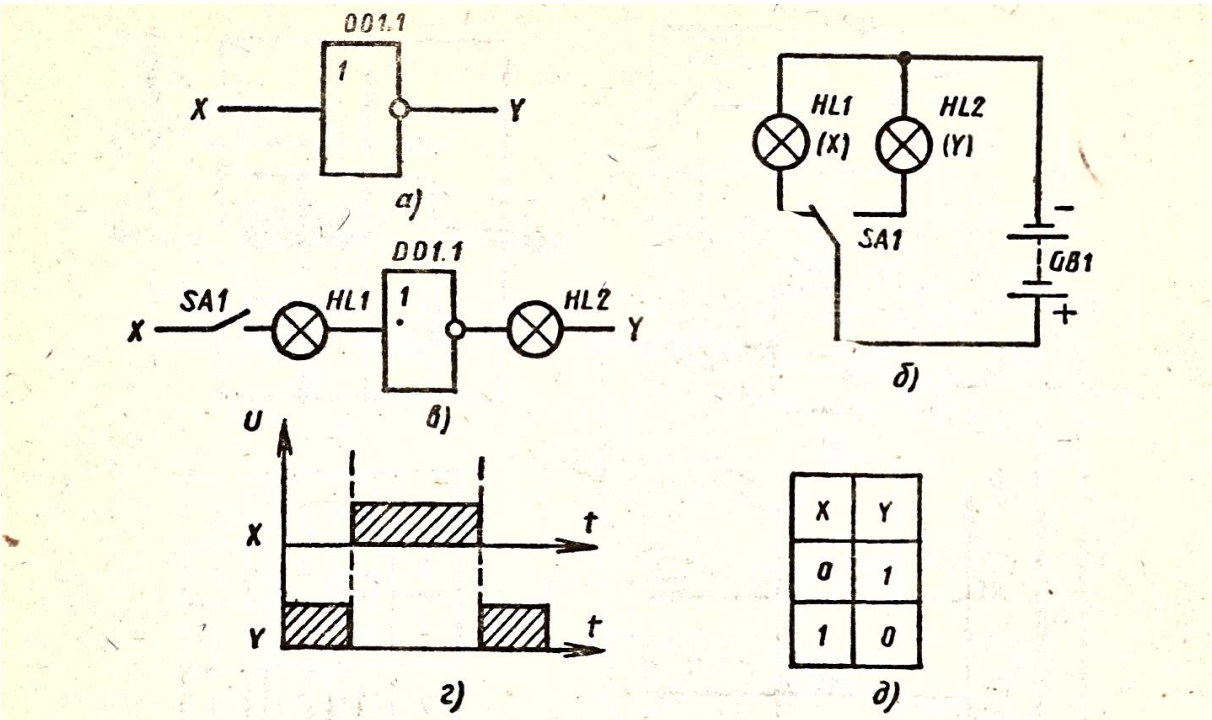


Рис. 106

В цифровой технике логический элемент НЕ является инвертором, т. е. электронным устройством, у которого выходные и входные сигналы противоположны друг другу. Это значит, что при наличии на входе элемента логической единицы (1) на выходе его — логический нуль (0) и наоборот.

Электрический аналог НЕ можно собрать по схеме, приведенной на рисунке 106, *б*. На рисунке 106, *в* дано условное обозначение логического элемента на передней поверхности демонстрационного блока. Из электрического аналога видно, что состояния ламп *HL1* и *HL2* всегда противоположны. Если одна из них загорается, другая при этом гаснет, и наоборот.

На рисунках 106, *г* и 106, *д* даны временные диаграммы работы элемента НЕ и таблица истинности логической связи между входным и выходным сигналами.

Логический элемент И — НЕ

Логический элемент И — НЕ является комбинацией элементов И и НЕ. Как видно из рисунка 107, *а*, на его условном графическом обозначении есть знак & — символ элемента И—и небольшой кружок на линии выхода сигнала, символизирующий элемент логического отрицания НЕ. У элемента И—НЕ один выход и два (или больше) входа.

Электрический аналог элемента, приведенный на рисунке 107, *б*, и его условное обозначение на демонстрационном блоке (рис. 107, *в*) помогают разобраться в принципе действия логиче-

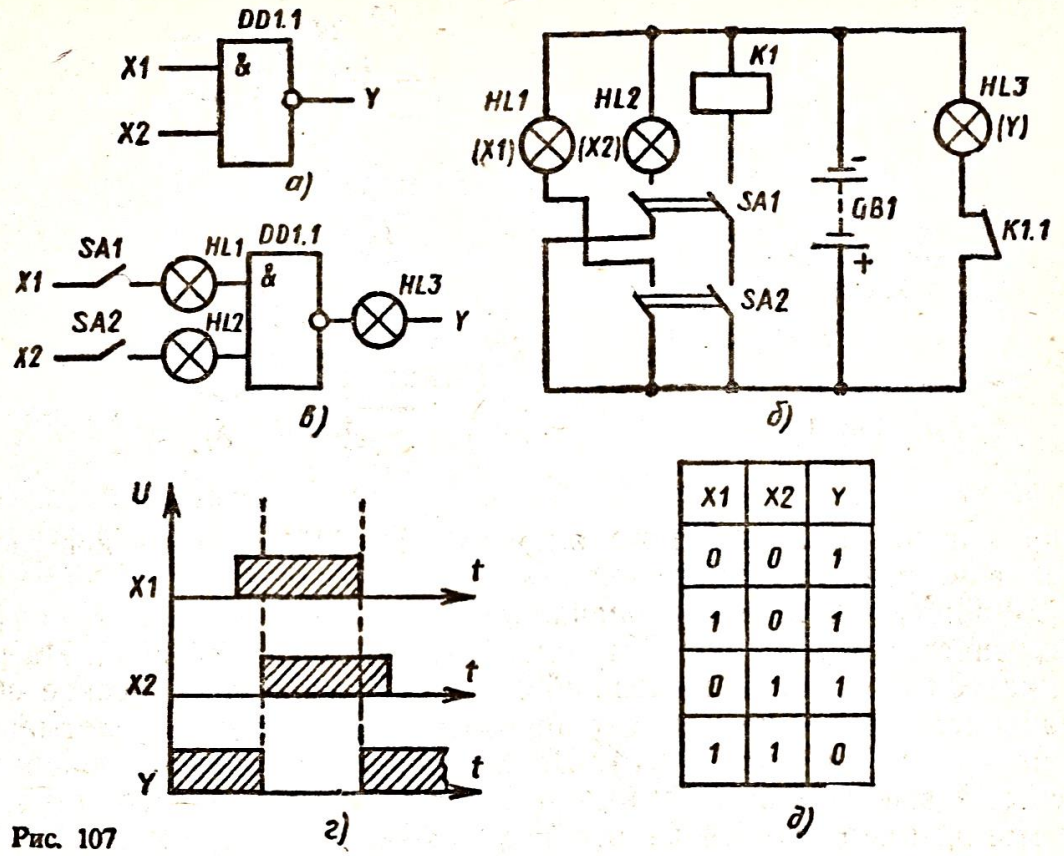


Рис. 107

ского элемента И—НЕ. Электромагнитное реле *K1* при разомкнутых контактах выключателей *SA1* и *SA2*, подключенных последовательно с обмоткой реле, своими нормально замкнутыми контактами *K1.1* питает цепь лампы *HL3* на выходе элемента, символизируя присутствие здесь логической единицы (1). При этом лампы *HL1* и *HL2* на входах *X1* и *X2* не горят, имитируя состояние логического нуля (0). Как видно из схемы, поочередное включение любого из выключателей (лампы *HL1* и *HL2*) состояния лампы *HL3* не меняет. Она гаснет (логический нуль (0)) только в том случае, когда загораются обе лампы (логическая единица (1) на всех входах).

Исходя из этого можно сделать вывод, что при сигнале низкого уровня на одном или на всех входах элемента И—НЕ (логический нуль (0)) на выходе действует сигнал высокого уровня (логическая единица (1)), который изменится на сигнал низкого уровня (логический нуль (0)) только при появлении сигнала высокого уровня на всех входах элемента. В этом можно убедиться, изучая временные диаграммы работы элемента (рис. 107, *г*) и таблицу истинности логической связи между входными и выходными сигналами (рис. 107, *д*).

Если у элемента И—НЕ соединить все входы вместе, то он превратится в элемент НЕ, выполняющий функции инвертора. Это значит, что если на объединенные входы элемента И—НЕ подать электрический сигнал высокого (или низкого) уровня, то на выходе возникнет сигнал противоположного уровня. Это свой-

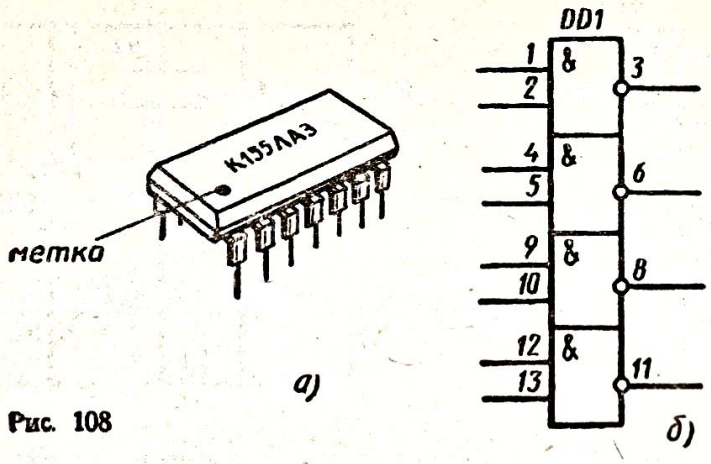


Рис. 108

ство инвертора логического элемента И—НЕ широко используется в устройствах цифровой техники.

В нашем кружке первоначальные навыки применения цифровых микросхем мы даем на примере микросхемы К155ЛА3. На рисунке 108 показаны ее внешний вид и условное графическое обозначение. Микросхема имеет прямоугольной формы пластмассовый корпус (см. рис. 108, *а*). Вдоль длинных сторон его расположены 14 выводов, нумерация которых идет против часовой стрелки от метки, находящейся на верхней поверхности корпуса.

Микросхема К155ЛА3 (см. рис. 108, *б*) представляет собой четыре самостоятельных логических элемента 2И—НЕ, питающихся от общего источника тока напряжением 5 В. К выводу 7 подается «—», а к выводу 14 — «+» источника питания.

Рассмотрим ряд опытов и практических конструкций с использованием одной микросхемы К155ЛА3.

Опыт 1. На макетную панель устанавливают микросхему К155ЛА3 и, подключив источник питания стабилизированного напряжения 5 В, вольтметром (или авометром) измеряют напряжение на входных выводах *1, 2, 4, 5, 9, 10, 12, 13* (см. рис. 108), а затем — на выходных *3, 6, 8, 11* относительно общей шины, соединенной с отрицательным полюсом источника тока.

Из опыта делают вывод: у исправной микросхемы на входных выводах вольтметр показывает около 1,4 В, на выходных — около 0,3 В.

Опыт 2. Подключив входные выводы элемента *DD1.1* (рис. 109) через резисторы 1 кОм к положительной шине макетной платы, поочередно измеряют напряжение на выводах *1, 2, 3*. На входных выводах вольтметр показывает высокий уровень напряжения (3,5—4 В), соответствующий логической единице (1), на выходе — низкий уровень напряжения (около 0,3 В), соответствующий логическому нулю (0).

Делают вывод. Когда на обоих входах элемента 2И—НЕ имеется логическая единица (1), на выходе будет логический нуль (0).

Опыт 3. Проводят измерения, аналогичные тем, что выполняли в опыте 2, отключив входы *1* и *2* (см. рис. 109) от резисто-

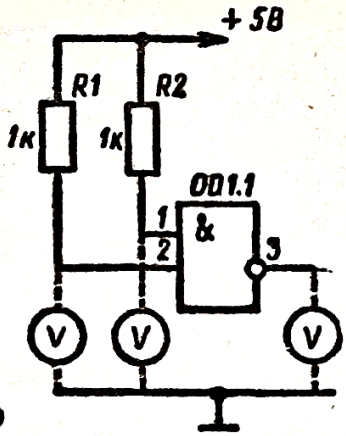


Рис. 109

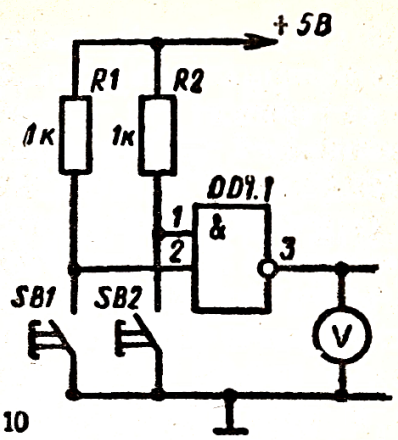


Рис. 110

ров, и убеждаются в том, что состояние элемента при этом не изменяется.

Делают вывод. При свободных входных выводах элемент 2И—НЕ находится в нулевом состоянии, т. е. неподключение входов равносильно подаче на них высокого уровня напряжения, соответствующего логической единице (1).

Опыт 4. Замыкая по очереди выводы *1* и *2* (рис. 110) и соединяя тем самым с общей минусовой шиной источника питания, следят за показаниями вольтметра на выходе элемента. Он регистрирует логическую единицу (1). Затем убеждаются, что при отключенных кнопках *SB1* и *SB2* элемент находится в нулевом состоянии, т. е. на выходном выводе *3* вольтметр показывает низкий уровень напряжения (см. опыт 2).

Делают вывод. 1. Наличие логического нуля (0) на одном или на всех входах элемента 2И—НЕ переводит его в состояние логической единицы (1).

2. Подключение вывода к общей минусовой шине соответствует подаче на него логического нуля (0).

Примечание. Вместо кнопочных выключателей *SB1* и *SB2* в этом и других опытах можно использовать куски монтажного провода.

Опыт 5. Следят за показаниями вольтметра (рис. 111) при размыкании и замыкании цепи с помощью кнопки *SB1*.

Делают вывод. Если оба входа элемента 2И—НЕ соединены вместе, то сигнал на выходе противоположен входному и этот элемент превращается в элемент НЕ.

Опыт 6. Замыкая и размыкая цепь (рис. 112) кнопкой *SB1*, следят за показанием вольтметра и лампой *HL1*. При разомкнутой цепи, когда на входе элемента, включенного инвертором (элемент НЕ), имеется логическая единица (1), на выходе присутствует логический нуль (0). При этом транзистор *VT1* закрыт и лампа не горит. При замыкании цепи на входе появляется логический нуль (0) и элемент переходит в единичное состояние. Об этом свидетельствуют показания вольтметра и загорание лампы.

Делают вывод. Состояние логического элемента можно контролировать транзисторным индикатором с лампой накаливания, ко-

торый подключают к выходу логического элемента через резистор *R2*, ограничивающий ток базы. Значение сопротивления этого резистора зависит от сопротивления индикаторной лампы и типа применяемого транзистора.

Примечания. 1. Для индикатора можно использовать транзистор структуры *p—n—p*-типа, например серий МП39—МП42, эмиттер которого подключается к положительному полюсу источника тока через индикаторную лампу (рис. 113). Лампа загорается при низком уровне напряжения на выходе логического элемента, а при высоком уровне напряжения гаснет.

2. В этом и последующих опытах вместо транзисторного индикатора можно использовать светодиодный индикатор, который светится при отрицательном импульсе на выходе элемента. Его подключение к элементу показано на схеме рисунка 114.

Опыт 7. Конструкция (рис. 115), собранная на двух элементах *DD1.1* и *DD1.2*, включенных инверторами, представляет собой автоколебательный мультивибратор — генератор импульсов прямоугольной формы периодической последовательности. Конденсатор *C1* обеспечивает положительную обратную связь между входом и выходом элементов *DD1.1* и *DD1.2*, а конденсатор *C2* — между входом и выходом элементов *DD1.2* и *DD1.1*. Резисторы *R1* и *R2* — плечи мультивибратора — создают на входах соответствую-

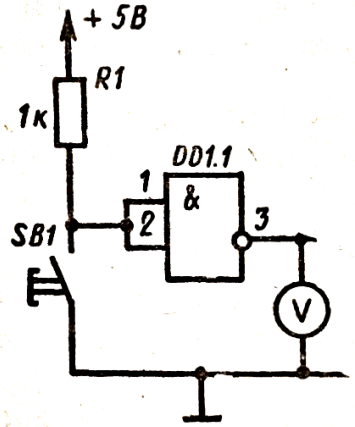


Рис. 111

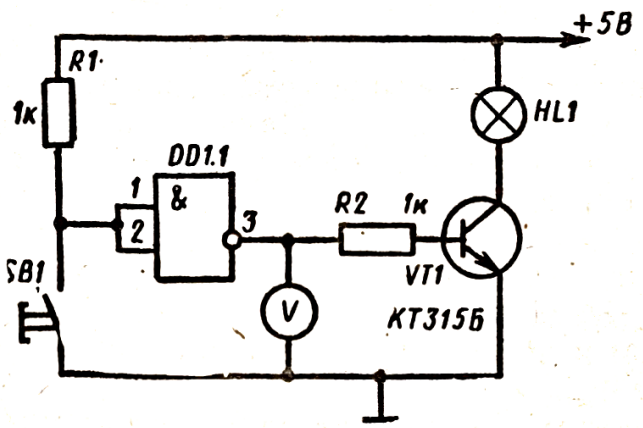


Рис. 112

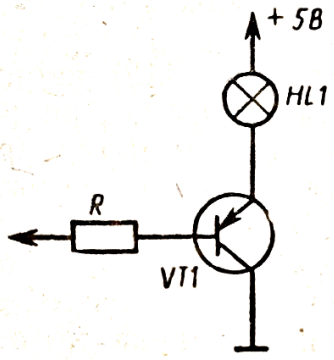


Рис. 113

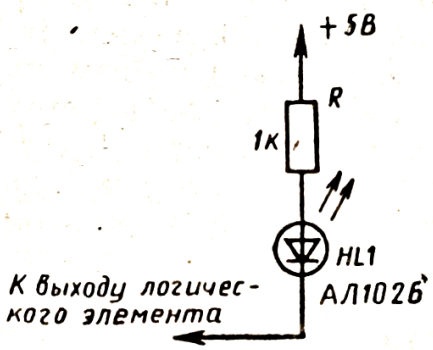


Рис. 114

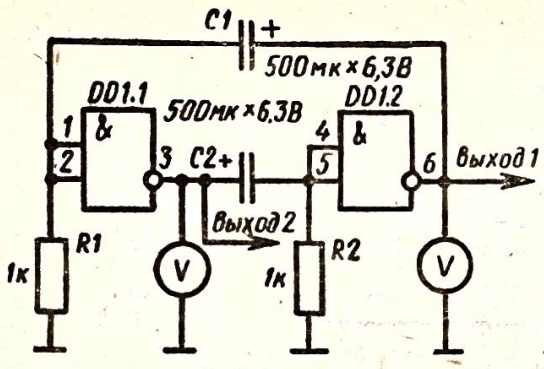


Рис. 115

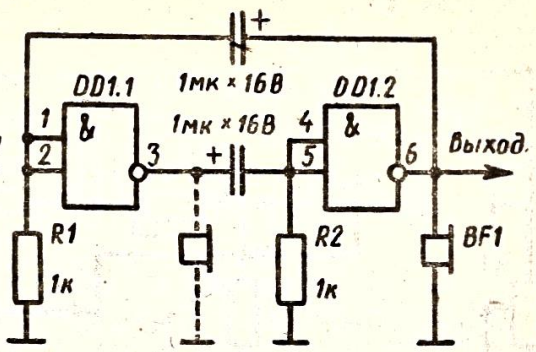


Рис. 116

щих элементов постоянное напряжение, облегчающее запуск и работу генератора.

Из-за непрерывного процесса перезарядки конденсаторов мультивибратор автоматически занимает то одно, то другое из двух возможных состояний. Одному из них соответствует уровень логической единицы (1) на первом выходе (точка *6*) и логического нуля (0) на втором выходе (точка *3*), другому — уровень логического нуля (0) на первом выходе и логической единицы (1) на втором. Период чередования состояний зависит от номиналов конденсаторов *C1* и *C2* и резисторов *R1* и *R2*. При одинаковых значениях номиналов применяемых конденсаторов и резисторов длительность состояний логической единицы (1) и логического нуля (0) на выходах одинакова. Такой мультивибратор называют симметричным.

Подключив к выходам мультивибратора вольтметры, убеждаются в его работе. Обращают внимание на то, что уровни сигналов на выходах противоположны друг другу.

Опыт 8. Если в конструкции мультивибратора (рис. 116) использовать конденсаторы емкостью 1 мкФ, то он будет вырабатывать импульсы звуковой частоты. В этом убеждаются, подключив к выходам *6* или *3* головные телефоны.

Опыт 9. Если в конструкции мультивибратора (см. опыт 8) один из резисторов, например *R1*, заменить переменным резистором на 2,2 кОм, то им можно плавно регулировать частоту генерации. В этом убеждаются на опыте.

Опыт 10. Наглядное представление о работе мультивибратора можно получить, если к его выходам подключить транзисторные индикаторы, лампы которых загораются попеременно (рис. 117). Логическая единица (1) на выходах генератора вызывает загорание лампы, при логическом нуле (0) лампы гаснут. Переменным резистором *R1* можно регулировать частоту включения ламп.

Опыт 11. При другом включении (рис. 118) лампы мигают одновременно.

Примечание. Если лампы загораются недостаточно ярко, нужно уменьшить сопротивление базовых резисторов.

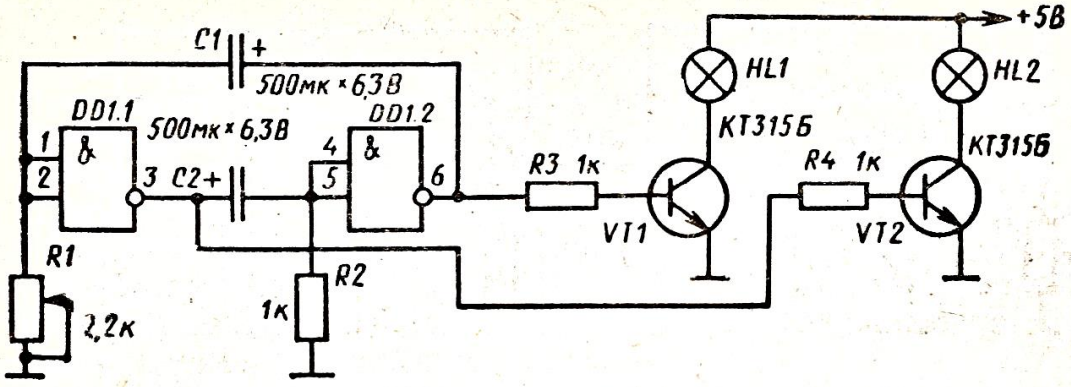


Рис. 117

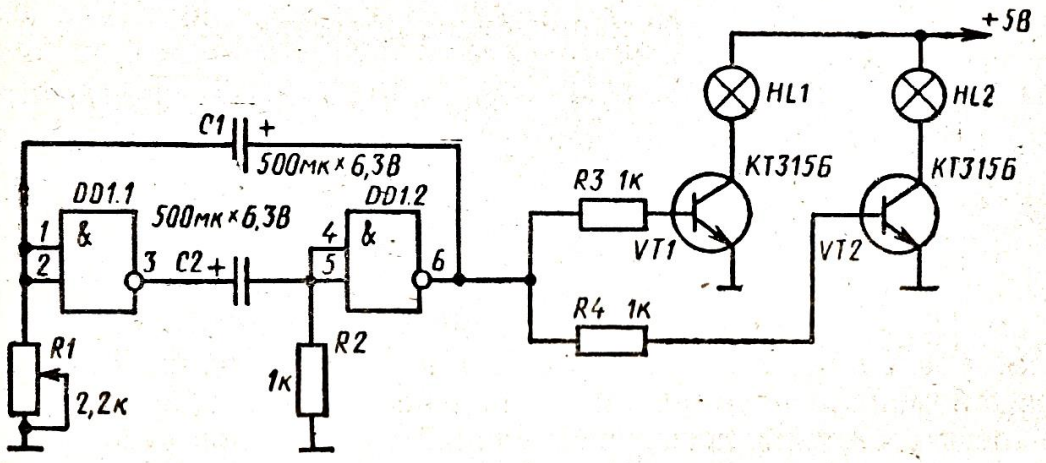


Рис. 118

Опыт 12. Для переключения более мощных гирлянд, например елочных, в предыдущих конструкциях индикаторную лампу заменяют низковольтным маломощным реле (рис. 119).

Опыт 13. В конструкциях звукового генератора телефоны включают через транзисторный усилитель (рис. 120). Громкость звука значительно увеличивается.

Примечание. Телефон *BF1* можно заменить динамической головкой мощностью 0,25—0,5 Вт.

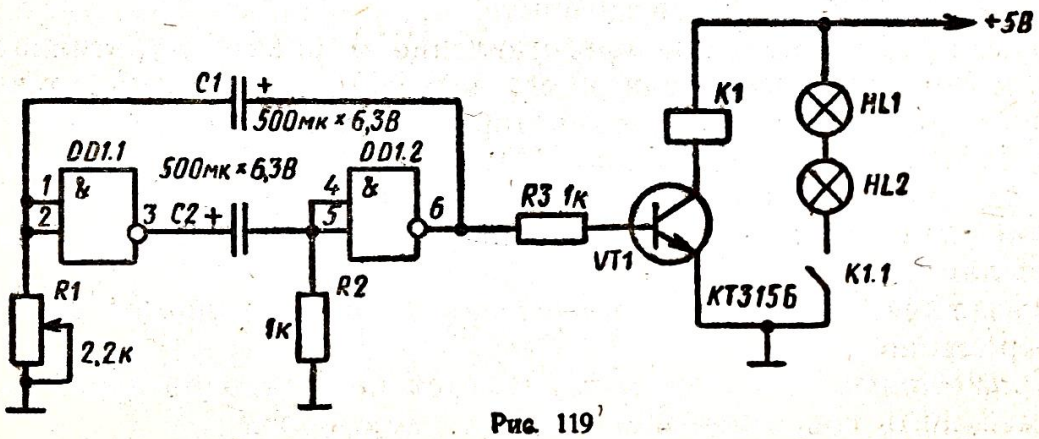


Рис. 119

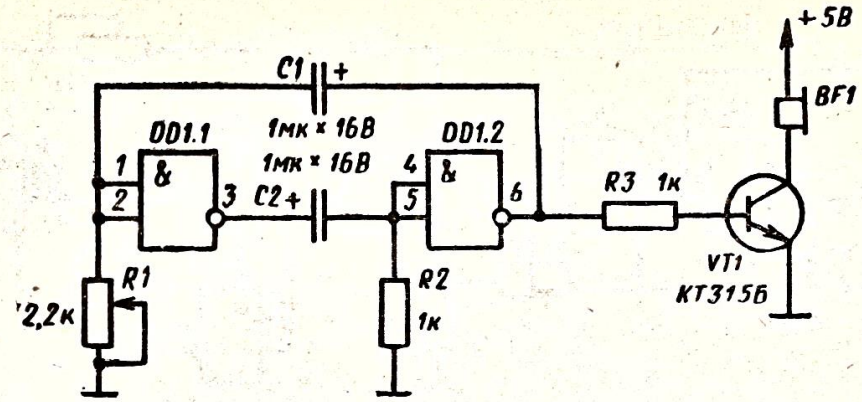


Рис. 120

Опыт 14. На схеме рисунка 121 показан другой вариант мультивибратора — на двух элементах 2И—НЕ, включенных инверторами. Частота генерации зависит от емкости конденсатора *C1* и сопротивления резистора *R2*. Резистор *R1* сопротивлением 2 кОм (два резистора по 1 кОм, соединенные последовательно) создает на входе элемента постоянное напряжение, обеспечивающее условия устойчивой работы мультивибратора.

Подключив к выходу мультивибратора телефонный капсюль, проверяют его работоспособность. Исследуют работу конструкции в качестве звукового генератора, вращая ручку переменного резистора *R2* и изменяя емкость конденсатора *C1*. Подключив к нему параллельно еще один конденсатор на 1 мкФ, наблюдают изменение частоты генерации. Для усиления генерируемого мультивибратором звука используют транзисторный усилитель (см. рис. 120).

Опыт 15. В конструкции мультивибратора (см. рис. 121) используют конденсатор *C1* емкостью 500 мкФ. Выполняют опыты, аналогичные опытам 10, 11, 12. Повторяют опыты, подключив параллельно конденсатору еще один емкостью 500 мкФ. Обращают внимание на то, что частота генерации при этом уменьшается почти вдвое.

Опыт 16. Конструкция (рис. 122) представляет собой симметричный мультивибратор. Меняя емкости используемых конден-

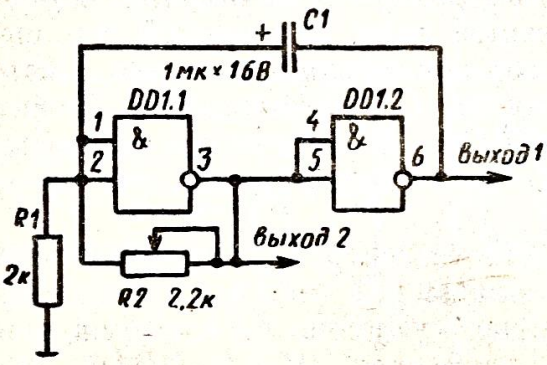


Рис. 121

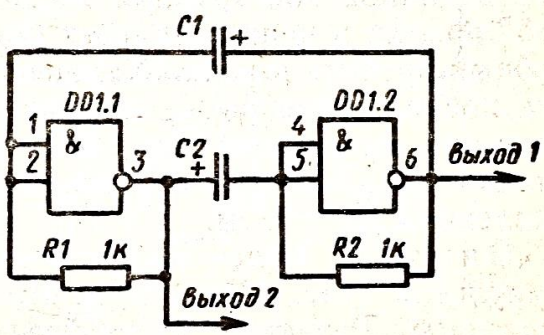


Рис. 122

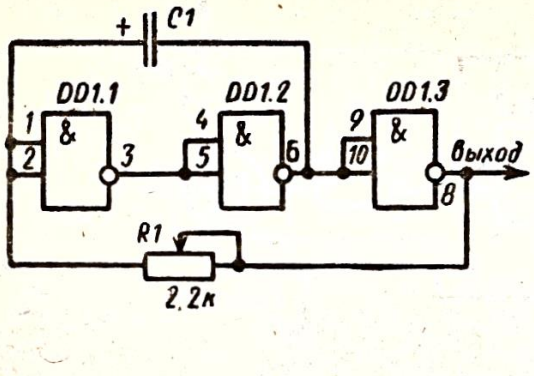


Рис. 123

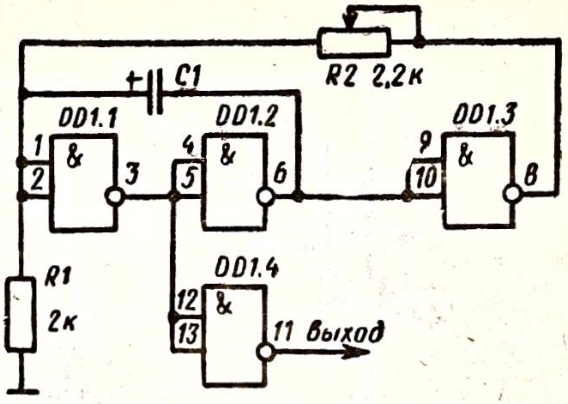


Рис. 124

саторов и применяя транзисторные индикаторы, исследуют его работу.

Опыт 17. Во всех предыдущих конструкциях генераторов использовали два элемента микросхемы К155ЛА3 из четырех и включали их инверторами. В схеме, показанной на рисунке 123, мультивибратор собран на трех логических элементах *DD1.1—DD1.3*, соединенных между собой последовательно. По сравнению с конструкциями предыдущих мультивибраторов он более стабилен в работе. Частота его генерации зависит от номиналов конденсатора *C1* и резистора *R1*.

В опыте:

1. При емкости конденсатора *C1* в 500 мкФ к выходу элемента *DD1.3* подключают транзисторный световой индикатор и проверяют работоспособность конструкции.

2. При емкости конденсатора *C1* в 1 мкФ к выходу элемента *DD1.3* подключают головные телефоны. Переменным резистором *R1* регулируют частоту генерации.

3. К выходу мультивибратора подключают транзисторный усилитель с телефоном. Достаточно громкий звук получают, используя громкоговоритель мощностью 0,25—0,5 Вт, который может быть включен как в коллекторной, так и в эмиттерной цепях транзистора.

Примечание. При использовании конденсатора большой емкости в данной конструкции мультивибратора в начальный момент его зарядки в цепи возникает большой силы мгновенный ток, способный пробить выходной транзистор логического элемента. Поэтому последовательно с конденсатором *C1* желательно включить резистор сопротивлением 300—500 Ом. В описываемых опытах можно использовать параллельно включенные резисторы сопротивлением по 1 кОм.

Опыт 18. Более стабилен в работе генератор прямоугольных импульсов (рис. 124), где использованы все четыре элемента микросхемы. Резистор *R1* обеспечивает условия самовозбуждения мультивибратора, собранного на элементах *DD1.1—DD1.3*. Элемент *DD1.4* применяют для формирования выходного сигнала.

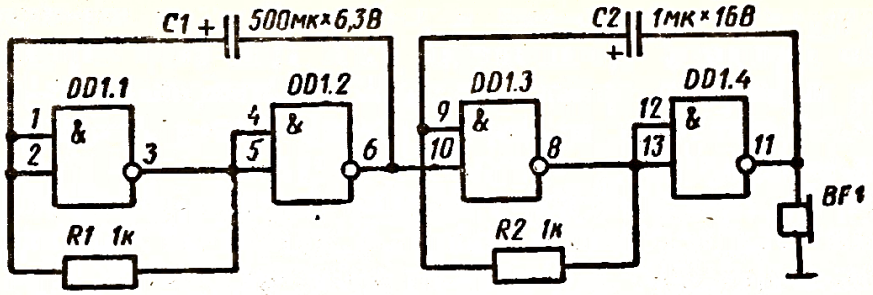


Рис. 125

Используя прилагаемые конденсаторы, транзисторные индикаторы и головные телефоны, исследуют работу конструкции.

Опыт 19. Конструкция (рис. 125) состоит из двух взаимосвязанных мультивибраторов, выполненных на логических элементах одной микросхемы. Она представляет собой генератор прерывистого звукового сигнала. Первый мультивибратор, собранный на элементах *DD1.1* и *DD1.2*, вырабатывает импульсы частотой около 1 Гц; второй — на элементах *DD1.3* и *DD1.4* — генерирует электрические колебания частотой около 1000 Гц (но его работой управляет первый мультивибратор). Телефон звучит лишь в те моменты, когда на выходе первого генератора (точка *6*) появляется логическая единица (1).

Изменяя емкости конденсаторов *C1* и *C2* и сопротивления резисторов *R1* и *R2*, следят за изменением тональности звучания телефона и длительности сигналов.

Используя световой транзисторный индикатор, в этой конструкции легко можно сделать так, чтобы звуковые сигналы сопровождались световыми.

Разрабатывают и собирают подобную конструкцию.

Опыт 20. Конструкция, схема которой приведена на рисунке 126, представляет собой ждущий мультивибратор, т. е. мультивибратор, у которого одно состояние устойчивое, а другое — неустойчивое. Включив питание, измеряют напряжения на выводах элементов и убеждаются в том, что в ждущем режиме первый элемент находится в нулевом состоянии, второй — в единичном. После

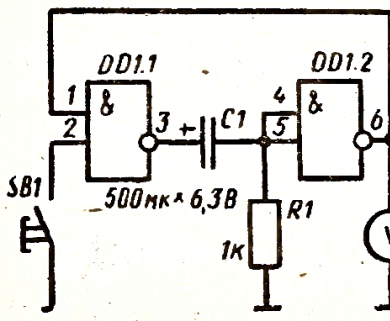


Рис. 126

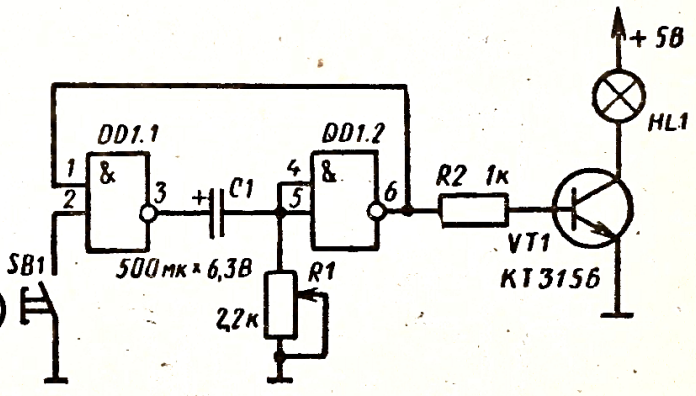


Рис. 127

этого вольтметр подключают к выводу *6* и на короткое время замыкают контакты выключателя *SB1*. При этом стрелка вольтметра на некоторое время (около 2 с) возвращается к началу шкалы — индуцируется нулевой уровень, затем занимает исходное ждущее состояние.

Опыт 21. При включении в схеме (рис. 127) источника питания лампа *HL1* загорается, так как логическая единица (1) на выходе элемента *DD1.2* открывает транзистор *VT1*. При кратковременном нажатии на пусковую кнопку *SB1* лампа *HL1* гаснет и вновь загорается при истечении определенного времени, продолжительность которого определяется номиналами резистора *R1* и конденсатора *C1*. Убеждаются в этом, увеличивая емкость конденсатора *C1* и вращая ручку переменного резистора *R1*.

Опыт 22. Известно, что на выходах ждущего мультивибратора (рис. 128) уровни сигналов противоположны друг другу. Поэтому при таком подключении эффект будет обратный тому, что наблюдался в опыте 21. Лампа *HL1* загорается на определенное время только после замыкания входа *2* логического элемента *DD1.1* с общей шиной.

Опыт 23. Такого же эффекта, как в опыте 22, можно добиться, если между элементом *DD1.2* (рис. 129) и транзисторным индикатором расположить элемент *DD1.3*, который, будучи вклю-

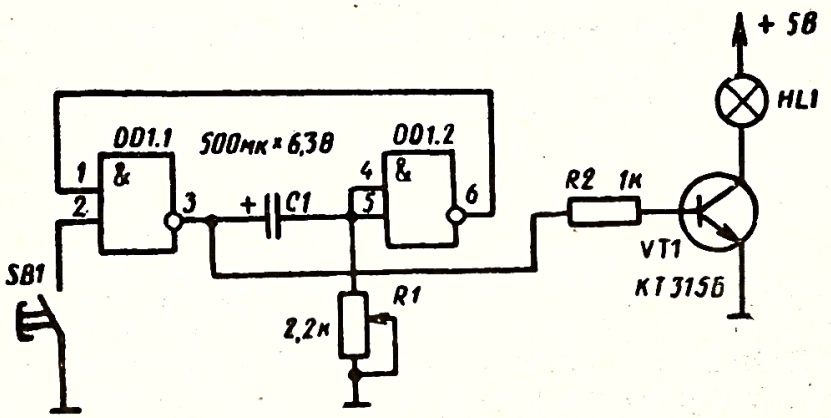


Рис. 128

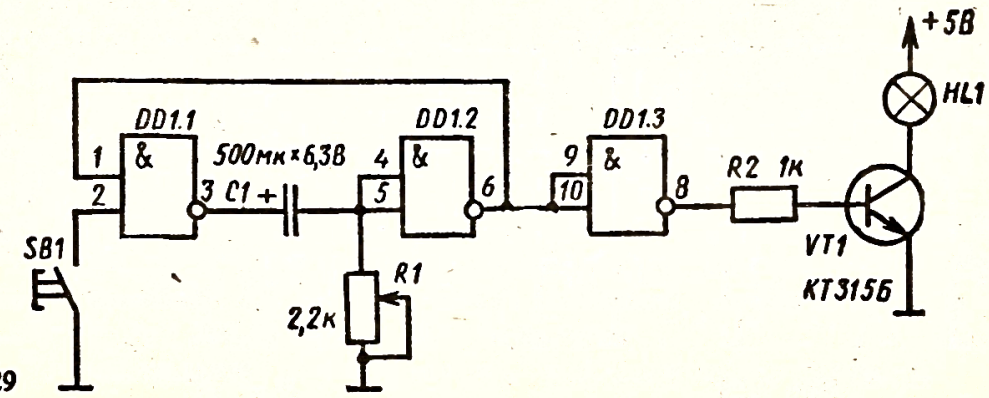


Рис. 129

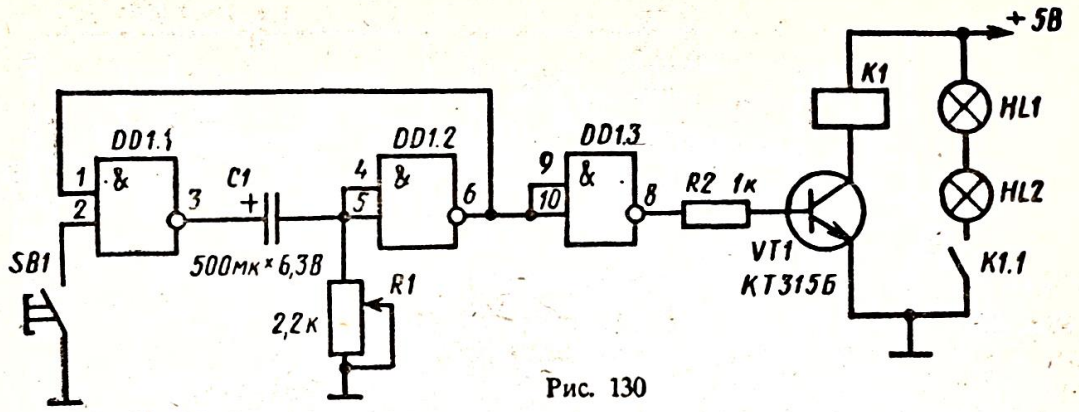


Рис. 130

чен инвертором (элемент НЕ), на выходе (точка *8*) формирует сигнал, противоположный входному. Следовательно, в ждущем режиме, когда на выходе элемента *DD1.2* имеет место логическая единица (1), на выходе элемента *DD1.3* присутствует логический нуль (0). Поэтому лампа *HL1* загорается только после запуска мультивибратора.

Опыт 24. Если в схеме опыта 23 (см. рис. 129) вместо лампы *HL1* использовать электромагнитное реле (рис. 130), то конструкция ждущего мультивибратора может выполнять роль реле времени. В этом убеждаются на опыте. Время выдержки зависит от емкости конденсатора *C1* и сопротивления резистора *R1*.

Опыт 25. Нетрудно догадаться, что в исходном состоянии конструкции, схема которой представлена на рисунке 131, лампа *HL1* не горит, а лампа *HL2* горит. При запуске мультивибратора нажатием кнопки *SB1* состояния ламп на некоторое время меняются на противоположные.

Опыт 26. В конструкции (рис. 132) к выходу ждущего мультивибратора включен звуковой индикатор, представляющий собой автоколебательный мультивибратор, собранный на элементах *DD1.3* и *DD1.4*. В исходном состоянии, когда на выходе элемента *DD1.2* напряжение высокое, мультивибратор на элементах *DD1.3* и *DD1.4* генерирует звуковые сигналы. При запуске ждущего мультивибратора звуковой сигнал на время прекращает работу, так как в этот период на входе *10* элемента *DD1.3* логический нуль (0).

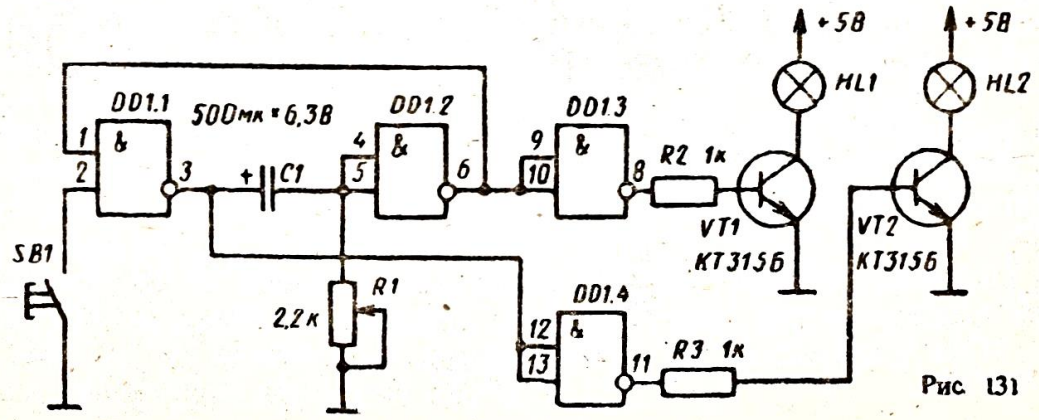


Рис. 131

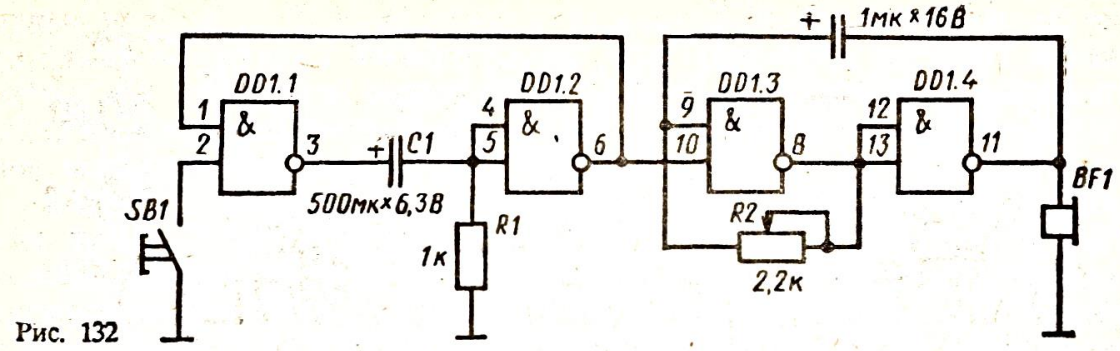


Рис. 132

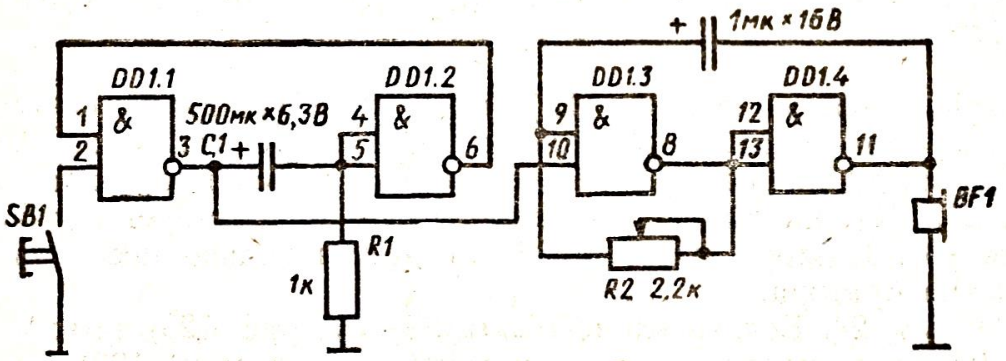


Рис. 133

Опыт 27. При таком подключении звукового индикатора к ждущему мультивибратору, как показано на рисунке 133, звуки в телефоне раздаются в течение некоторого времени после нажатия на пусковую кнопку *SB1*.

Примечание. Используя опыты 21—27, конструируют и проверяют в работе схему ждущего мультивибратора с одновременным действием звукового и светового индикаторов.

Опыт 28. Автоколебательный мультивибратор (рис. 134) может находиться в двух состояниях, из которых ни одно не явля-

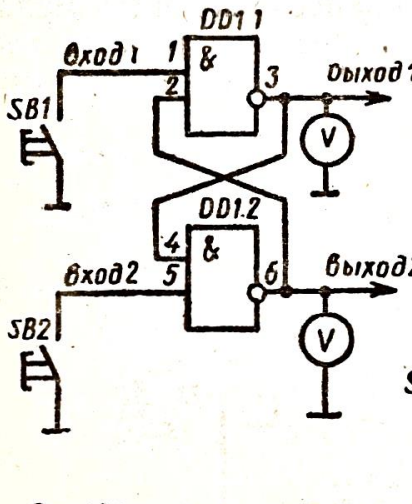


Рис.134

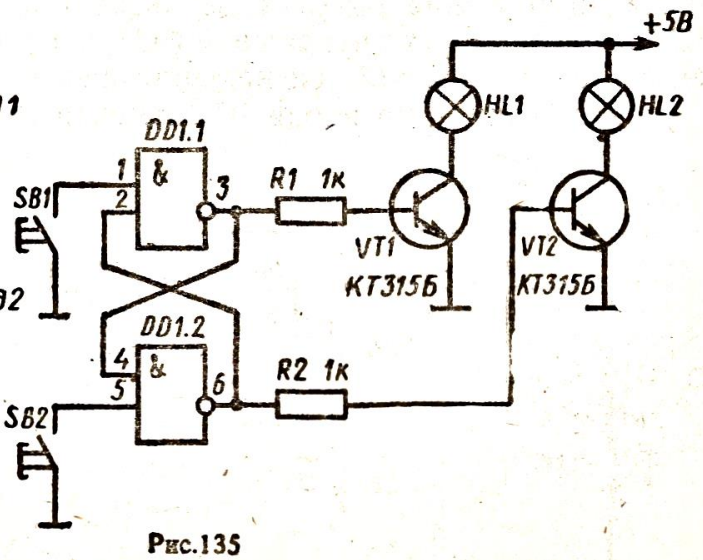


Рис.135

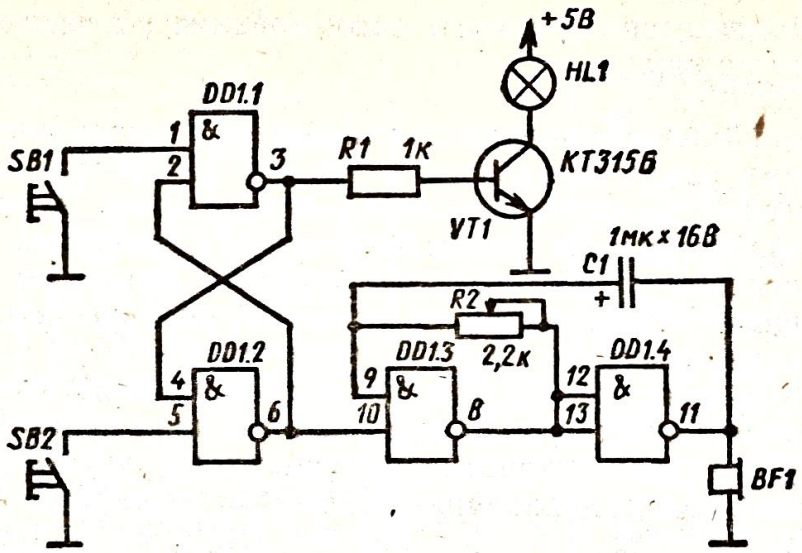


Рис. 136

ется устойчивым. У ждущего мультивибратора одно состояние устойчивое, а другое — неустойчивое.

Электронные устройства с двумя устойчивыми электрическими состояниями называют триггерами. Схема самого простого триггера, называемого *RS*-триггером, приведена на рисунке 134. Он образован из двух логических элементов 2И—НЕ с перекрестными обратными связями между их входами и выходами. Триггер имеет два независимых входа — выводы *1* и *5* — и два выхода — выводы *3* и *6*. После включения питания на одном из выходов напряжение высокое, на другом — низкое. В этом можно убедиться, подключая к ним вольтметр.

Пусть элемент *DD1.1* оказался в единичном состоянии, а элемент *DD1.2* — в нулевом. В таком состоянии триггер может находиться сколь угодно долго, причем замыкание контактов кнопки *SB1* состояния триггера не меняет. Убеждаются в этом на опыте, неоднократно нажимая на кнопку *SB1*. Но при первом же замыкании контактов кнопки *SB2* устройство переключается во второе состояние, когда на первом выходе 0, на втором — 1. В этом состоянии триггер тоже может находиться сколь угодно долго, и неоднократное замыкание контактов кнопки *SB2* ничего не меняет. Но при первом же нажатии на кнопку *SB1* система переводится в другое состояние.

Опыт 29. Работа описываемого выше триггера становится более понятной, если к выходам его подключить транзисторные индикаторы с лампами накаливания (рис. 135). Убеждаются в этом на опытах.

Опыт 30. В конструкции, схема которой представлена на рисунке 136, в одном положении триггера горит индикаторная лампа *HL1*, а в другом — мультивибратор на элементах *DD1.3* и *DD1.4* генерирует звуковые сигналы.

5. КОМПЛЕКТ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ [1]

Для ознакомления начинающих любителей современной техники с основами радиоэлектроники в кружке разработан и используется комплект демонстрационного оборудования, в состав которого входят следующие блоки: блок питания, усилитель звуковой частоты, звуковой генератор, реле времени, фотореле, термореле, селективное реле с радиоакустическим управлением, емкостное реле, радиоприемник прямого усиления 2—*V*—1, интерферометр звуковых волн, прибор для демонстрации свойств активного, индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи переменного тока, цветомузыкальная установка, бегущие огни, акустические колонки (2 шт.), блок индикации, логические элементы И, ИЛИ, НЕ, И—НЕ.

Конструктивно все блоки оформлены однотипно. Ниже приведено описание **блока фотореле** (рис. 137).

На основании *1* установлены стойки *2*. На стойках с передней стороны закреплена прямоугольная поверхность *3*, на которой смонтирована монтажная плата *4* со схемой, входные, выходные клеммы и клеммы питания *5*, элементы регулирования, контроля, индикации *6*. Плата со схемой защищена прозрачным оргстеклом *7*, закрепленным на передней поверхности с помощью четырех винтов. Стойки с внутренней стороны снабжены прорезями (см. рис. 140), в которых установлена еще одна прямоугольная поверхность *8* (см. рис. 137). На одной стороне этой поверхности приведена принципиальная электрическая схема блока, а на другой — ее печатная плата. При хранении комплекта поверхность *8* опускают вниз до уровня передней поверхности (рис. 138), а для демонстрации приподнимают (или совсем вынимают) и фиксируют той стороной к наблюдателю, которая в данный момент необходима (рис. 139). Устройство и размещение фиксатора показаны на рисунке 140. Здесь представлены: положение фиксатора при опущенной задней поверхности (рис. 140, *а*); положение фиксатора при приподнятой задней поверхности (рис. 140, *б*), где *1* — передняя поверхность блока; *2* — стойка блока с прорезью для данной поверхности; *3* — фиксатор; *4* — шуруп; *5* — штырь. Размеры и конструкция фиксатора указаны на рисунке 140, *в*. Стойки и основание конструкций изготовлены из многослойной фанеры, передняя и задняя поверхности — из пластика. Схема смонтирована на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита (гетинакса, текстолита). Принципиальная схема и рисунок печатной платы выполнены тушью на ватмане, приклеены на поверхность клеем «Момент» («Уникум», «Феникс», «88 НП») и покрыты бесцветным лаком (нитроцеллюлозным клеем).

---

[1] Комплект признан лучшей работой VIII Всероссийского слета юных рационализаторов, конструкторов и изобретателей, состоявшегося в 1983 г. в Ярославле. В 1984 г. комплект отмечен серебряной медалью ВДНХ СССР.

Рис. 138

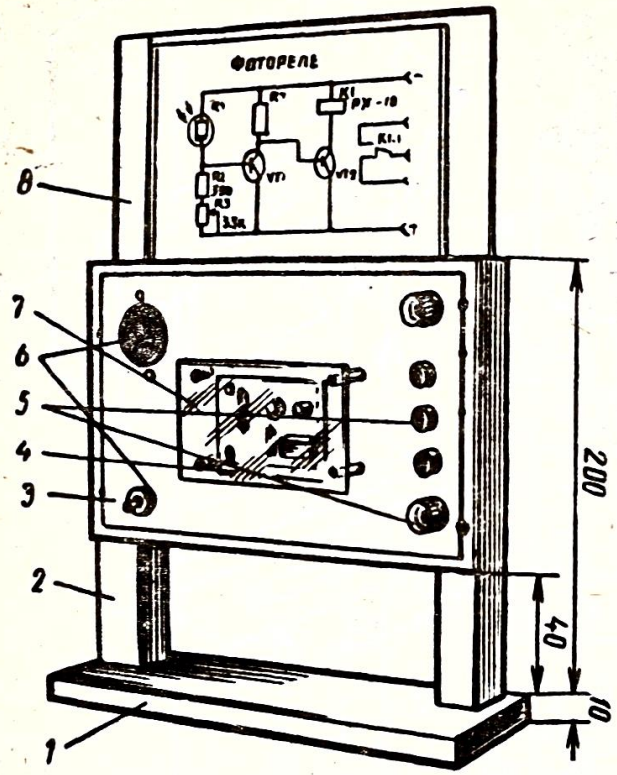


Рис. 137

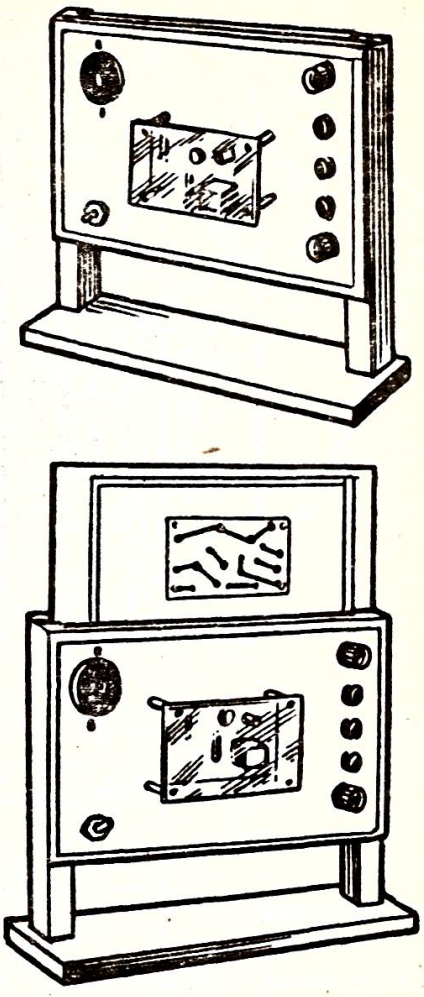


Рис. 139

К каждому блоку приложен технический паспорт с подробным описанием работы данной схемы, способов ее настройки, замены деталей, а также набор деталей, из которых можно собрать данный блок.

Начинающий радиолюбитель, предварительно ознакомившись с принципом работы блока по паспорту и проверив его действие по готовому блоку, собирает из прилагаемых деталей аналогичную конструкцию на макетной плате и производит ее настройку.

Опыт работы в кружке показывает, что большую роль играет зачет, который начинающий радиолюбитель сдает по данному блоку руководителю или опытному кружковцу. Контрольные вопросы зачета содержатся в паспорте. Здесь же приведен список литературы, имеющейся в кружке, где можно почитать об этой схеме и конкретном ее применении.

Описания блоков логических элементов И, ИЛИ, НЕ, И—НЕ приводились выше. Ниже даны описания остальных блоков комплекта.

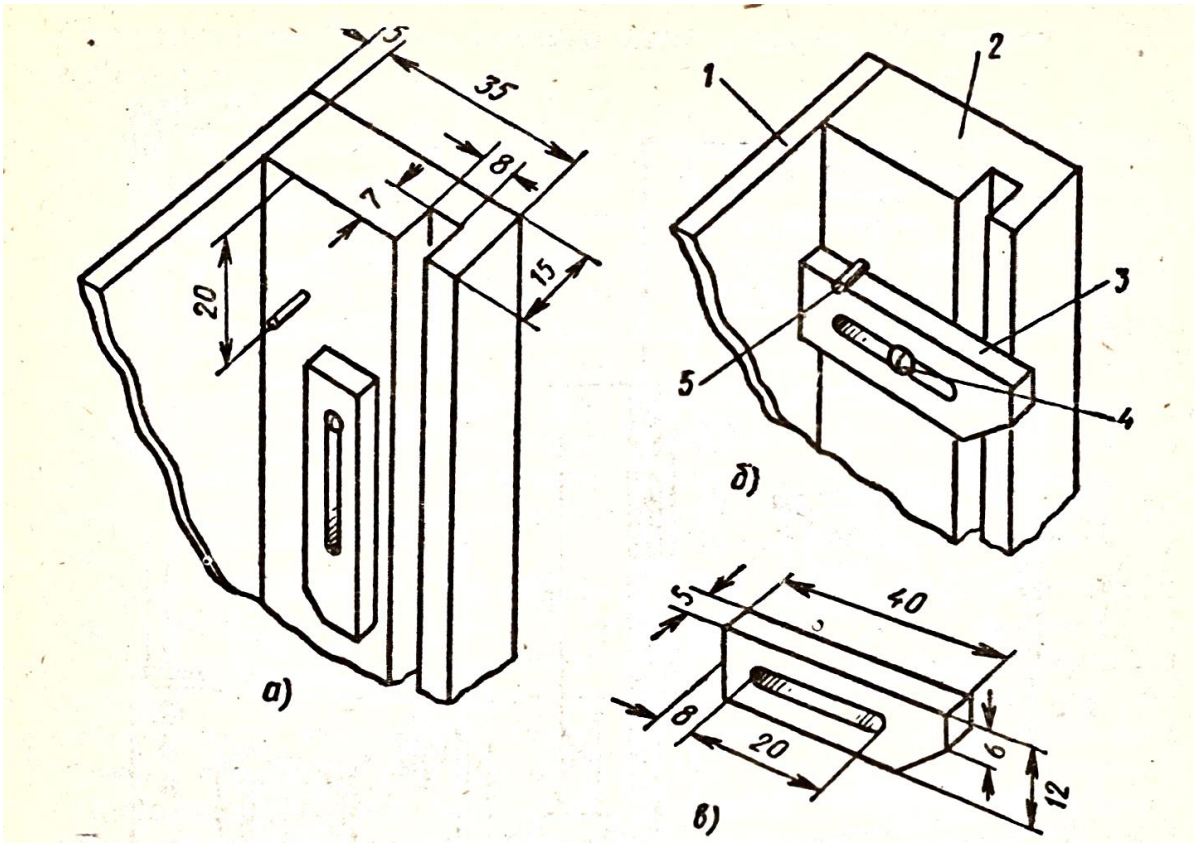


Рис. 140

Блок питания

Этот блок служит для питания всех блоков комплекта. Он универсален. От него получают выпрямленное напряжение 24 В для питания блока УЗЧ, переменное напряжение 3 В для питания блока индикации и стабилизированное регулируемое напряжение 0—12 В для питания остальных блоков.

Принципиальная схема блока питания показана на рисунке 141.

Трансформатор блока выполнен на магнитопроводе Ш16×32. Обмотка I содержит 1800 витков провода ПЭВ-I 0,18, обмотка II — 170 витков провода ПЭВ-I 0,6, обмотка III — 25 витков провода ПЭВ-I 0,5, обмотка IV — 82 витка провода ПЭВ-I 0,5. Параллельно первичной обмотке трансформатора включена цепь индикации, состоящая из неоновой лампы *HL1* и резистора *R1*, гасящего избыточное напряжение сети.

Выпрямитель для питания УЗЧ собран на диодах *VD1—VD4* по мостовой схеме. Он вырабатывает сглаженное конденсатором *C1* напряжение 24 В. На выходе выпрямитель защищен от короткого замыкания плавким предохранителем *FU2*. Чертеж печатной платы выпрямителя показан на рисунке 142.

Стабилизированное напряжение, регулируемое на выходе в пределах 0—12 В при токе потребления до 400 мА, защищено от короткого замыкания действием транзистора *VT1* (см. рис. 141).

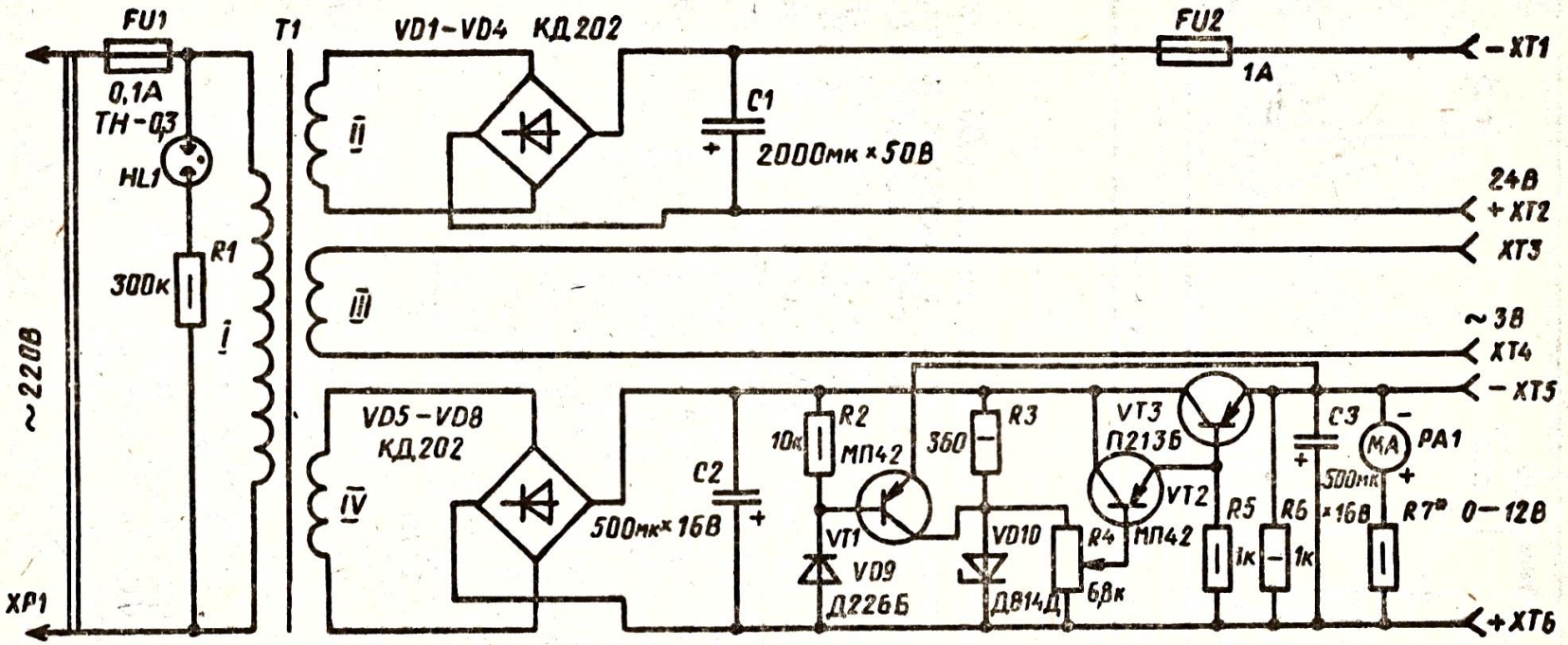

FU1
0,1А
ТН-0,3
HL1
R1
300к
~220В
XP1
T1
I
II
III
IV
VD1–VD4 КД202
C1
2000мк×50В
FU2
1А
–XT1
24В
+XT2
XT3
~38
XT4
–XT5
+XT6
VD5–VD8
КД202
C2
500мк×16В
R2
10к
МП42
VT1
VD9
Д226Б
R3
360
VD10
Д814Д
R4
6,8к
VT3
П213Б
VT2
МП42
R5
1к
R6
1к
C3
500мк
×16В
MA
PA1
R7*
0–12В

Рис. 141

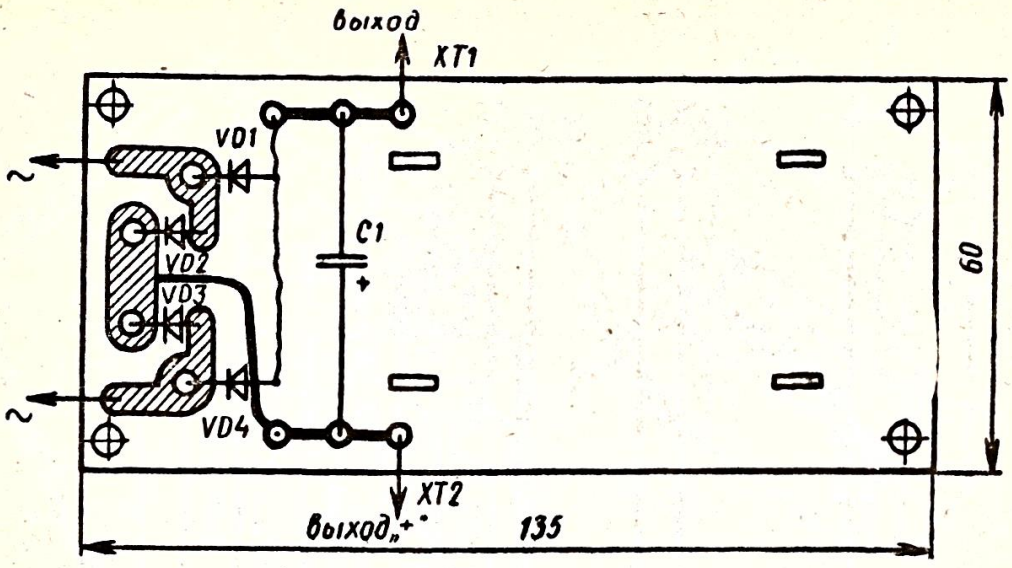


Рис. 142

Выпрямленное мостовой схемой на диодах *VD5—VD8* напряжение сглаживается конденсатором *C2* и поступает на параметрический стабилизатор, образованный стабилитроном *VD10* и балластным резистором *R3*. Составные регулирующие транзисторы *VT2* и *VT3* включены эмиттерным повторителем. На его вход стабилизированное напряжение подается с ползуна переменного резистора *R4*, включенного параллельно стабилитрону *VD10*. Постоянное выходное напряжение блока зависит от положения ползуна переменного резистора *R4*. Резистор *R5* в цепи эмиттера транзистора *VT2* служит для создания напряжения смещения на базе транзистора *VT3*. Резистор *R6* обеспечивает работу регулирующего транзистора *VT3* при отключенной нагрузке как усилителя тока. Конденсатор *C3* дополнительно сглаживает пульсации выпрямленного тока. Значение резистора *R7* зависит от типа применяемого стрелочного индикатора. В данном блоке использован микроамперметр типа М4203 и сопротивление резистора составляет 22 кОм.

На транзисторе *VT1* собран автомат защиты от короткого замыкания на выходе выпрямителя. Диод *VD9*, включенный в прямом направлении, создает падение напряжения между базой и эмиттером транзистора *VT1*. При отсутствии короткого замыкания транзистор *VT1* закрыт положительным напряжением на базе. Если на выходе выпрямителя произойдет короткое замыкание, то эмиттер этого транзистора через диод *VD9* соединится с базой, обеспечивая отрицательное напряжение смещения. Теперь транзистор *VT1* откроется и зашунтирует стабилитрон *VD10*, в результате чего регулирующий транзистор закроется, резко уменьшив силу тока через нагрузку. После устранения короткого замыкания схема возвращается в нормальное состояние.

Чертеж печатной платы стабилизированного блока питания приведен на рисунке 143.

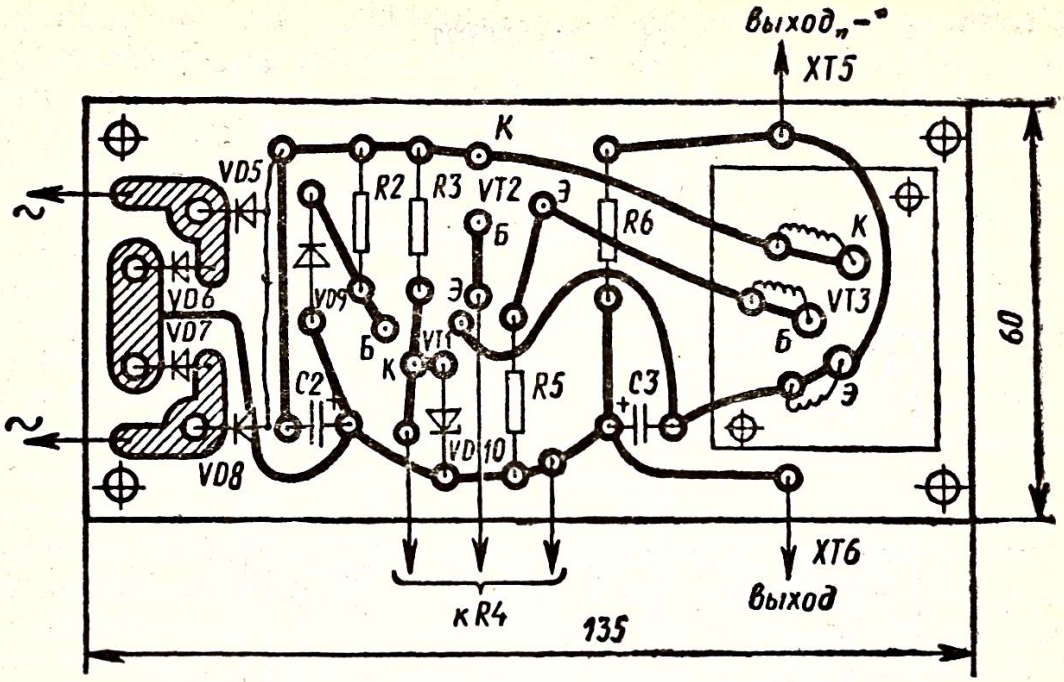


Рис. 143

Усилитель звуковой частоты

Среди юных техников особой популярностью пользуются усилители звуковой частоты, являющиеся обязательным узлом звуковоспроизводящих устройств. Блок усилителя звуковой частоты, входящий в состав описываемого комплекта, собран по бестрансформаторной схеме и обеспечивает на выходе мощность около 10 Вт при сопротивлении нагрузки 5—8 Ом. Усилитель воспроизводит частоты от 25 Гц до 10 кГц и имеет близкую к линейной характеристику. Коэффициент нелинейных искажений при номинальной мощности составляет не более 1%.

Принципиальная схема усилителя приведена на рисунке 144. Предварительный усилитель собран на транзисторах *VT1* и *VT2*. Обе его ступени снабжены развязывающими фильтрами *R5C4* и *R8C5* в цепях питания и охвачены отрицательной обратной связью тем, что в цепь эмиттеров включены резисторы *R4* и *R10*, термостабилизирующие режимы их работы. Конденсатор *C3*, шунтирующий резистор *R4*, ослабляет местную отрицательную обратную связь по переменному току. Между первой и второй ступенями предварительного усилителя располагается переменный резистор *R6*, которым регулируется громкость усиления. Первая ступень усиления на транзисторе *VT1* включается в том случае, если УЗЧ работает от микрофона, а сигнал звукового генератора или магнитофона подается сразу на вход второй ступени. Переключение входов осуществляется переключателем *SA1*. Режим работы транзисторов *VT1* и *VT2* зависит от резисторов *R1* и *R7*, обеспечивающих напряжение смещения на их базах.

Сигналы звуковой частоты, усиленные первыми двумя каскадами и выделенные на нагрузочном резисторе *R9* транзистора

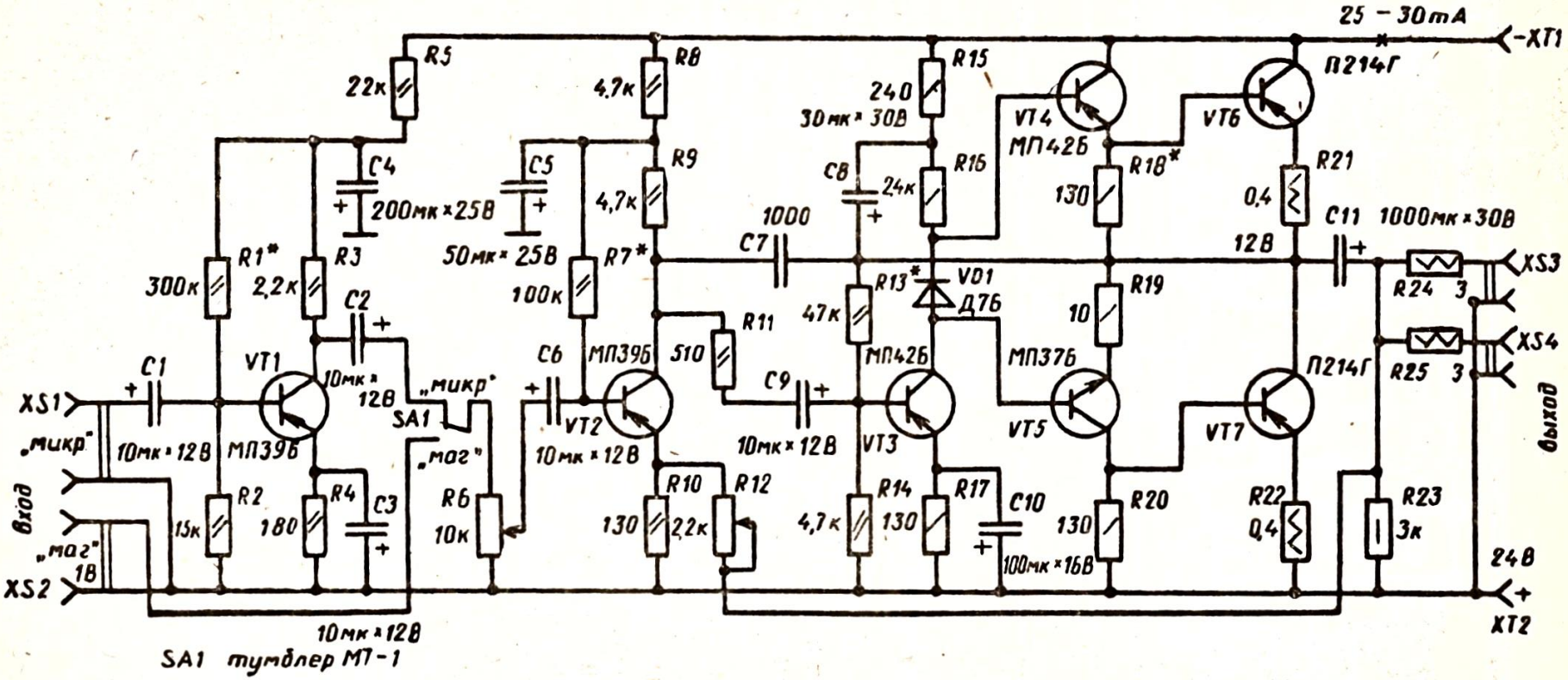

25 – 30mA
-XT1
П214Г
VT4
МП42Б
VT6
R5
22к
R8
4,7к
R15
240
30мк×30В
R16
R18*
130
R21
0,4
12В
C11 1000мк×30В
XS3
XS4
R24 3
R25 3
C4
200мк×25В
C5
50мк×25В
R9
4,7к
C8
24к
1000
C7
R7*
100к
R13*
47к
VD1
Д7Б
R19
10
R1*
300к
R3
2,2к
C2
10мк×12В
C1
10мк×12В
VT1
МП39Б
SA1
„микр"
„маг"
C6
10мк×12В
VT2
МП39Б
R11
510
C9
10мк×12В
VT3
МП42Б
МП37Б
VT5
П214Г
VT7
XS1
„микр"
Вход
„маг"
1В
XS2
R2
15к
R4
180
C3
R6
10к
R10
130
R12
2,2к
R14
4,7к
R17
130
C10
100мк×16В
R20
130
R22
0,4
R23
3к
24В
+
XT2
Выход
10мк×12В
SA1 тумблер МТ-1

Рис. 144

VT2, через цепочку *R11C9* поступают на вход предвыходной ступени усилителя мощности, собранной на транзисторе *VT3*. Напряжение смещения на его базу снимается с делителя, образованного из резисторов *R14* и *R13*. Резистор *R17* в эмиттерной цепи термостабилизирует работу ступени за счет действия отрицательной обратной связи по постоянному току. Конденсатор *C10*, шунтирующий резистор *R17*, исключает местную отрицательную обратную связь по переменному току. Коллекторную нагрузку транзистора образуют диод *VD1* и резисторы *R16* и *R15*. Диод *VD1*, включенный в прямом направлении между базами транзисторов *VT4* и *VT5* фазоинвертора, создает на их базах начальное напряжение смещения для исключения искажений типа «ступенька» и термостабилизирует режимы их работы.

Транзистор *VT4* (*p—n—p*-типа) усиливает отрицательные, а транзистор *VT5* (*n—p—n*-типа) — положительные полуволны сигнала низкой частоты. В результате на резисторах *R18* и *R20*, выполняющих роль нагрузок этих транзисторов, создаются одинаковые по амплитуде, но противоположные по фазе колебания сигналы звуковой частоты. Снимаемые с этих резисторов напряжения усиливаются по мощности двухтактным оконечным каскадом на транзисторах *VT6* и *VT7*. Усиленные колебания через конденсатор *C11* и ограничительные резисторы *R24, R25* поступают на акустические колонки и преобразуются ими в звуковые колебания.

Проволочные ограничительные резисторы *R24, R25* защищают выходные транзисторы при случайных коротких замыканиях на выходе усилителя. Подстроечный резистор *R12* создает между выходом и вторым каскадом усилителя цепь отрицательной обратной связи, глубина которой регулируется подбором резистора. Конденсатор *C7* образует цепь отрицательной обратной связи на высших частотах, стабилизируя работу усилителя. Для снижения нелинейных искажений в усилитель введена цепочка параллельной обратной связи по питанию *R15C8*. Резистор *R13* в базовой цепи транзистора *VT3* образует отрицательную обратную связь, стабилизирующую работу всех трех выходных каскадов. Им в усилителе устанавливается симметрия, когда на коллектор транзистора *VT7* приходится половина напряжения питания. Резисторы *R21* и *R22* выходного каскада усилителя стабилизируют режим и выравнивают параметры плеч двухтактного каскада.

Предварительную сборку усилителя целесообразно произвести на макетной плате. При исправных деталях и отсутствии ошибок в монтаже сила тока покоя усилителя должна составить 25—30 мА при напряжении питания 24 В. При большей силе тока следует подобрать диод из серий Д7Б и Д7В. Транзисторы *VT1* и *VT2* типа МП39Б с коэффициентом передачи тока 40...60. Транзисторы *VT3* и *VT4* типа МП42Б. Их можно заменить транзисторами МП20, МП25. Если транзистор *VT3* будет слегка нагреваться, на него можно надеть радиатор спирального типа, изготовленный из 15—20 витков медного оголенного провода диаметром около 1 мм. Транзисторы фазоинвертора *VT4* и *VT5* имеют коэффици-

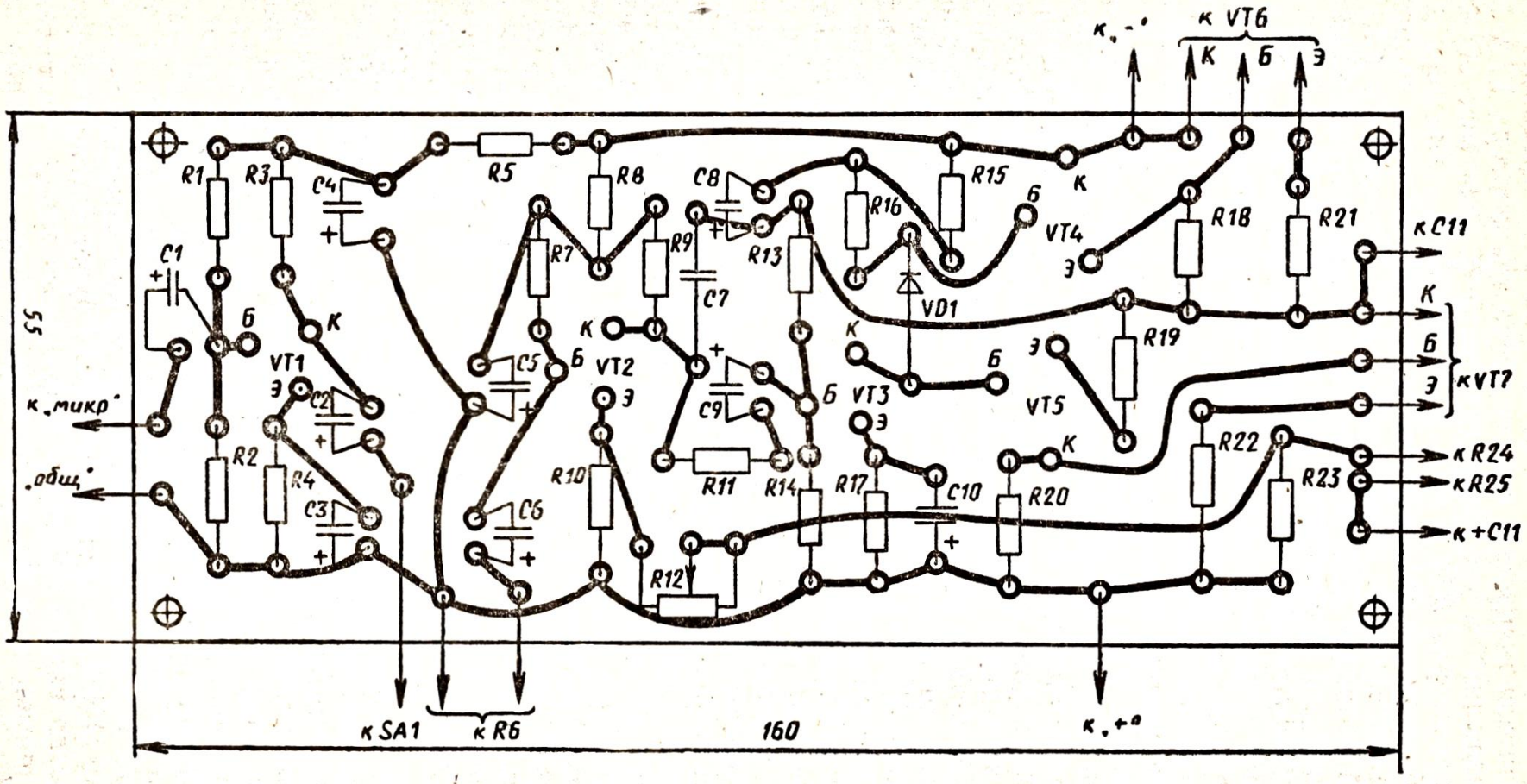

к "-"
к VT6
К
Б
Э
R1
R3
C4
R5
R8
C8
R15
К
R16
Б
VT4
Э
R18
R21
к C11
C1
R7
R9
R13
VD1
К
Б
Э
к VT7
55
Б
К
VT1
Э
C2
R19
К
Б
VT2
Э
C5
C7
VT3
Э
VT5
к "микр"
R2
R4
C9
Б
К
R22
к R24
к R25
к +C11
"общ"
C3
C6
R10
R11
R14
R17
C10
R20
R23
R12
к SA1
к R6
160
к "+"

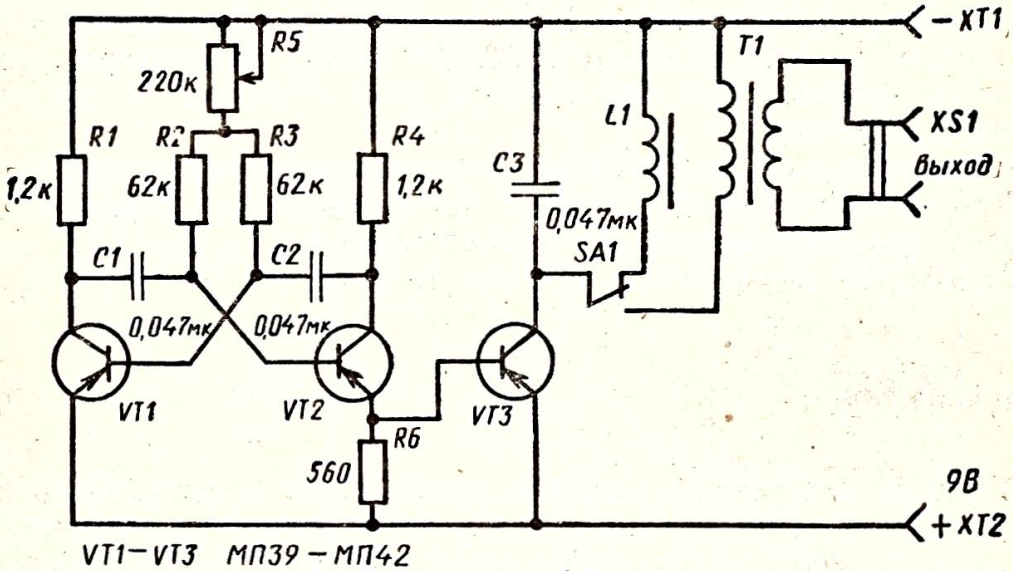
Рис. 145

ент передачи тока 40...100. Выходные транзисторы *VT6* и *VT7* должны быть подобраны одинаковыми по параметрам и иметь коэффициент передачи тока 40...60. Их необходимо снабдить радиаторами из листового алюминия размерами не менее чем 50×50 мм. Розетки *XS1—XS4* типа ОНЦ-ВГ-2—3/16р.

Чертеж печатной платы УЗЧ показан на рисунке 145.

Генератор звуковой частоты

Схема блока генератора звуковой частоты (рис. 146) состоит из симметричного мультивибратора, собранного на транзисторах *VT1* и *VT2*, принцип работы которого был описан выше (см. с. 48—54).



VT1—VT3 МП39—МП42
XS1 розетка типа ОНЦ-ВГ-2-3/16р
SA1 тумблер МТ-1

Рис. 146

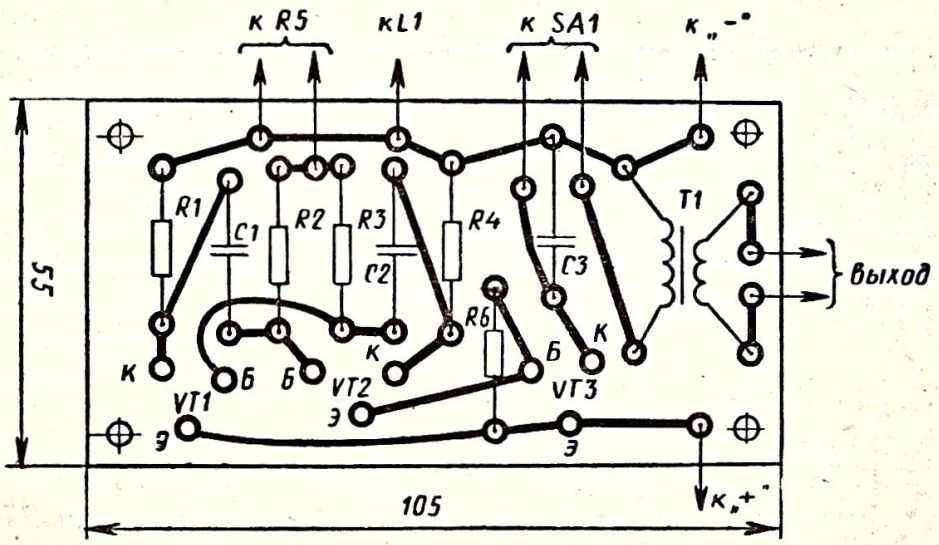


Рис. 147

Переменным резистором *R5*, включенным в базовые цепи транзисторов *VT1* и *VT2*, можно в довольно широких пределах менять частоту генерации.

Транзистор *VT3* представляет собой усилитель мощности. Резистор *R6* служит для создания на базе транзистора *VT3* начального напряжения смещения.

Катушка *L1* содержит 2000 витков провода ПЭВ-0,12, намотанного на бумажном каркасе, надетом на круглый ферритовый стержень марки 400НН длиной 14 см. Если выключателем *SA1* замкнуть цепь, вокруг возникнут электромагнитные волны, частота которых равна частоте генератора.

В качестве трансформатора *T1* берут любой выходной трансформатор от малогабаритных транзисторных приемников или абонентского громкоговорителя. Если трансформатор включен в коллекторную цепь транзистора *VT3*, на выход генератора можно включить акустическую колонку или вход «МАГ» УЗЧ для дальнейшего усиления.

Конденсатор *C3*, включенный параллельно нагрузке транзистора *VT3*, служит для фильтрации высокочастотных гармоник импульсов, вырабатываемых мультивибратором.

Чертеж печатной платы показан на рисунке 147.

Реле времени

В различных устройствах электронной автоматики часто применяется реле времени, схема которого показана на рисунке 148. В установке, соответствующей данной принципиальной схеме, выдержка времени регулируется в пределах 1 мин. (Описание аналогичного реле времени было дано выше, см. с. 58—59).

На рисунке 149 приведен чертеж печатной платы.

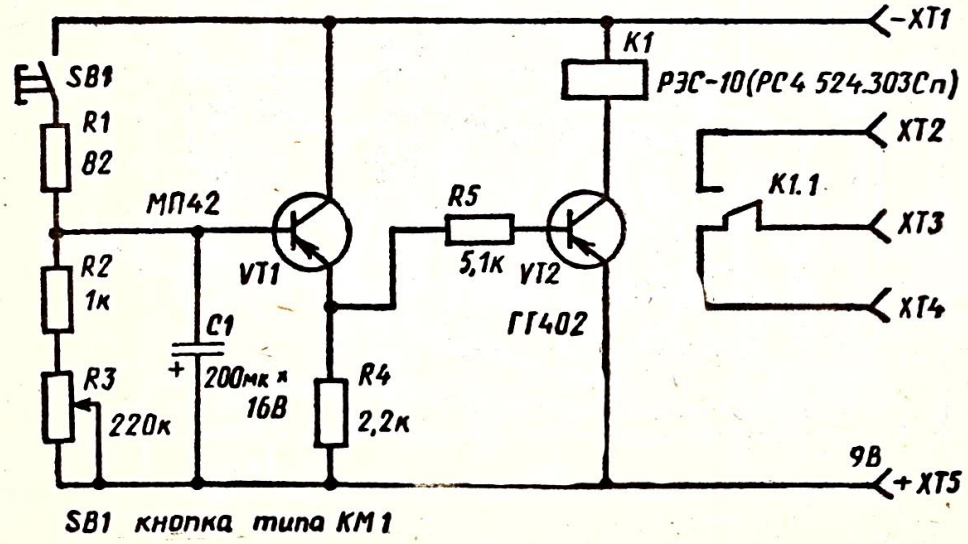


Рис. 148

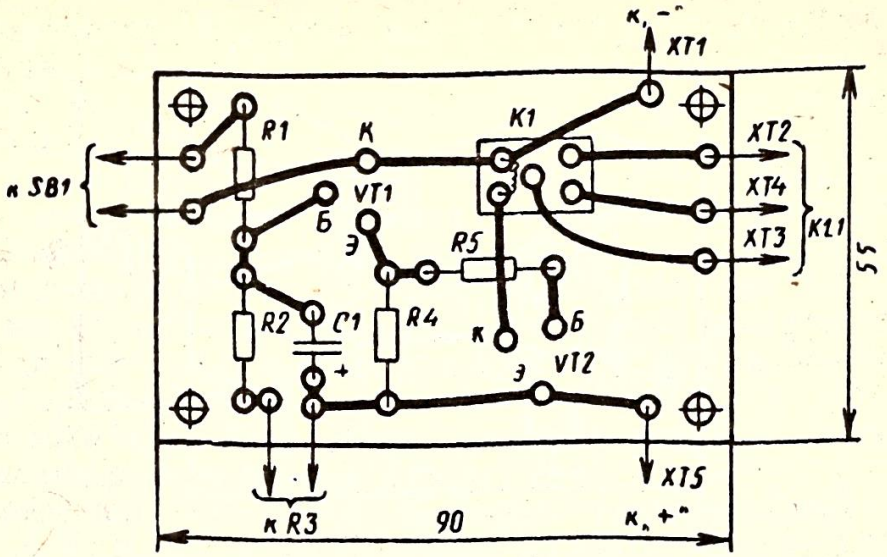


Рис 149

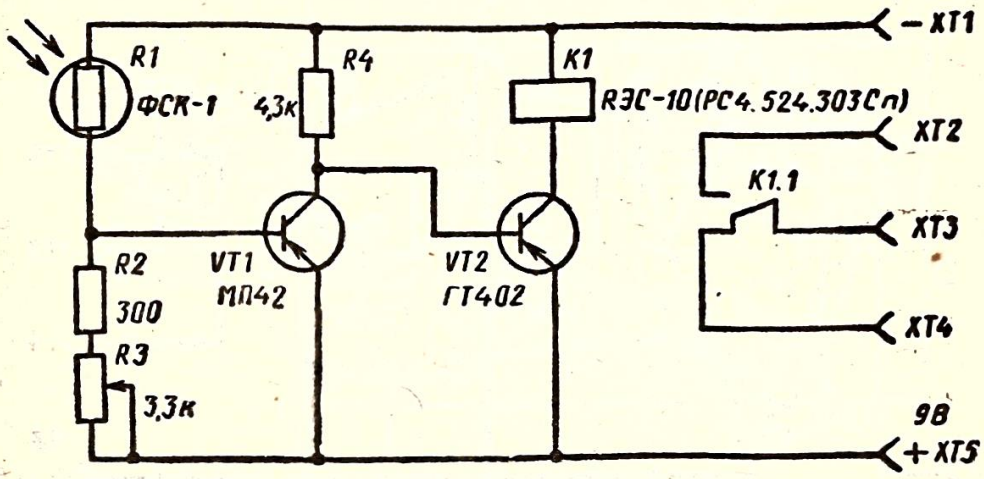


Рис. 150

Фотореле

Принципиальная электрическая схема фотореле, срабатывающего при затемнении фоторезистора, показана на рисунке 150. От аналогичной схемы, рассмотренной выше (см. рис. 86), она отличается только наличием переменного резистора *R3*, служащего для регулировки чувствительности устройства. Принцип работы фотореле описан на с. 57—58. Чертеж печатной платы дан на рисунке 151.

Термореле

Термореле представляет собой устройство, срабатывающее при изменении температуры среды, в которой находится термочувствительный датчик. Основу описываемого термореле (рис. 152) составляет мост Уитстона, который состоит из резисторов *R1—R4* и сопротивления эмиттерно-коллекторного участка при отключенной

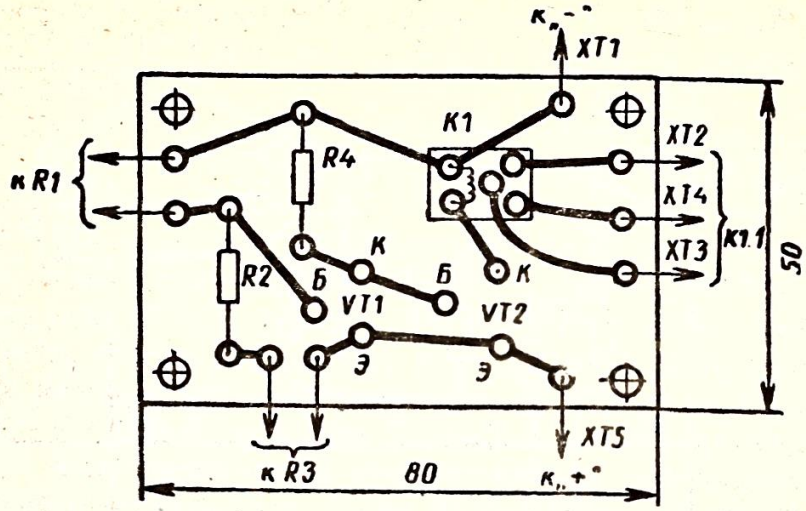


Рис. 151

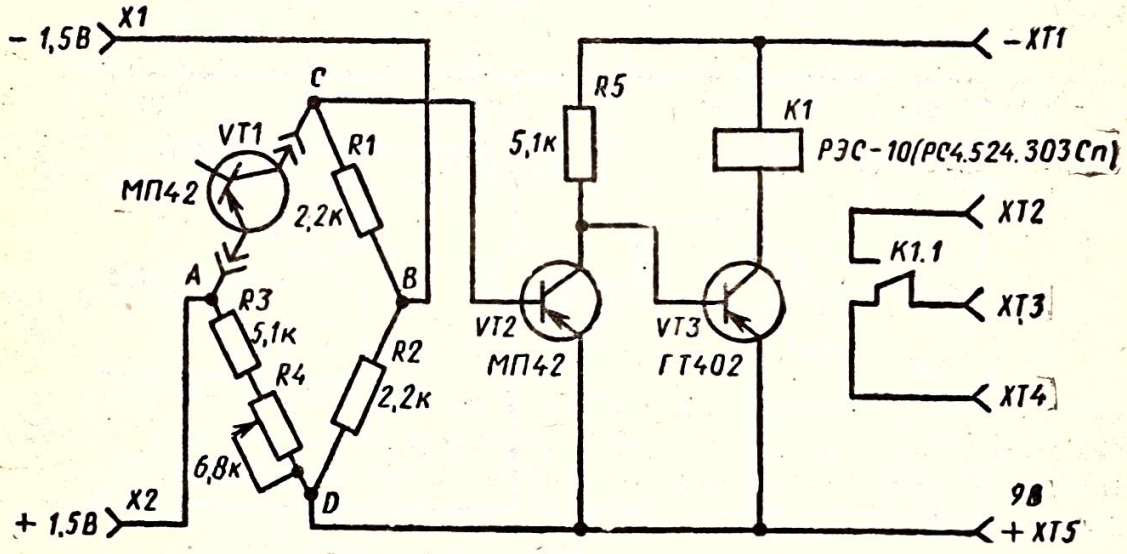


Рис. 152

базе транзистора *VT1*, являющегося термочувствительным датчиком. В одну диагональ моста *(AB)* включают источник питания, в другую *(CD)* — усилитель постоянного тока, собранный на транзисторах *VT2* и *VT3*, на выходе которого находится электромагнитное реле *K1*.

Переменный резистор *R4*, входящий в плечо моста *AD*, служит для регулирования чувствительности термореле. С него начинают подбор такого начального состояния моста, при котором в точке *C* потенциал ниже, чем в точке *D*. При этом транзистор *VT2*, база которого подключена к точке *C*, оказывается открытым, а транзистор *VT3*, на базе которого появляется положительное напряжение источника питания, закрывается. Через его эмиттерно-коллекторный участок, обладающий большим сопротивлением, протекает ток, недостаточный для срабатывания электромагнитного реле *K1*.

При нагревании датчика *VT1* его сопротивление эмиттерно-коллекторного участка уменьшается, вызывая увеличение силы

тока, проходящего через транзистор *VT1* и резистор *R1*. Потенциал в точке *C* возрастает. Это приводит к закрыванию транзистора *VT2* и открыванию транзистора *VT3*, в результате чего реле *K1* срабатывает.

Для демонстрации подбирают такое состояние моста, при котором термореле находится на грани срабатывания. Этого достигают следующим образом: сначала, вращая ручку переменного резистора *R4*, добиваются срабатывания реле, а затем, немного повернув ручку резистора назад, выключают его. Теперь достаточно слегка нагреть датчик даже от руки или другим способом, чтобы сработало термореле.

Настройка правильно собранного реле сводится лишь к подбору переменного резистора *R4*.

В диагональ моста *AB* включают гальванический элемент с ЭДС 1,5 В. В описываемом блоке применен элемент 332.

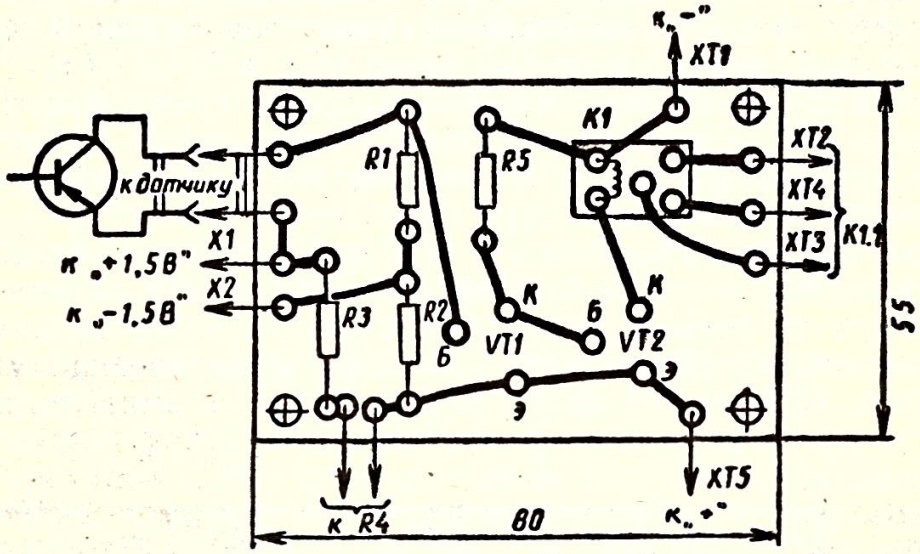


Рис. 153

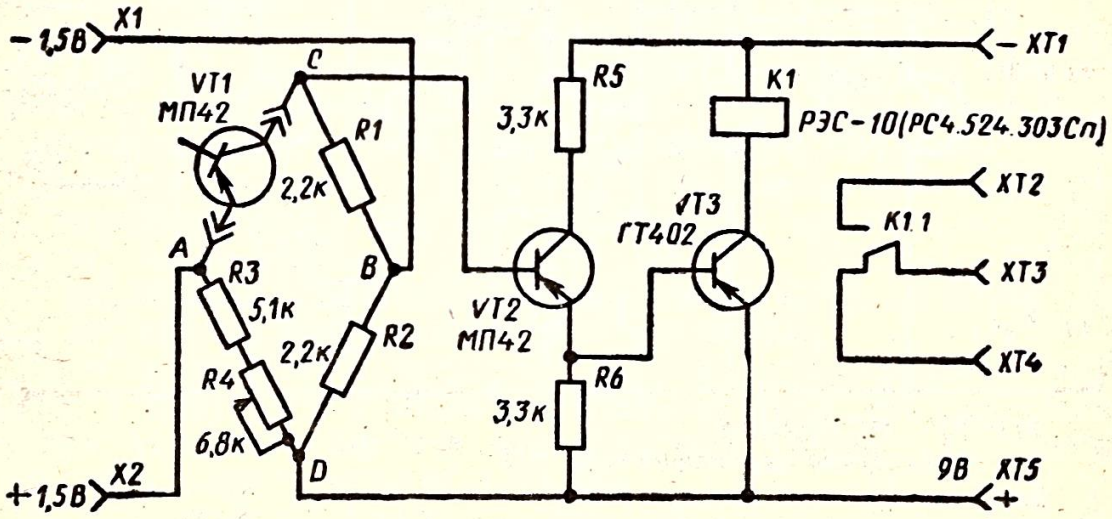


Рис. 154

Температурный датчик *VT1* включают в цепь с помощью двух изолированных проводов посредством разъема ОНЦ-ВГ-2—3/16р. Выводы транзистора *VT1* изолируют друг от друга и от корпуса эпоксидной смолой или шпатлевкой, с тем чтобы датчик можно было опускать в жидкие среды.

Чертеж печатной платы схемы блока термореле показан на рисунке 153.

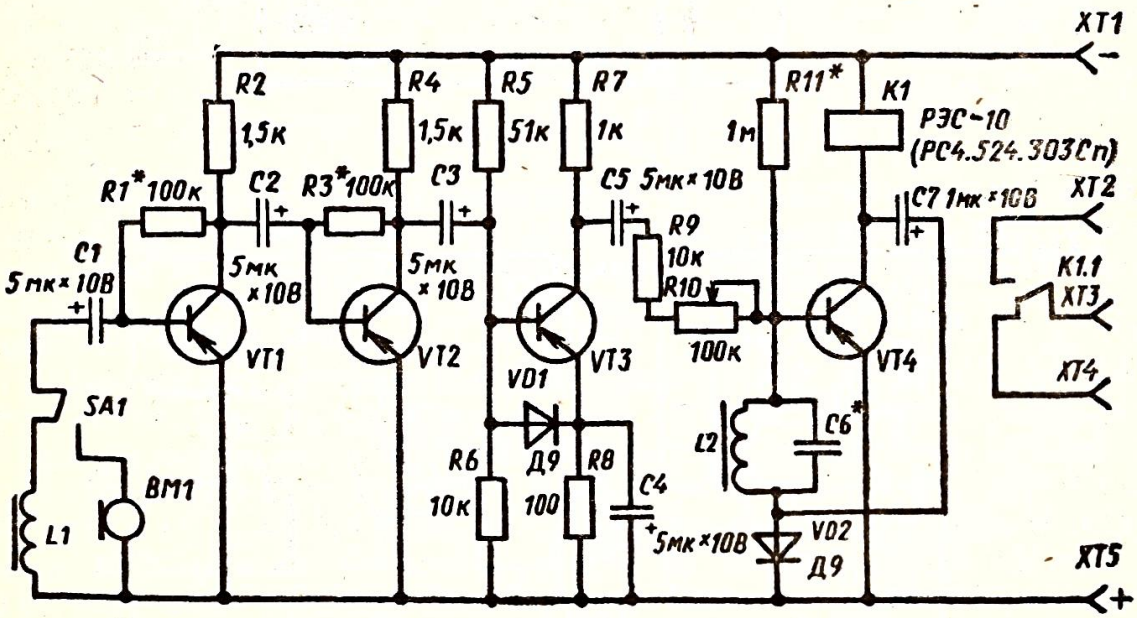
На рисунке 154 приведена схема термореле, срабатывающего при охлаждении термочувствительного датчика.

Селективное электронное реле с радиоакустическим управлением

Селективное электронное реле может быть использовано в самоходных моделях, кодовых замках, электронных игрушках и т. д., управляемых звуком или радиоволнами определенных частот. Ниже описано селективное электронное реле, реагирующее на фиксированную частоту звуковых или электромагнитных волн. Оно представляет собой трехкаскадный усилитель звуковой частоты (рис. 155), собранный на транзисторах *VT1, VT2,* и *VT3.*

Электрический сигнал звуковой частоты с катушки *L1* или микрофона *BM1* через разделительный конденсатор *C1* поступает на вход транзистора *VT1* и, усиленный им, создает на резисторе *R2* падение напряжения.

Второй каскад на транзисторе *VT2* работает аналогично первому. Третий каскад, собранный на транзисторе *VT3*, в отличие от первых двух не только усиливает сигнал, но и ограничивает его по амплитуде. Это достигается благодаря детектирующему действию диода *VD1*, включенного между базой и эмиттером. Если



VT1—VT4 МП39—МП42
SA1 тумблерный переключатель МТ1
BM1 телефонный капсюль ТОН-2

Рис. 155

напряжение входного сигнала превышает 0,1 В, каскад не усиливает его более 4 В.

Резисторы *R1, R3, R5* и *R6* обеспечивают отрицательные напряжения смещения на базах транзисторов *VT1, VT2* и *VT3*. Резисторы *R2, R4* и *R7* служат их нагрузками. Конденсаторы *C2* и *C3* разделяют каскады усилителя по постоянному току. Конденсатор *C4* шунтирует по переменному току эмиттерный резистор *R8*, обеспечивающий отрицательную обратную связь между входом и выходом третьего каскада по постоянному току и служащий совместно с диодом *VD1* элементом ограничения выходного сигнала.

Усиленный и ограниченный по амплитуде сигнал звуковой частоты через конденсатор *C5* и резисторы *R9* и *R10* поступает на вход селективного электронного реле, собранного на транзисторе *VT4*. Избирательность реле достигается наличием в схеме колебательного контура *L2C6*, настроенного на определенную частоту. Только на этой частоте на колебательном контуре выделяется переменное напряжение сигнала, которое подается на базу транзистора *VT4*. На других частотах это напряжение выделяется на резисторах *R9* и *R10*, так как колебательный контур нерезонансным частотам оказывает малое сопротивление.

Выделенный на колебательном контуре и усиленный транзистором *VT4* сигнал переменного напряжения выпрямляется диодом *VD2*. Выпрямленное напряжение с анода диода подается на базу этого же транзистора в отрицательной полярности и открывает его, вследствие чего электромагнитное реле срабатывает, включая своими контактами *K1.1* цепь питания исполнительного механизма.

На входе усилителя селективного реле включены приемник звуковых сигналов *BM1*, роль которого выполняет капсюль телефона ТОН-2, и приемник электромагнитных волн звуковой частоты — круглый ферритовый стержень марки 400НН длиной 14 см, на котором располагается 3000 витков провода ПЭВ-0,1. Переключателем *SA1* на вход усилителя можно включить тот или иной приемник сигналов.

Катушка *L2* колебательного контура содержит 600 витков провода ПЭВ-0,1, намотанного на трех ферритовых кольцах марки 400НН с общей высотой 10 мм и наружным диаметром 10 мм.

Конденсатор *C6* подбирают в зависимости от требуемой частоты настройки контура. В описываемой конструкции при значении конденсатора *C6*=0,1 мкФ резонансная частота контура составляет около 900 Гц.

Чувствительность селективного реле и его избирательные свойства регулируют подстроечным резистором *R10*.

Если селективное электронное реле будет неправильно срабатывать в моменты включения источника питания, что нежелательно при использовании его в конкретных устройствах, следует уменьшить емкость конденсатора *C7*.

Чертеж печатной платы селективного электронного реле дается на рисунке 156.

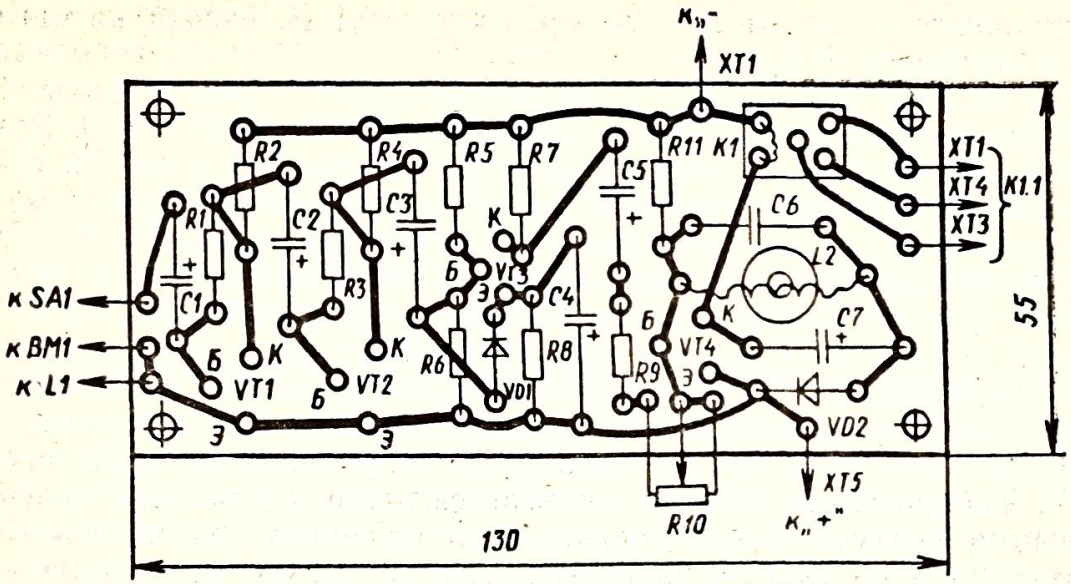


Рис. 156

Емкостное реле

Основу реле, срабатывающего при изменении электроемкости датчика, составляет маломощный автогенератор высокой частоты, собранный на транзисторе *VT1* (рис. 157). Резисторы *R1* и *R2* образуют делитель напряжения в цепи базы, конденсатор *C2* шунтирует базу по высокой частоте, резисторы *R3* и *R4* служат термостабилизирующим элементом в цепи эмиттера. Катушки индуктивности *L1* и конденсатор *C1* составляют колебательный контур, включенный в коллекторную цепь транзистора *VT1*. Цепь положительной обратной связи, превращающей усилитель в генератор, состоит из разделительного конденсатора *C4*. Частота генерации определяется номиналами элементов колебательного контура *L1* и *C1*.

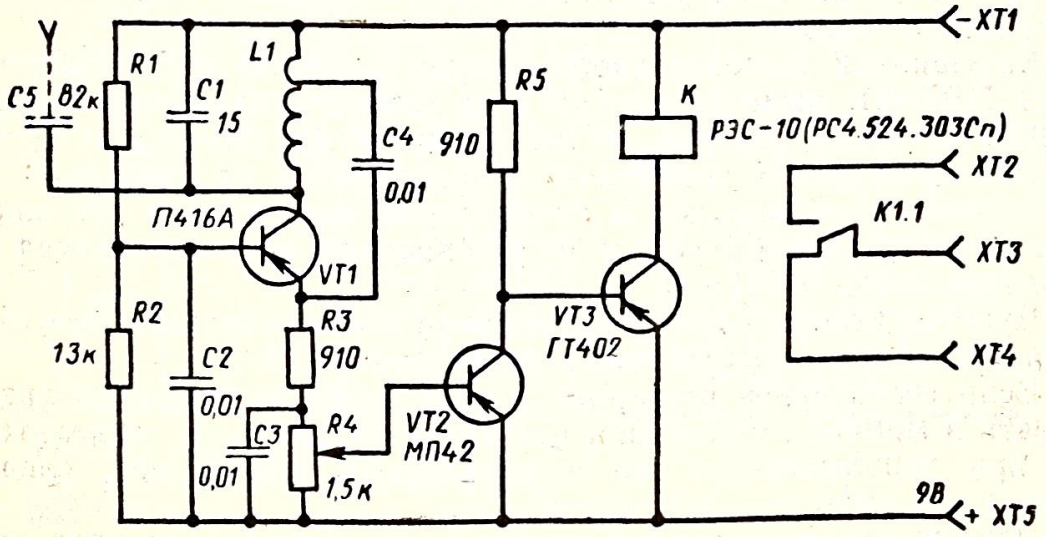


Рис. 157

Емкостным датчиком служит металлическая пластина, вынесенная за пределы схемы и подключенная к колебательному контуру. Эта пластина является одной обкладкой конденсатора *C5*, а ладонь руки, подносимой к ней,— второй. При приближении ладони руки к пластине емкость конденсатора возрастает, что вызывает уменьшение частоты генерации транзистора *VT1*. Явление это сопровождается уменьшением силы тока, протекающего через эмиттерно-коллекторный участок транзистора *VT1*. На резисторах *R3* и *R4* в цепи эмиттера напряжение уменьшается.

Как видно из схемы, к ползуну переменного резистора *R4* подключен усилитель постоянного тока, собранный на транзисторах *VT2* и *VT3*. При уменьшении постоянной составляющей напряжения на резисторе *R4* транзистор *VT2* закрывается, а транзистор *VT3* открывается, так как на его базе оказывается отрицательное относительно эмиттера напряжение, вызванное увеличением сопротивления эмиттерно-коллекторного участка закрытого транзистора *VT2*. При этом электромагнитное реле в цепи транзистора *VT3* срабатывает.

Если убрать руку от пластины, то частота генератора увеличится, сила тока через транзистор *VT1* возрастет, что обусловит увеличение напряжения на резисторе *R4*, часть которого в отрицательной полярности относительно общего провода через ползун переменного резистора *R4* приложена к базе транзистора *VT2*. Он открывается, а транзистор *VT3*, наоборот, закрывается, отключая реле *K1*.

Катушка колебательного контура *L1* намотана на бумажном каркасе диаметром 8—10 мм и содержит 24 витка провода ПЭВ-I 0,3—0,4, намотанного виток к витку в один слой. Отвод сделан от шестого витка, считая по схеме сверху. Пластиной вы-

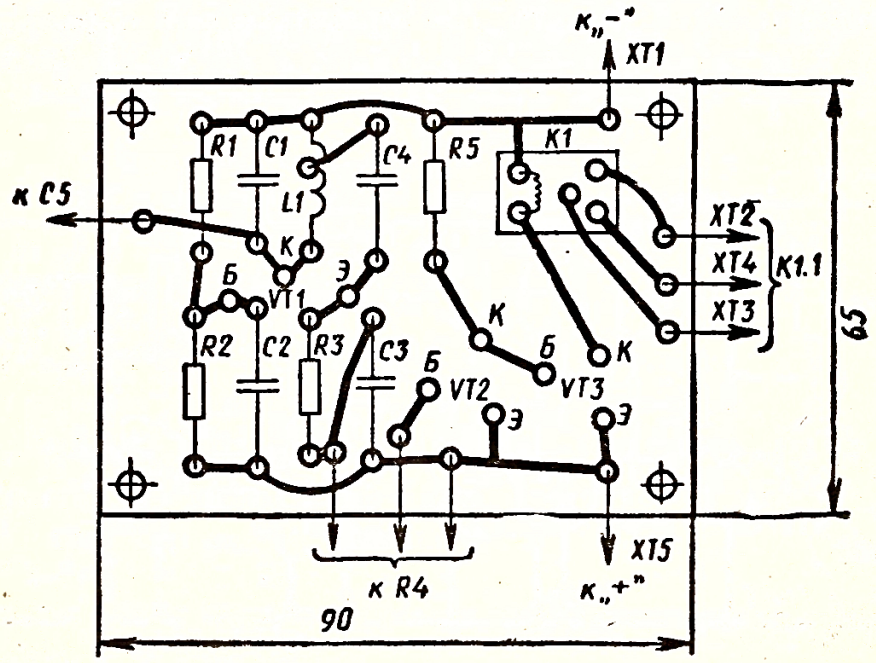


Рис. 158

носного конденсатора является фольгированный стеклотекстолит размером 120×70 мм. Высокочастотный транзистор может быть типа П401—П403, П416, П423, *VT2* — МП39—МП42, а *VT3* — ГТ402. Конденсатор *C1* трубчатый, *C2—C4* типа МБМ. Резисторы любого типа. Реле *K1* типа РЭС-10 (РС4, 524, 304).

Правильно собранное емкостное реле начинает работать сразу. Чувствительность схемы регулируют переменным резистором *R4*. В описываемой схеме реле срабатывает при расстоянии 7—10 см от ладони до пластины.

Чертеж печатной платы емкостного реле приведен на рисунке 158.

Радиоприемник прямого усиления 2—V—1

Нет ни одного начинающего радиолюбителя, который не собирал бы радиоприемники. На рисунке 159 приведена принципиальная электрическая схема радиоприемника прямого усиления, который от аналогичной конструкции, данной на рисунке 94, отличается тем, что в выходной каскад УЗЧ, собранного на транзисторе *VT3*, подключена обмотка с большим количеством витков выходного трансформатора любого распространенного малогабаритного транзисторного радиоприемника. В описываемой схеме использован трансформатор от абонентского громкоговорителя. Для обеспечения громкоговорящего приема наличие трансформатора в коллекторной цепи выходного каскада обязательно. Он служит для согласования большого выходного сопротивления транзистора *VT3* и малого сопротивления звуковой катушки динамика.

Конденсатор *C8* в коллекторной цепи улучшает качество звучания динамика, пропуская сквозь себя высокочастотную составляющую звукового сигнала. Резистор *R6* и конденсатор *C6* образуют развязывающий фильтр, предотвращающий паразитные связи между каскадами усиления высокой и звуковой частот через общий источник питания. Если радиоприемник не возбуждается,

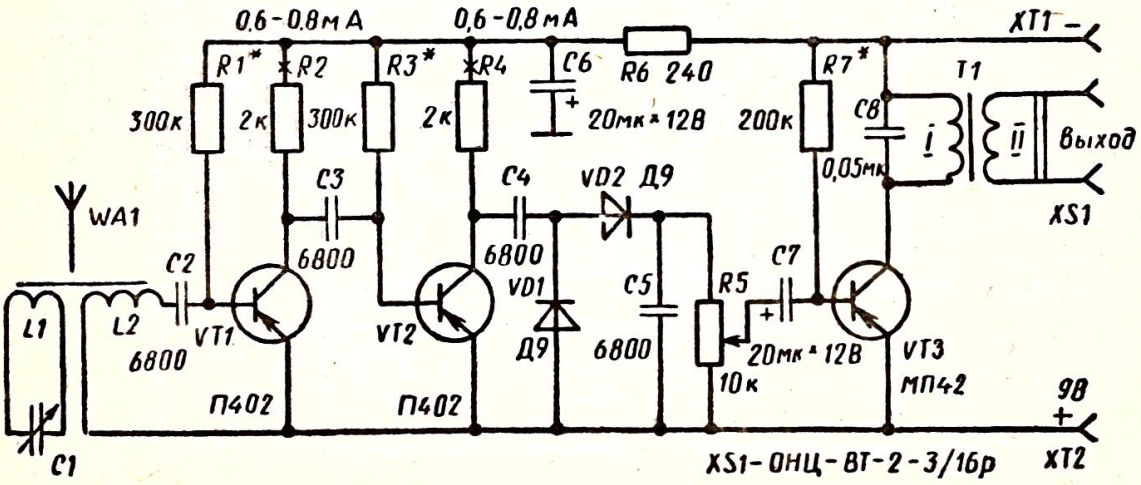


Рис. 159

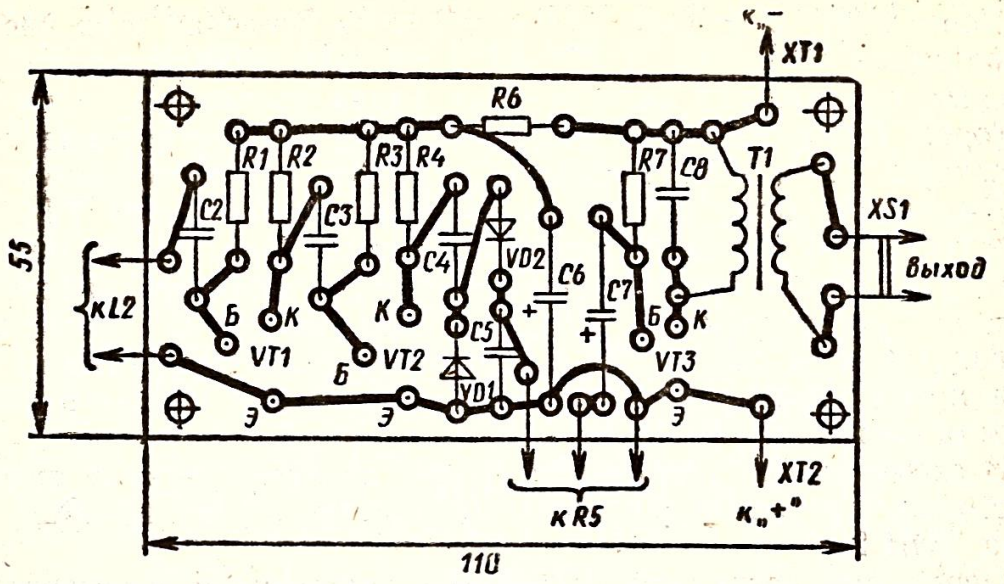


Рис. 160

работает чисто и стабильно, развязывающий фильтр можно исключить.

Если в данной местности радиоприемник не дает достаточного усиления сигнала, можно добавить еще один каскад УЗЧ.

Чертеж печатной платы радиоприемника приведен на рисунке 160.

Интерферометр звуковых волн

Интерферометр звуковых волн, принципиальная схема которого показана на рисунке 161, представляет собой четырехкаскадный усилитель, собранный на транзисторах *VT1—VT5*. Первые три каскада усилителя аналогичны друг другу и собраны по схеме

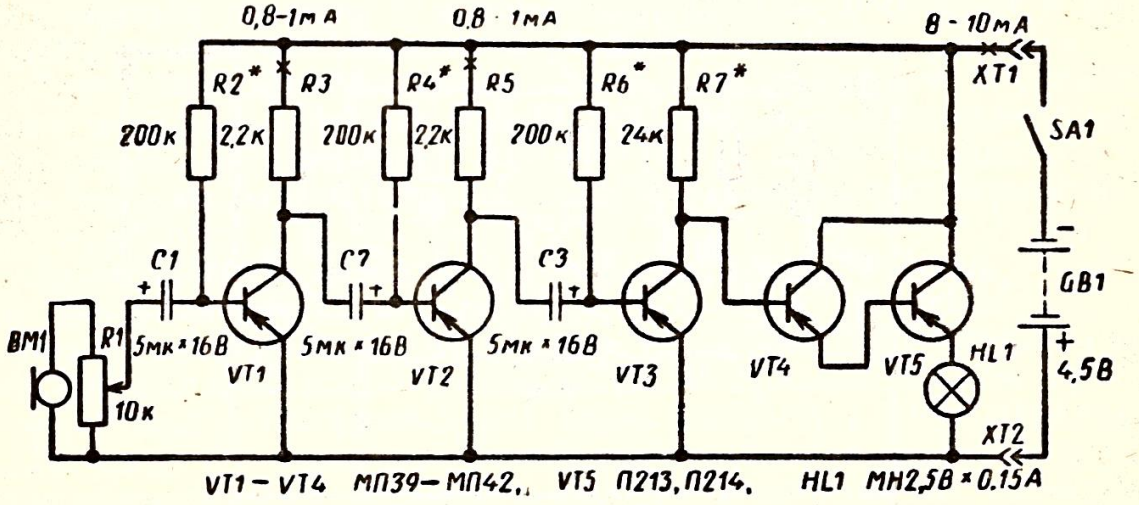


Рис. 161

с общим эмиттером. Оптимальный режим усиления этих каскадов подбирается резисторами *R2, R4* и *R6*, обеспечивающими отрицательные напряжения смещения на базах соответствующих транзисторов. Конденсатор *C1* разделяет вход первого каскада, а конденсаторы *C2* и *C3* — каскады усилителя по постоянному току.

Выходной каскад состоит из составного транзистора *VT4—VT5*, включается по схеме эмиттерного повторителя, имеет непосредственную связь с предыдущим каскадом. Режим его работы подбирается резистором *R7*. Его значение зависит от применяемых транзисторов и лампы *HL1*. От этого резистора зависит сила тока покоя усилителя, которая при отсутствии входного сигнала должна составлять 8—10 мА.

В схеме для регулирования уровня входного сигнала применен переменный резистор *R1*. Роль микрофона играет капсюль телефона ТОН-2.

Перед демонстрацией устройства переменным резистором *R1* подбирают такой уровень входного сигнала, чтобы лампа *HL1* надежно загоралась при появлении звуковых сигналов.

Хорошо настроенный усилитель обладает большой чувствительностью. В пределах классной комнаты он реагирует на звуковые сигналы с любого расстояния.

Блок интерферометра звуковых волн питается от стабилизированного напряжения 4,5 В от блока питания. Если же необходимо с прибором перемещаться по классу, то его питание осуществляется от батареи элементов на 4,5 В, которая располагается между передней и задней поверхностями блока в специальном кармашке.

Патрон лампы накаливания *HL1* крепится с внутренней стороны передней поверхности блока так, что для демонстрации ее можно приподнимать, а при хранении — опускать. Достигается это путем поворота патрона вокруг крепежного винта.

Чертеж печатной платы усилителя показан на рисунке 162.

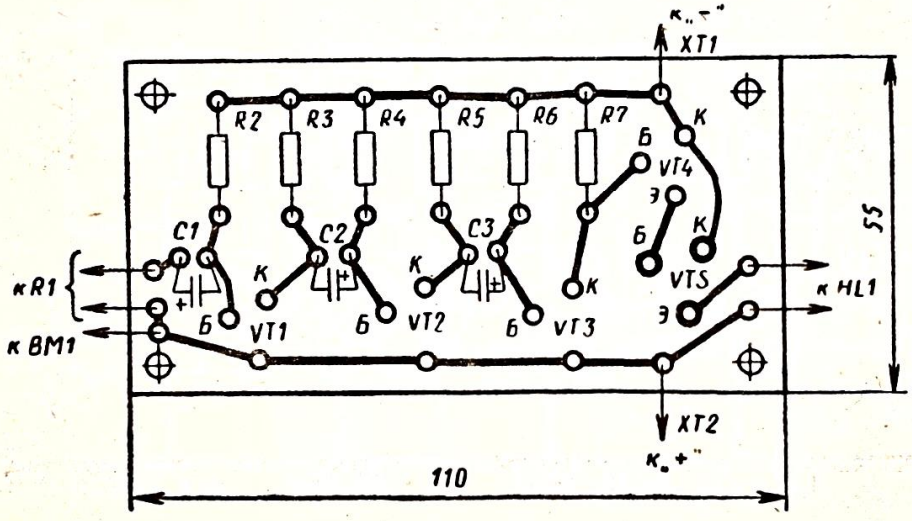


Рис 162

Блок для демонстрации свойств активного, индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи переменного тока

Этот блок позволяет демонстрировать роль резисторов, катушек и конденсаторов — самых распространенных пассивных элементов любого радиоэлектронного устройства.

Принципиальная схема блока для демонстрации свойств активного, индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи переменного тока показана на рисунке 163.

Для демонстрации на вход блока подается сигнал звукового генератора, усиленный блоком УЗЧ. На выходе через резистор *R2* подключается акустическая колонка. При низких частотах входного сигнала (около 200 Гц) ярко светятся лампа *HL1*, включенная последовательно с активным сопротивлением *R1*, и лампа *HL2*, включенная последовательно с катушкой индуктивности *L1*. Лампа *HL3*, соединенная последовательно с конденсатором *C1*, горит слабо.

При постоянном увеличении частоты звукового генератора яркость свечения лампы *HL2* уменьшается, а лампы *HL3* возрастает. Накал лампы *HL1* остается без изменения. Из наблюдений можно сделать вывод о том, что резистор, обладающий активным сопротивлением, нечувствителен к изменению частоты переменного тока, т. е. падение напряжения на резисторе одинаково для токов различных частот и зависит от силы тока. Катушка же, обладающая индуктивным сопротивлением $X_L = 2\pi\nu L$, оказывает малое сопротивление токам низких частот, но по мере увеличения частоты тока ν индуктивное сопротивление ее возрастает. У конденсатора эта зависимость от частоты тока обратная. Известно, что емкостное сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте тока:

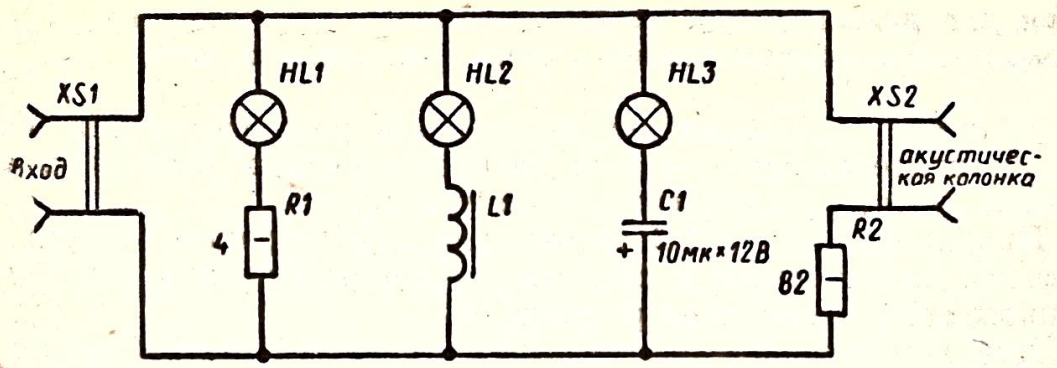
$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}.$$

Эти свойства катушки и конденсатора широко применяют в радиоэлектронике для разделения токов по частотам.

Если стекло баллонов ламп *HL1—HL3* подкрасить в разные цвета, а блок подключить к выходу магнитофона или проигрывателя (непосредственно или через УЗЧ), то можно демонстрировать принцип работы широко распространенных цветомузыкальных установок.

Акустическая колонка, подключенная на выходе блока, служит для контроля изменения частоты звука. Если при отключенной акустической колонке на вход блока подать постоянное напряжение, будут светить только лампы *HL1* и *HL2*, лампа *HL3* не горит. Следовательно, постоянный ток через конденсатор не проходит.

Резистор *R1* блока изготовлен путем намотки манганинового (или никелинового) провода сопротивлением 4 Ом на резистор сопротивлением не менее 1 кОм. При отсутствии провода с боль-



HL1–HL3 МН 3,5В×0,26А или МН 2,5В×0,15А
XS1, XS2 розетки ОНЦ-ВГ-2-3/16р

Рис. 163

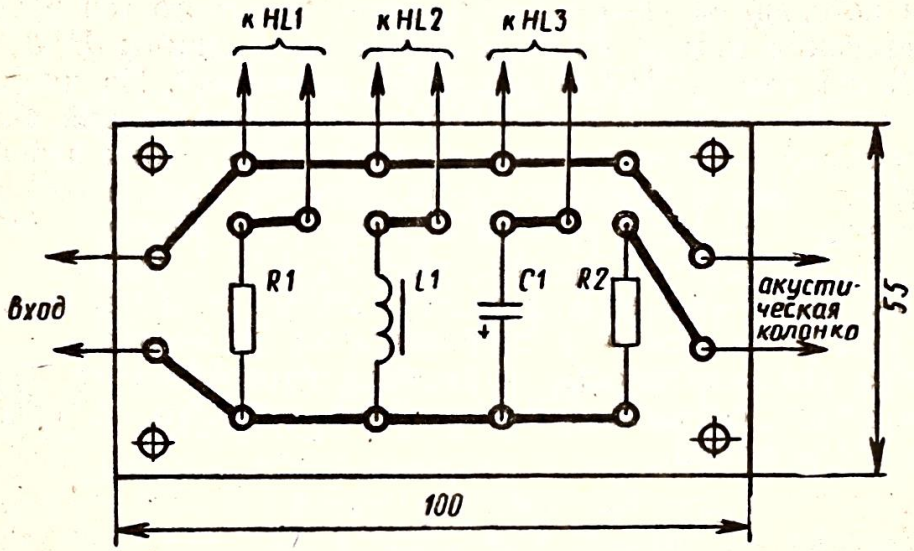


Рис. 164

шим удельным сопротивлением можно воспользоваться проводом ПЭВ-0,14 (сопротивление 1 м этого провода составляет около 1 Ом).

Катушка намотана на ферритовое кольцо марки 400НН внешним диаметром 10 мм и содержит 200 витков провода ПЭВ-0,15. Можно использовать также катушку, намотанную на круглом или плоском ферритовом стержне (применяют в качестве магнитной антенны радиоприемника). Длина стержня 40 мм, количество витков провода ПЭВ-0,15—0,2 300 витков. Ферритовый стержень можно заменить стальным сердечником тех же размеров.

Конденсатор *C1* оксидный 10 мк×12 В. Полярность включения его не имеет значения.

Чертеж печатной платы приведен на рисунке 164.

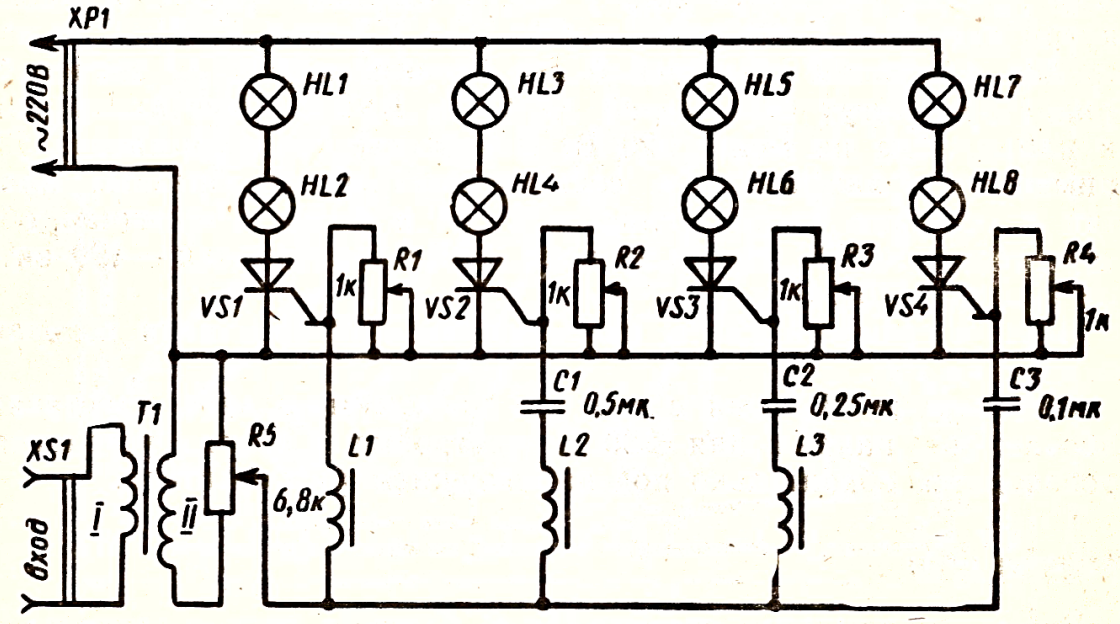
Цветомузыкальная приставка

Среди молодежи особой популярностью пользуются различного рода цветомузыкальные устройства. Но начинающие радиолюбители часто сталкиваются с большими трудностями при их сборке и настройке. Предлагаемая цветомузыкальная приставка проста и надежна в работе. Качество создаваемых ею световых эффектов вполне удовлетворяет требованиям начинающих радиолюбителей и позволяет накопить практический опыт для создания более совершенных конструкций подобного рода.

Описываемая схема цветомузыкальной приставки состоит из четырех гирлянд, составленных из ламп *HL1—HL8* (рис. 165). Гирлянды рассчитаны на напряжение 220 В и подключаются в сеть через тринисторы *VS1—VS4*.

Сигналы звуковой частоты поступают на вход приставки с выхода УЗЧ (магнитофона, проигрывателя) через согласующий трансформатор *T1*, вторичная обмотка которого замыкается на переменный резистор *R5*. Поворотом ползуна резистора *R5* регулируется уровень входного сигнала. Катушки, конденсаторы и их цепочки, находящиеся в цепях управляющих электродов тринисторов, фильтруют сигналы по частотам. Чувствительность каждого канала, а следовательно, ширина диапазона звуковых частот, на которые реагируют гирлянды, регулируются переменными резисторами *R1—R4*.

Каналы установки настроены на частоты: 1 — до 600 Гц, 2 — 500...1200 Гц, 3 — 1100...3000 Гц, 4 — 2800 Гц и выше. Катушки *L1* первого канала и *L2* второго канала намотаны на бумажных каркасах внутренним диаметром 8—9 мм и длиной 40 мм и содержат по 1500 витков провода ПЭВ-0,12; катушка *L3* намота-



XS1-розетка ОНЦ-ВГ-2-3/16р

Рис. 165

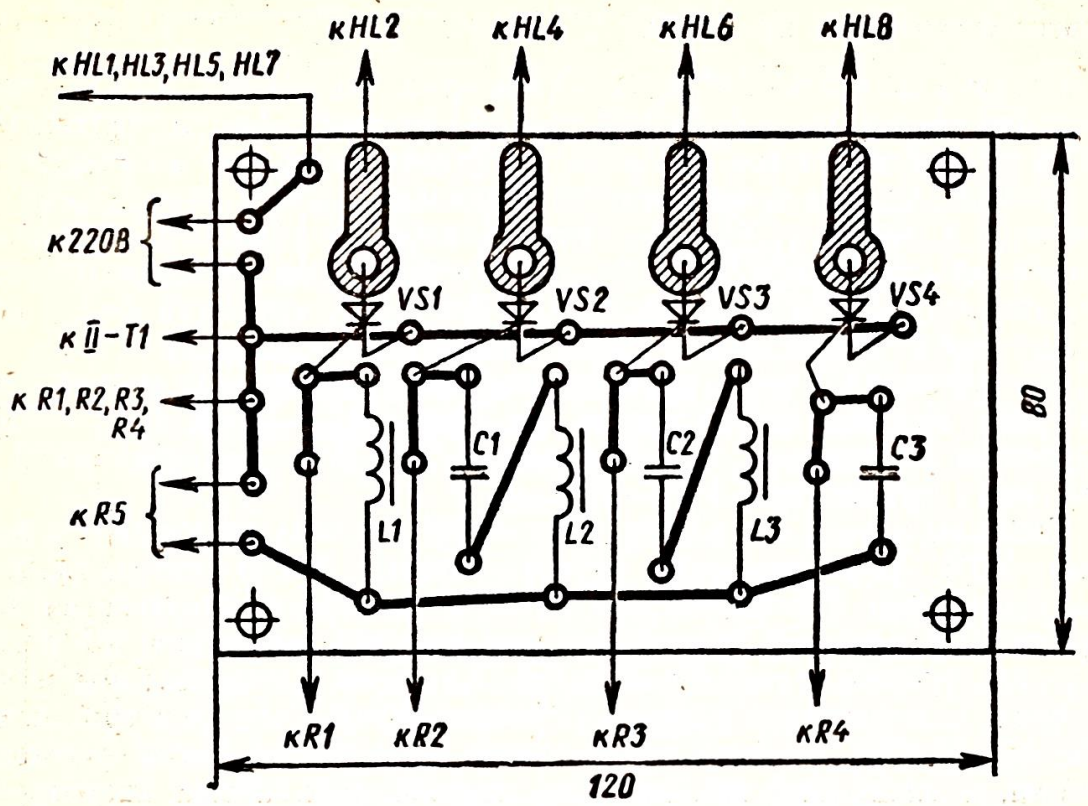


Рис. 166

на на таком же каркасе длиной 20 мм и содержит 800 витков этого же провода. Внутри катушек расположены круглые ферритовые стержни марки 400НН. Их можно заменить стальными аналогичных размеров. Более точной настройки частоты канала можно добиться, регулируя длину части стержня, расположенного внутри катушки. Конденсаторы *С1, С2* и *С3* типа МБМ. При настройке приставки возможен более точный подбор их значений. Тринисторы могут быть серий КУ201 и КУ202. Рассчитаны они на напряжение не менее 220 В. В качестве трансформатора *Т1* применяют трансформатор, составленный из Ш-образных пластин с сечением магнитопровода 2 см² и более. Первичная обмотка содержит 200 витков провода ПЭВ-0,4, вторичная — 400 витков провода ПЭВ-0,3.

Чертеж печатной платы цветомузыкальной приставки показан на рисунке 166.

Примечание. В связи с тем что цветомузыкальная приставка работает от напряжения 220 В, настройка и сборка установки производятся обязательно под наблюдением руководителя.

Бегущие огни

Гирлянды лампочек, имитирующие бегущие огни, применяются юными техниками для иллюминации новогодних елок, школьных вечеров, различных технических устройств.

Схема бегущих огней (рис. 167) представляет собой трехфазный тринисторный мультивибратор, который питается непосредственно от сети через диод *VD1*. В схеме три рассчитанные на 220 В гирлянды, составленные из ламп *HL1—HL6*. Напряжение на гирлянды подается через соответствующие диоды *VD2, VD4* и *VD6* и тринисторы *VS1—VS3*. В цепях управляющих электродов тринисторов через резисторы *R1, R3* и *R5* включены конденсаторы *C1, C2* и *C3*.

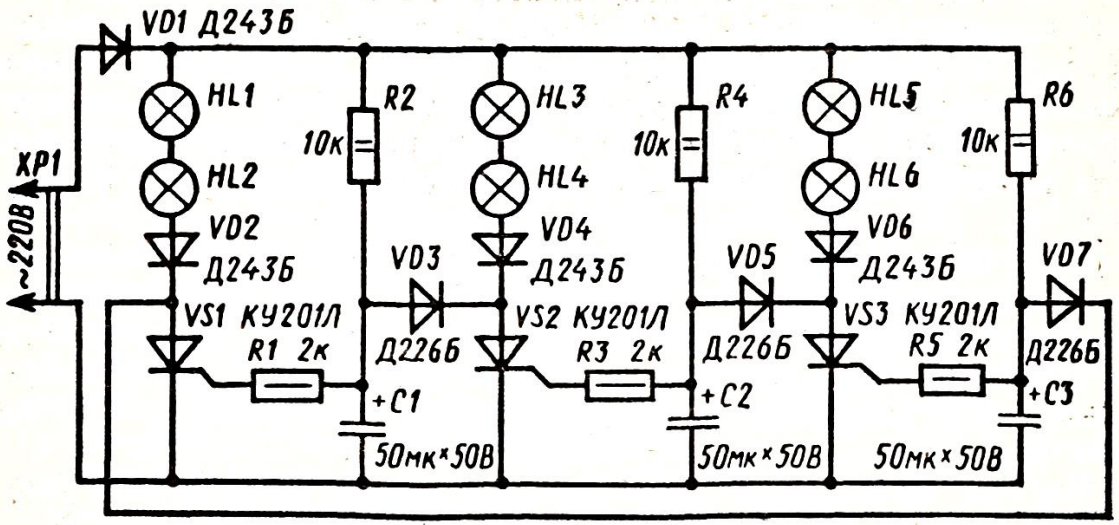


Рис. 167

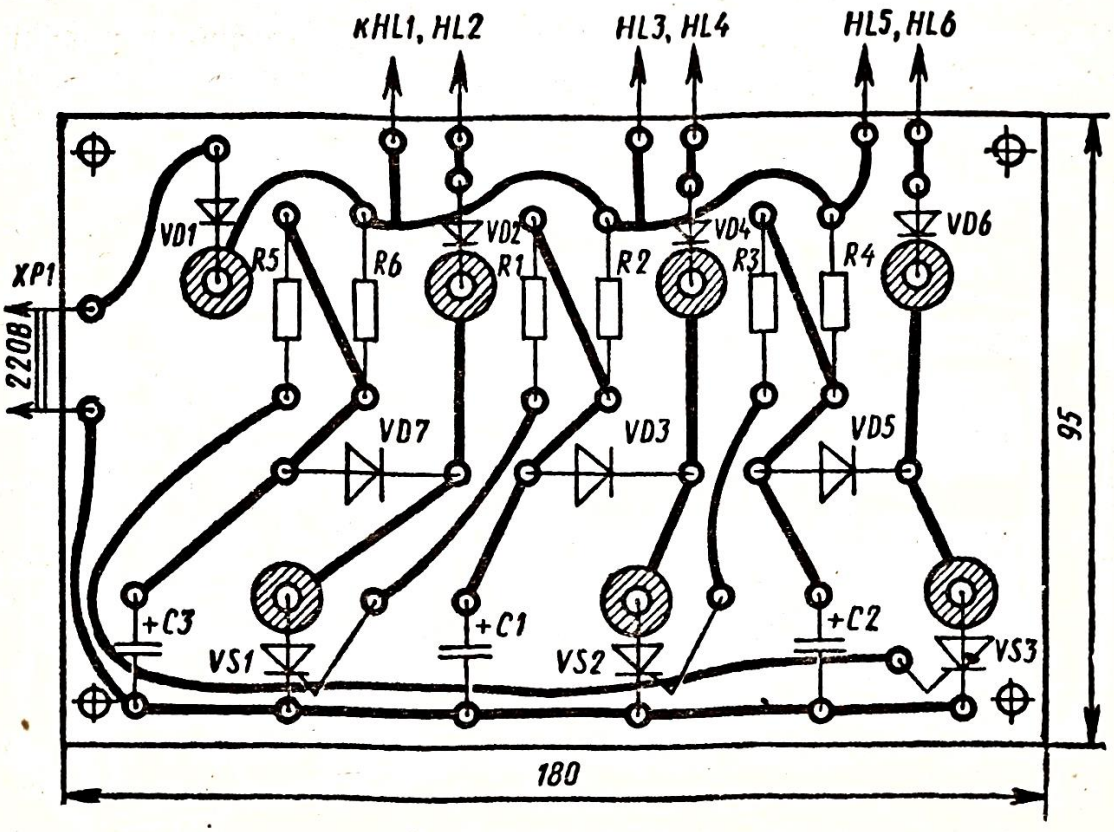


Рис. 168

Сразу же после включения устройства в сеть начинается зарядка конденсаторов *C1, C2* и *C3* через соответствующие резисторы *R2, R4* и *R6*. Вследствие технологических особенностей применяемых резисторов и конденсаторов процесс зарядки происходит неодновременно: один из тринисторов открывается раньше других. Если это будет, например, тринистор *VS1*, то первой загорится гирлянда ламп *HL1—HL2*. При этом через диод *VD7* и открытый тринистор *VS1* мгновенно разряжается конденсатор *C3*. Тогда следующим зарядится конденсатор *C2* и откроется тринистор *VS2*, зажигая гирлянду *HL3—HL4*. Конденсатор *C1* разряжается через диод *VD3* и открытый тринистор *VS2*. После этого заряжается конденсатор *C3* и открывается тринистор *VS3*, включая гирлянду *HL5—HL6*. Конденсатор *C2* разряжается через диод *VD5* и открытый тринистор *VS3*. Далее весь процесс повторяется.

Если поочередно зажигающиеся лампы гирлянд расположить в цепочку, можно получить эффект бегущих огней. Продолжительность свечения гирлянд зависит от сопротивления резисторов *R2*, *R4* и *R6* и емкости конденсаторов *C1—C3*. Подбирая их номиналы, можно отрегулировать равномерность и длительность свечения гирлянд.

Чертеж печатной платы бегущих огней показан на рисунке 168.

Акустические колонки

Акустические колонки (рис. 169) имеют форму ящика размерами 180×130×330 мм, изготовленного из многослойной фанеры. В колонках расположено по одной динамической головке 2ГД36 и 3ГД8Е. Динамик 2ГД36 подключен параллельно динамику 3ГД8Е через конденсатор 1,0 мкФ типа МБМ. Результат такого

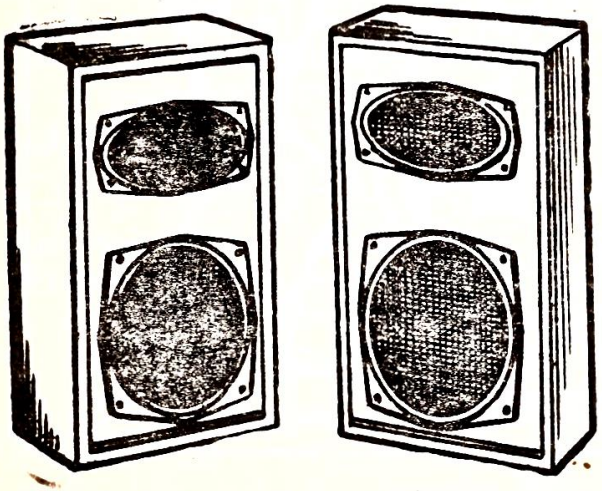


Рис. 169

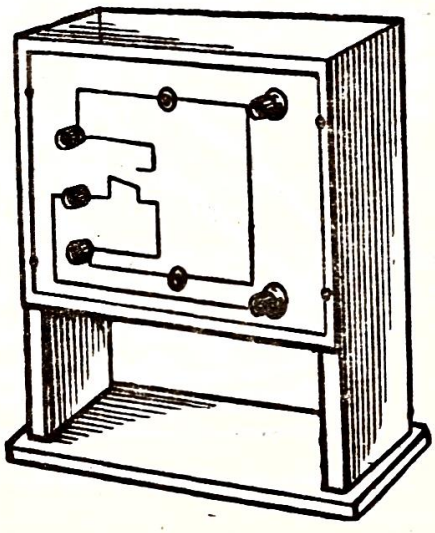


Рис. 170

включения: динамик 3ГД8Е воспроизводит звук низких и средних частот, динамик 2ГД36 — высоких.

Каждая головка снабжена гибким телефонным шнуром, оканчивающимся вилкой ОНЦ-ВГ-2—3/16В для подключения к выходам блоков УЗЧ, звукового генератора, радиоприемника, прибора для демонстрации свойств активного, индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи переменного тока.

Блок индикации

На передней поверхности блока (рис. 170) смонтированы две лампы (МН 3,5 В×0,26 А). К ним от блока питания подается напряжение 3 В через контакты электромагнитного реле демонстрируемого блока. Для демонстрации блока входные клеммы блока индикации соединяют с соответствующими клеммами контактов электромагнитного реле демонстрируемого блока. При этом нижняя лампа загорается, так как она оказывается включенной через нормально замкнутые контакты реле, верхняя загорается при срабатывании реле, когда происходит переключение контактов.

В отличие от других блоков блок индикации оформлен в виде ящика, где хранятся детали комплекта:

микрофон МД-200 для блока УЗЧ;

элемент 332 для блока термореле;

датчик к термореле на шнуре длиной 50 см, оканчивающемся штекером ОНЦ-ВГ-2—3/16В;

шнур длиной 1 м для соединения: а) выхода блока звукового генератора с входом «МАГ» блока УЗЧ; б) выхода блока УЗЧ с входом блока цветомузыкальной приставки; в) выхода блока УЗЧ с входом блока для демонстрации свойств активного, индуктивного и емкостного сопротивлений. Этот шнур оканчивается штекером ОНЦ-ВГ-2—3/16В;

три шнура, составленные из двух разноцветных проводов длиной по 1 м. Их применяют для соединения блока питания: а) с блоком УЗЧ; б) с блоком индикации; в) с другими блоками, питающимися стабилизированным напряжением;

шнур длиной 30 см, составленный из трех разноцветных проводов. Его применяют для соединения блока индикации с выходами блоков, содержащих электромагнитное реле.

Размеры ящика блока индикации составляют 75×160×230 мм, основания — 10×90×240 мм.

Примечания. 1. Для настройки электронных схем блоков достаточно иметь школьный авометр и школьный звуковой генератор.

2. В схемах конструкций использованы только широкодоступные детали. Это упрощает возможность повторения сборки блоков комплекта. Во всех схемах транзисторы серии ГТ402, применяемые в усилителях мощности, можно заменить транзисторами серий МП39—МП42, надев на их шляпки радиатор, состоящий из 16—18 витков оголенного медного провода диаметром около 1 мм, свитого в спираль.

Во всех схемах электромагнитное реле РЭС-10 (РС4.524.304) можно заменить на любое маломощное реле напряжением срабатывания 5—6 В.

При отсутствии фольгированных поверхностей детали на платах можно монтировать другим способом, например посредством навесного монтажа.

3. В целях большей наглядности в блоках вместо резисторов МЛТ-0,125 применены резисторы ВС-0,25.

4. Все переменные резисторы, используемые в схемах, могут быть типа СП-1 группы А.

5. Во всех схемах применены транзисторы с коэффициентами передачи тока $\eta_{21э}$ в пределах 40...100.

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКТА НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Данный комплект мы широко используем не только на кружковых занятиях с учащимися, но и на уроках физики для демонстрации различных физических процессов и явлений. Ниже описано несколько опытов с комплектом на уроках физики.

Демонстрация действия фотореле

Опыты демонстрируют при изучении темы «Полупроводники». Блок-схема опыта показана на рисунке 171. При затемнении фоторезистора срабатывает фотореле. Об этом свидетельствует переключение ламп блока индикации. Если перед фоторезистором перемещать штучные предметы, находящиеся на бумажной ленте, можно продемонстрировать принцип подсчета продукции в промышленности. Если постепенно затемнять кабинет, можно объяснить принцип работы автомата уличного освещения. Если через контакты фотореле подать напряжение питания на звуковой генератор, можно объяснить принцип работы фотосигнализаторов.

Демонстрация действия термореле

Блок-схема опыта показана на рисунке 172. Для демонстрации действия термореле переменным резистором *R4* (см. рис. 152) необходимо установить реле на грани срабатывания. Затем достаточно нагреть термодатчик любым способом, и реле сработает,

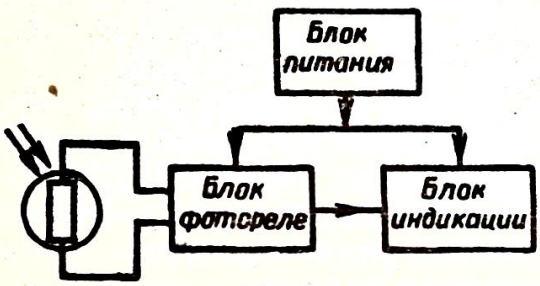


Рис. 171

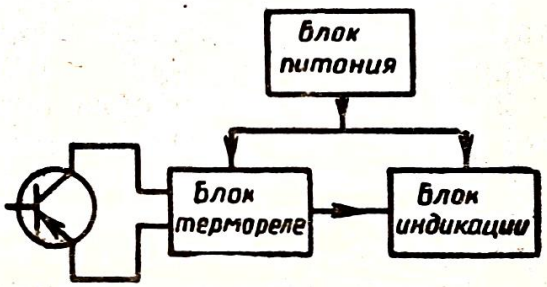


Рис. 172

о чем сигнализирует блок индикации. Если датчик поместить в небольшой сосуд (например, стеклянную колбу) вместе с лампой накаливания, питание на которую подается через контакты термореле, можно демонстрировать принцип действия терморегулятора.

Когда в сосуде за счет внутренней энергии лампы температура увеличивается до определенного значения, термореле отключает ее. При остывании среды лампа вновь включается. В сосуд, кроме датчика и лампы, помещают термометр.

В качестве лампы берут автомобильную лампу, рассчитанную на напряжение 24 В. На нее можно подавать напряжение 24 В от выпрямителя блока.

Демонстрация действия реле времени

Действие реле времени можно демонстрировать при изучении конденсаторов, накопителей электрической энергии. Блок-схема опыта показана на рисунке 173.

Если параллельно кнопке *SB1* (см. рис. 148) подпаять проводники и подключить их к нормально разомкнутым контактам реле других блоков, то реле времени можно объединить с акустическим, емкостным или фотореле, как показано на блок-схеме рисунка 174.

Демонстрация действия акустического реле

Если перед интерферометром звуковых волн возбуждать звуки, лампа блока будет загораться. С помощью этого блока можно также продемонстрировать явление отражения звуковых волн от препятствий.

Демонстрация селективного акустического реле и избирательных свойств колебательного контура

Блок-схема опыта показана на рисунке 175. Этот опыт целесообразно показать при изучении колебательного контура. Звуковые волны, создаваемые акустической колонкой, подключенной к звуковому генератору, достигают микрофона усилителя акустического

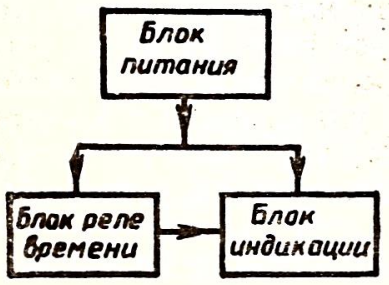


Рис. 173

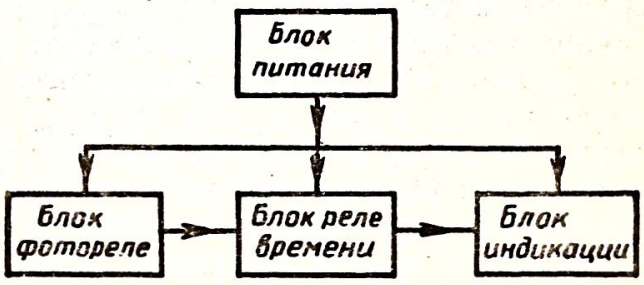


Рис. 174

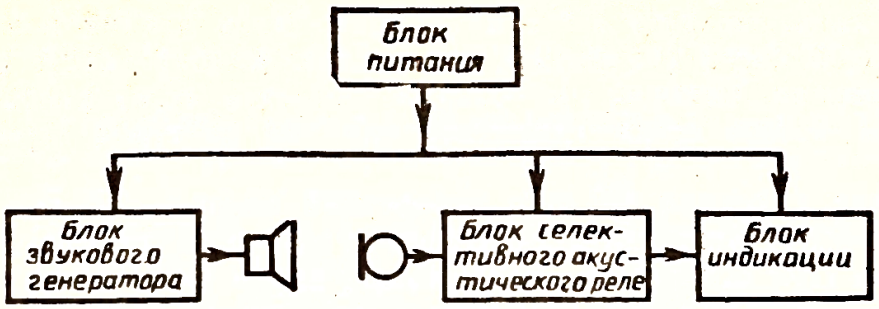


Рис. 175

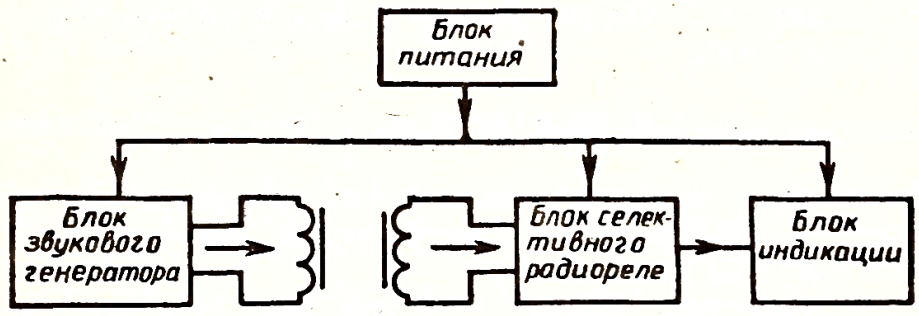


Рис. 176

реле и усиливаются им. Однако блок индикации не регистрирует срабатывания реле. Переменным резистором звукового генератора плавно меняют частоту звука. При частоте звука около 900 Гц акустическое селективное реле срабатывает. Далее учащимся объясняют свойства колебательного контура, явление резонанса в нем.

Демонстрация селективного радиореле и избирательных свойств колебательного контура

Блок-схема опыта показана на рисунке 176. Для этого опыта выход звукового генератора переключают на катушку *L1* (см. рис. 155). Токи звуковой частоты, проходящие через катушку звукового генератора, возбуждают вокруг него переменное магнитное поле, которое порождает переменное электрическое поле. Эти поля, взаимно порождая друг друга, образуют вокруг катушки *L1* (см. рис. 146) электромагнитное поле. В катушке *L1* (см. рис. 155) усилителя селективного реле это поле порождает переменный ток той частоты, на которой работает генератор. Ток усиливается УЗЧ и поступает на селективное реле, на входе которого установлен колебательный контур. Селективное реле срабатывает только в том случае, если частота улавливаемых электромагнитных волн, а следовательно, и частота звукового генератора совпадают с резонансной частотой колебательного контура *L2C6* селективного реле (см. рис. 155).

Учащимся можно объяснить, что низкочастотные электромагнитные волны легко поглощаются окружающей средой и на большие расстояния не распространяются. В данном опыте расстояние

между источником и приемником электромагнитных волн составляет не более 1 м.

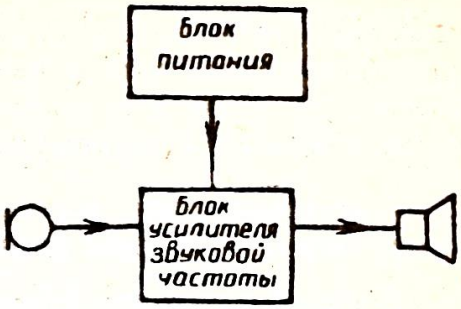


Рис. 177

Преобразование и усиление звуковых колебаний

Демонстрацию преобразования и усиления звуковых волн, поступивших в микрофон усилителя звуковой частоты, выполняют в соответствии с блок-схемой (рис. 177).

Демонстрация явления интерференции звуковых волн

Две акустические колонки (рис. 178), подключенные на выходе блока УЗЧ, расположены на расстоянии 1 м. На вход «МАГ» УЗЧ подается сигнал от звукового генератора. При этом в классном помещении от двух колонок распространяются когерентные звуковые волны, которые, накладываясь друг на друга, приводят к интерференции. Если с интерферометром звуковых волн

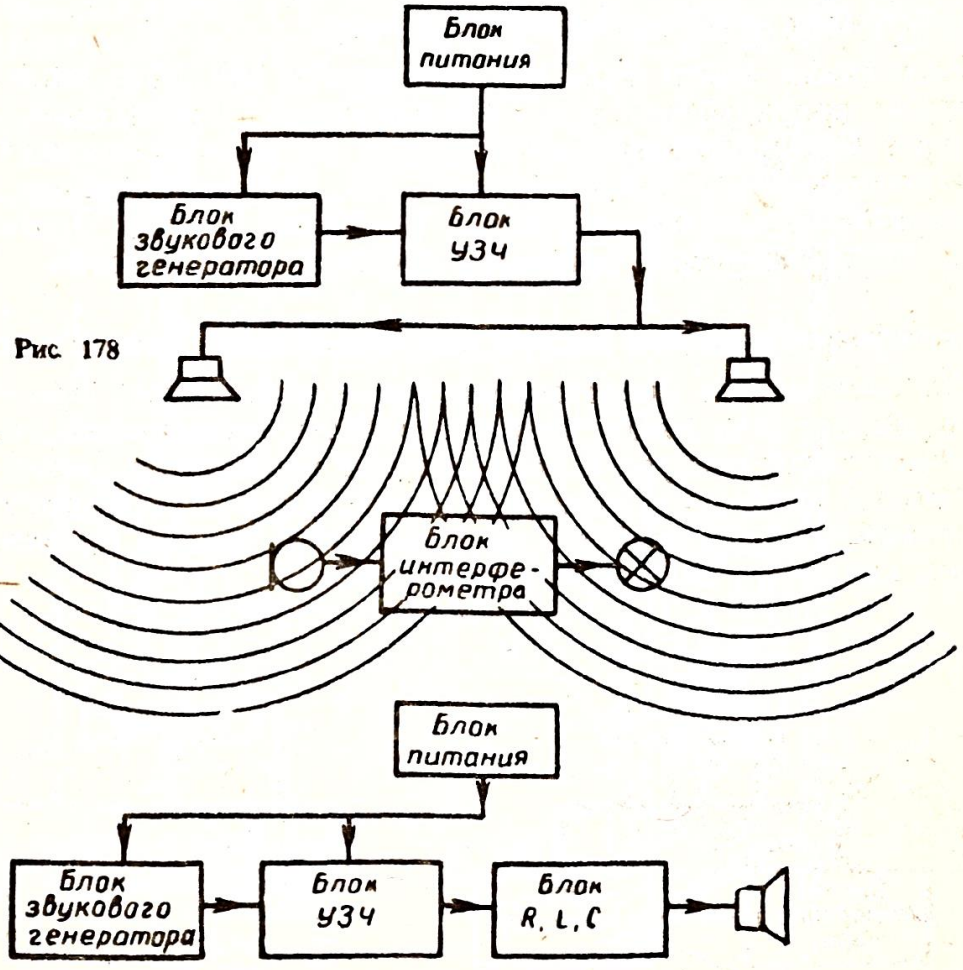


Рис. 178

Рис. 179

(см. рис. 161) перемещаться по классу перед колонками, то можно обнаружить, что в некоторых местах лампа интерферометра загорается ярко, а в некоторых гаснет. Этот факт свидетельствует о максимумах и минимумах слышимости.

Демонстрация роли активного, индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи переменного тока

Блок-схема опыта показана на рисунке 179. Если на вход блока (см. рис. 163) подать сигналы от звукового генератора, усиленные блоком УЗЧ, можно заметить, что при низких частотах звучания ярко загорается лампа, включенная в цепь катушки. При увеличении частоты звука яркость свечения лампы уменьшается, но возрастает свечение лампы в цепи конденсатора. Яркость свечения лампы в цепи резистора остается без изменения. Из этих наблюдений делают вывод: с возрастанием частоты переменного тока сопротивление катушки току увеличивается, а сопротивление конденсатора уменьшается, сопротивление резистора остается неизменным. Далее рассматривают физическую сущность явлений. Акустическая колонка на выходе блока в данном опыте служит для звуковой индикации изменения частоты переменного тока.

Демонстрация действия емкостного реле

Блок-схема опыта показана на рисунке 180. Этот опыт демонстрируют при изучении тем «Электроемкость» и «Колебательный контур». Вначале настраивают емкостное реле с помощью переменного резистора *R4* (см. рис. 157). Затем подносят ладонь к пластине блока на расстояние 6—10 см, и реле срабатывает. Объясняют физические принципы наблюдаемого явления.

Демонстрация действия работы радиоприемника прямого усиления

На рисунке 181 представлена блок-схема опыта. При помощи этого блока объясняют принцип работы радиоприемника, роль колебательного контура и конденсатора переменной емкости, роль усилителей высокой и звуковой частот, роль детекторного каскада; демонстрируют свойство направленного приема магнитной антенны, причины помех в радиоприемнике.

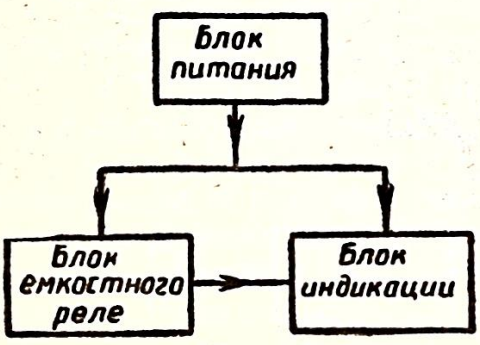


Рис. 180

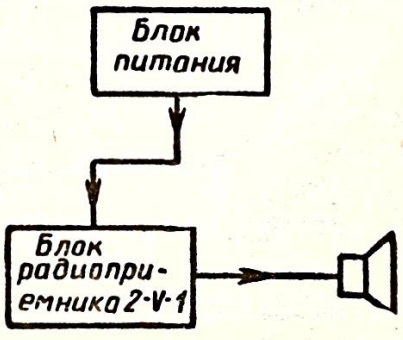


Рис. 181

ГЛАВА III. САМОДЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, РАЗРАБОТАННЫЕ В КРУЖКЕ

1. УЧЕБНО-НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ ПО ФИЗИКЕ

Прибор для световой индикации явления невесомости

Внешний вид прибора показан на рисунке 182, *а*. Он представляет собой небольшой щиток *1*, выполненный из прямоугольной формы многослойной фанеры. Размеры его 160×220 мм. Внутри щитка вырезана кабина размером 70×130 мм. Внутри кабины установлена направляющая пластина *2*, вдоль которой может двигаться вверх и вниз макет фигуры человека (космонавта), выполненной тоже из многослойной фанеры. Для увеличения массы фигуры сделанные в ней отверстия заполнены свинцом. На щитке над кабиной и под кабиной космонавта установлены две лампы накаливания *3* (МН 3,5 В×0,26 А), а сбоку расположен выключатель питания *4*. Источник питания *5* (рис. 182, *б*) — батарея

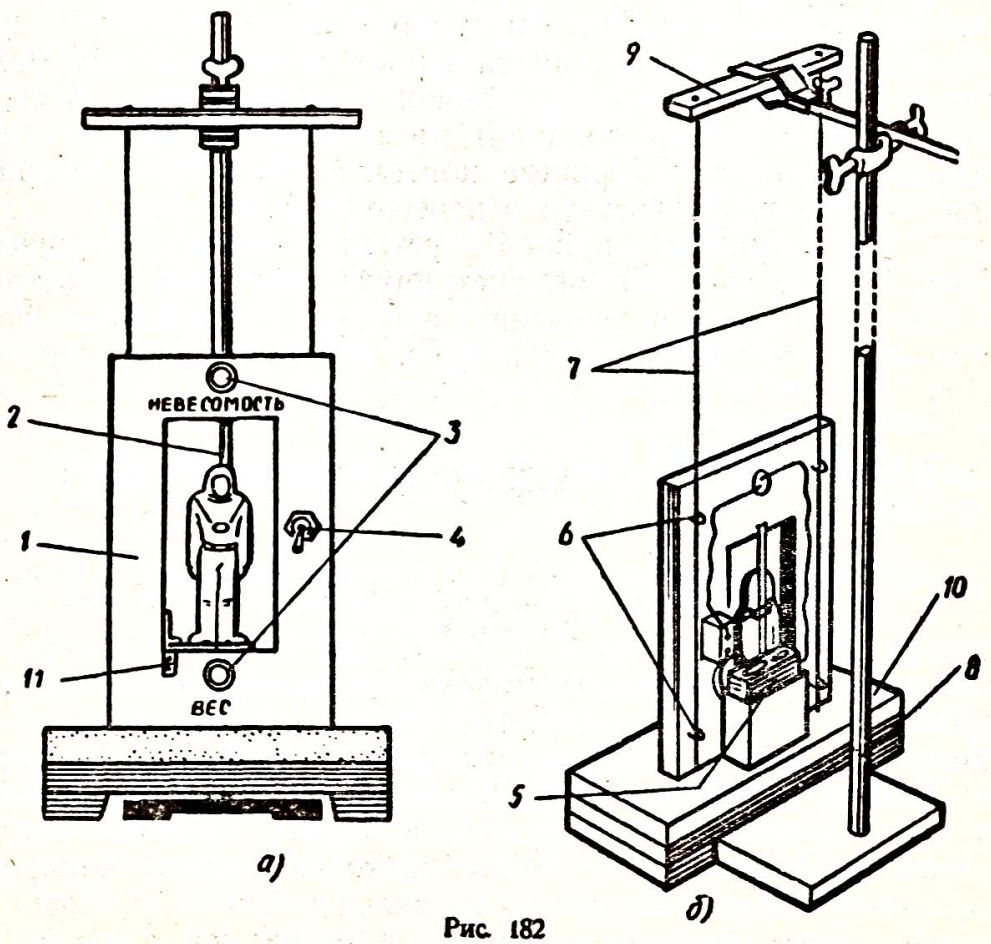


Рис. 182

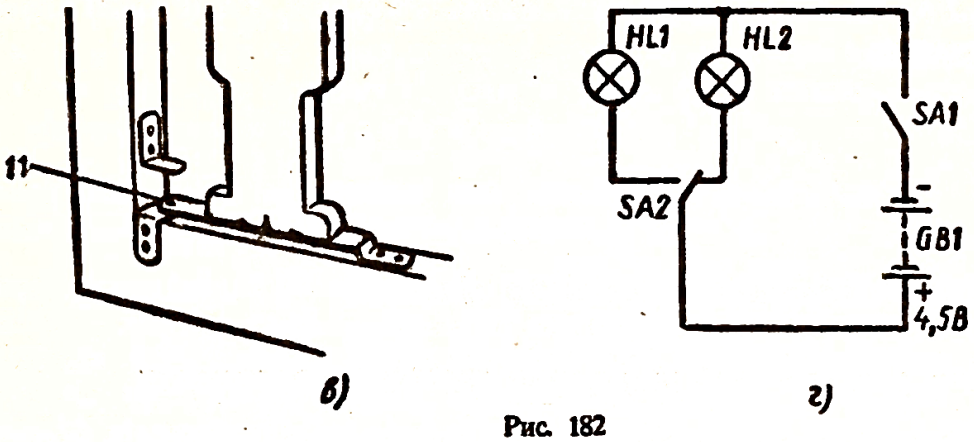


Рис. 182

3336Л — расположена в нижней части обратной стороны щитка. Здесь же размещены четыре скобы *6*, в которые пропущены две капроновые нити *7*, жестко закрепленные снизу к основанию *8*, а сверху — к фанерной пластине *9*. Основание прибора изготовлено из фанеры, покрытой сверху губкой *10* толщиной 20 мм. В нижней части кабины установлен самодельный переключатель *11* (см. рис. 182, *а*), сделанный из контактов реле. Конструкция переключателя понятна из рисунка 182, *в*: у него два неподвижных контакта и один (средний) подвижный.

Электрическая схема прибора показана на рисунке 182, *г*.

Если фигура человека весома, то она вследствие этого давит на неподвижный контакт и замыкает цепь питания нижней лампы. Загорание ее сигнализирует о наличии веса у фигуры. В состоянии невесомости фигура не давит на подвижный контакт и он, распрямляясь, касается верхнего контакта. При этом загорается верхняя лампа, свидетельствуя о невесомости фигуры.

Для демонстрации прибор устанавливают в штативе (см. рис. 182, *б*). Сначала демонстрируют вес тела в состоянии покоя или равномерного движения, а потом, подбрасывая фанерный щиток вдоль нитей вверх и вниз, наблюдают явление невесомости.

Электрифицированная модель тригонометрического круга с графиком

При изучении гармонических колебаний, связанных с функцией

$$y = \sin x,$$

мы используем действующую модель тригонометрического круга с графиком.

Общий вид прибора показан на рисунке 183, *а*. Он смонтирован на панели размерами 100×32 см. Роль точки, совершающей равномерное движение по окружности, играет лампочка *А*, установленная на конце стержня *1*. Второй конец стержня прикреплен к подшипнику *2*, который жестко вставлен в панель. На окружности установлены двенадцать контактов *3*, на оси абсцисс и на

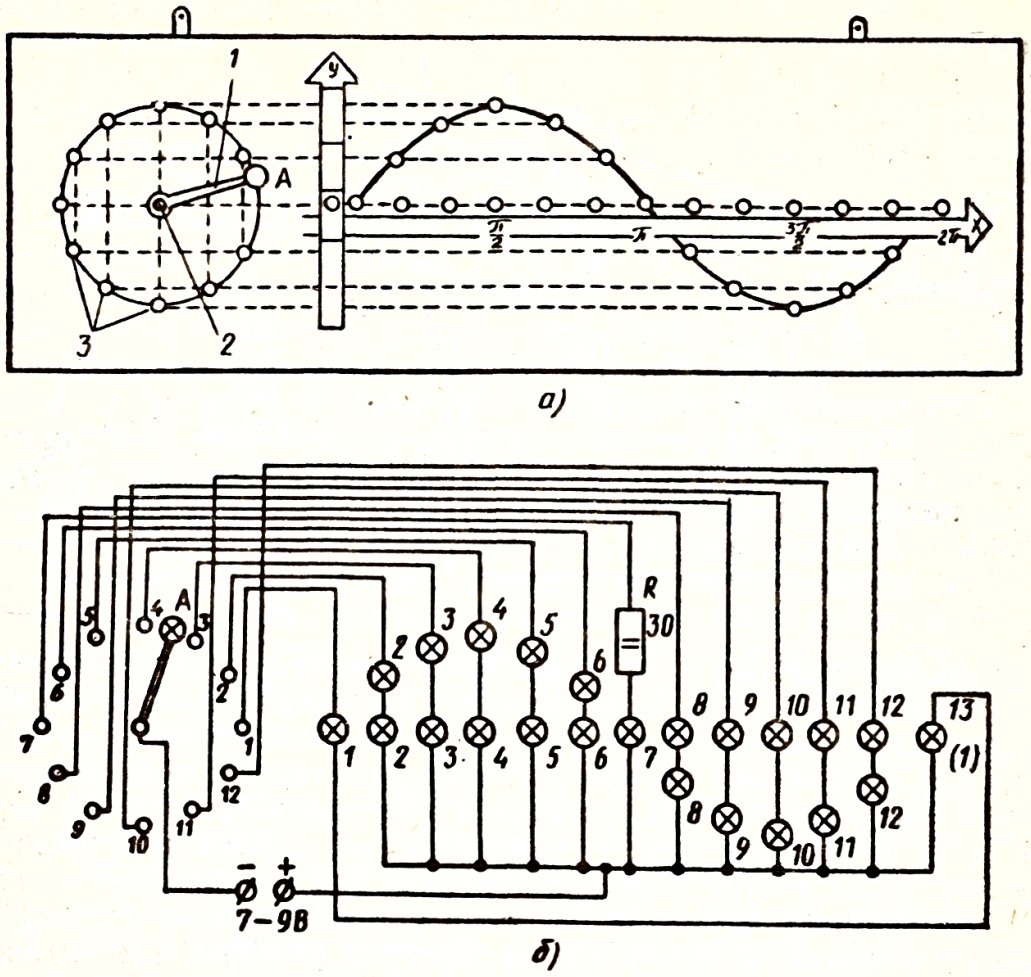


Рис. 183

синусоиде расположены лампочки. Все лампочки рассчитаны на 3,5 В, для питания используется напряжение 7—8 В. Оси координат съемные.

На рисунке 183, *б* представлена электрическая схема прибора. При движении лампочки *А* по окружности поочередно замыкаются контакты *1—12*. При этом загораются сама лампочка *А* и соответствующие контактам лампочки на синусоиде и на оси абсцисс. Движение лампочки начинается с точки *1* и идет против часовой стрелки.

Прибор для демонстрации механического резонанса

В данном приборе (рис. 184) в качестве тела, совершающего механические колебания, используется пластина *1* из фольгированного стеклотекстолита размерами 2×35×400 мм. На свободном конце пластины установлен микроэлектродвигатель *2*, на оси якоря которого закреплен небольшой эксцентрик *3*. Другой конец пластины подвижно закреплен на основании *4* при помощи направляющей скобы *5* и фиксирующей пластины *6*. Освободив винтовые зажимы фиксирующей пластины и передвигая ее, можно менять длину свободной части колеблющейся пластины. В корпу-

Рис. 184

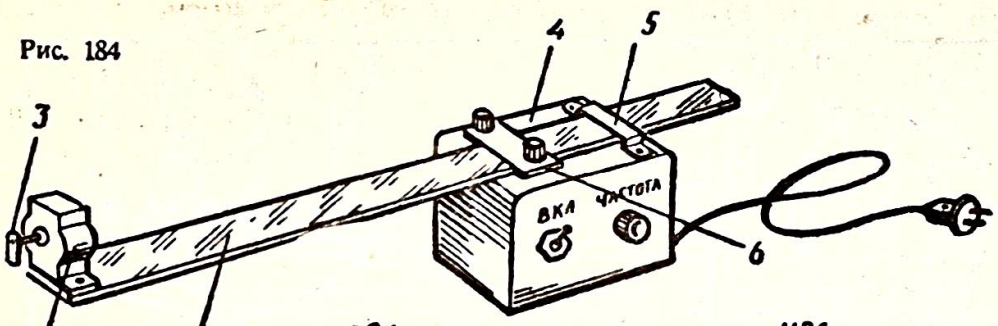
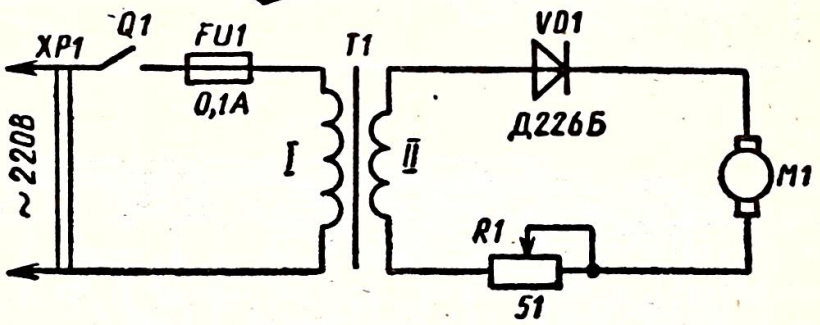


Рис. 185



се основания прибора установлен блок питания электродвигателя, обеспечивающий 4,5—5 В выпрямленного напряжения. Фольгированная поверхность стеклотекстолита с нижней стороны разделена на две продольные токонесущие дорожки, по которым подается напряжение от источника питания к электродвигателю. На верхней части основания между направляющей скобой и фиксирующей пластиной закреплены два контакта (на рисунке они не видны), находящиеся в соприкосновении с токонесущими дорожками стеклотекстолита. Верхняя стенка корпуса прибора, где установлены контакты, сделана из изоляционного материала.

При включении источника питания электродвигатель с эксцентриком на оси начинает вращаться и создает вынужденные механические колебания, которые передаются пластине, имеющей собственную частоту колебаний.

Для демонстрации явления механического резонанса можно при данной длине колеблющейся пластины установить необходимую частоту вращения электродвигателя при помощи переменного резистора или при неизменной частоте вращения двигателя подобрать нужную длину колеблющейся пластины. В обоих случаях пластина с электродвигателем начинает колебаться с максимальной амплитудой, наглядно демонстрируя явление механического резонанса.

Электрическая схема прибора показана на рисунке 185. В качестве понижающего трансформатора использован выходной трансформатор ТВК-110 или ТВК-90 кадровой развертки телевизора, понижающий напряжение сети до 10 В.

На электродвигатель прибора можно подать напряжение от отдельного источника тока. В этом случае отпадает надобность изготовления описанного блока питания, но тогда на основании прибора необходимо установить две клеммы для подключения микродвигателя к источнику питания.

Прибор для демонстрации грозовых разрядов и роли молниеотводов

Прибор (рис. 186) используют на уроках природоведения, физики и для внеклассных мероприятий при объяснении природы грозовых разрядов и роли молниеотвода.

На основании из диэлектрика, имеющем прямоугольную форму размерами 400×400 мм, установлены макеты дома, дерева, горы, молниеотвода и двух облаков на стержнях. Макеты облаков и дерева выполнены из толстого листового алюминия. Макет горы изготовлен из пенопласта, а затем обработан эпоксидной шпатлевкой и раскрашен гуашью. На вершине горы вмонтирована металлическая пластина — молниеотвод — кусок велосипедной спицы, заостренной с одного (верхнего) конца. Нижний конец молниеотвода вставляется в трубку, выступающую над поверхностью на высоту 80 мм. В такие же трубки установлены стержни с облаками. Приподнимая и опуская стержни в трубках, можно свободно регулировать уровень облаков. Закреплены облака в стержнях не в геометрическом центре, а ближе к краю. Поэтому, вращая их вокруг точек крепления, можно менять положение относительно других предметов.

На двух вертикальных стенках (за горой) выполнен пейзаж.

От облаков, дерева, молниеотвода и пластины на вершине горы сделаны выводы к зажимным клеммам, расположенным по краям основания прибора. Провода соединений расположены по возможности дальше друг от друга и нигде не пересекаются.

Прибор позволяет показать четыре основных опыта, первые три из которых проводятся без молниеотвода.

Опыт 1. Разряд между облаками. К клеммам, связанным с облаками, подключают кондукторы электрофорной машины и, вращая ручку машины, наблюдают искровой (грозовой) разряд между облаками.

Опыт 2. Разряд между облаком и землей. Электрофорную машину подключают к одному из облаков и пластине на горе.

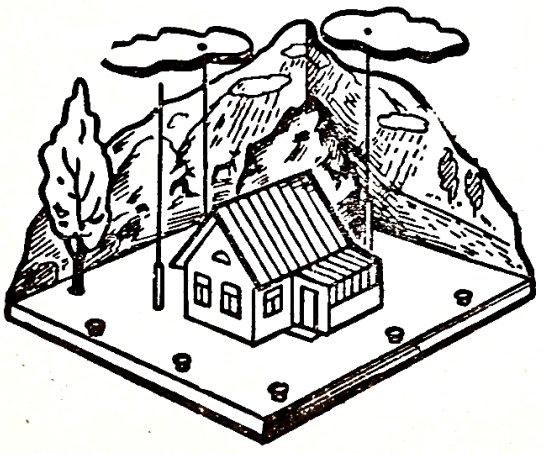


Рис. 186

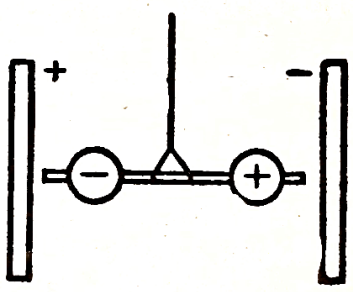


Рис. 187

Пододвигая диэлектрической палочкой облако к горе, наблюдают разряд между ними при расстоянии 4—6 см.

Опыт 3. Разряд между облаком и деревом. Перед этим опытом на вершину дерева кладут небольшой кусок ваты, смоченный в спирте. При разряде дерево загорается.

Опыт 4. Роль молниеотвода в грозозащите. Молниеотвод устанавливают в трубке, расположенной между деревом и домом. Клеммы дерева и дома соединяют между собой. Над молниеотводом на высоте 4—6 см располагают облако. При этом заряды, стекающие с острия молниеотвода, нейтрализуют окружающее пространство, и разряд не наблюдается.

Все опыты проводят в затемненном кабинете. Эффект восприятия опытов детьми значительно повышается, если демонстрация сопровождается магнитофонной записью грозовых разрядов.

При демонстрации (особенно опыта 3) необходимо предусмотреть все меры безопасности.

В опытах вместо электрофорной машины можно использовать высоковольтный преобразователь «Разряд-1».

Модель диполя

При изучении темы «Поляризация диэлектриков» возможно использование следующей модели диполя.

На концы тонкой стеклянной трубки длиной 15—20 см насаживают два теннисных шарика, покрытых проводящим слоем графита. Для того чтобы насадить шарики на стеклянную трубку, необходимо последнюю слегка нагреть на спиртовке. Полученную модель диполя подвешивают при помощи нити, как показано на рисунке 187. Если теперь шарики зарядить разноименно и ввести в электростатическое поле между двумя пластинами, то ось диполя установится вдоль силовых линий электростатического поля. Если перезарядить шарики, то ось диполя изменит свою ориентацию на 180°.

Электростатическое поле между пластинами создается электрофорной машиной.

2. ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ШКОЛЫ, УЧЕБНЫХ КАБИНЕТОВ И ПРЕДПРИЯТИЙ

Электроника макета мемориального комплекса

Готовясь к празднованию Дня Победы, учащиеся изготовили для школьного музея макет мемориального комплекса (рис. 188). На макете зажигается звезда на вершине стелы, поочередно вспыхивающими лампами имитируется вечный огонь, на мемориальной доске подсвечиваются годы начала и окончания Великой Отечественной войны, а также цифра понесенных нашей страной потерь человеческих жизней.

Основание макета двухуровневое, изготовлено из фанеры.

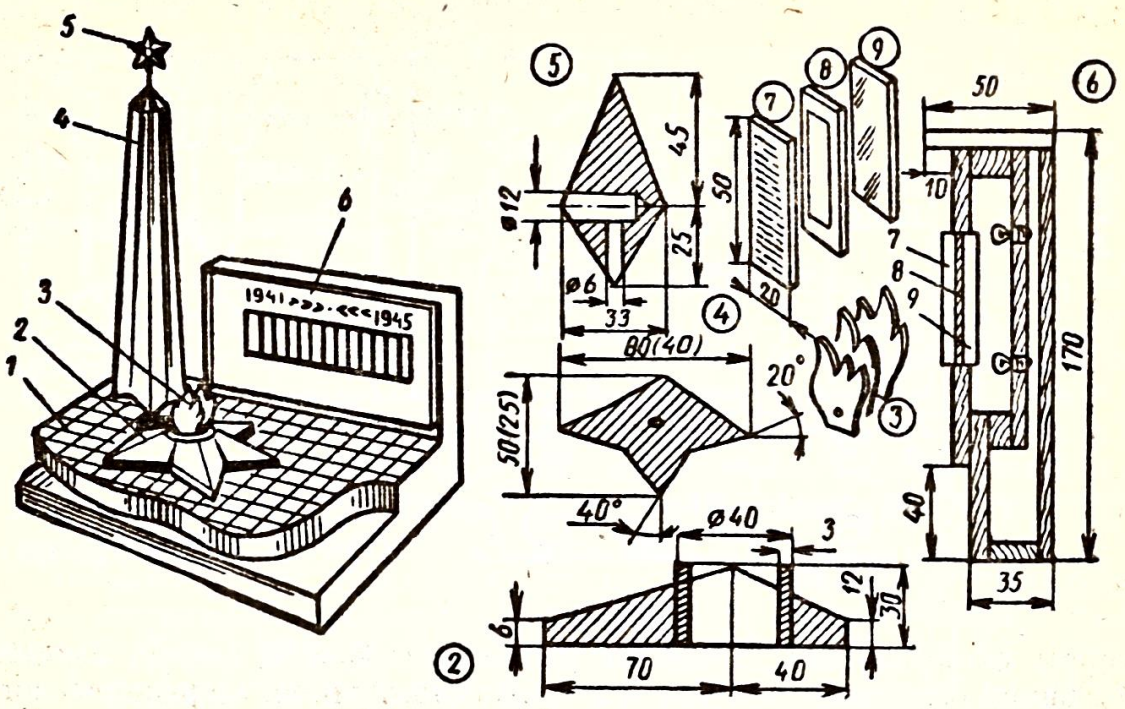


Рис. 188

Двояковыпуклая звезда *5* выполнена из прозрачного оргстекла. Сзади по центру звезды высверлено глухое отверстие под лампу накаливания. С этим отверстием соединено другое, меньшего диаметра, просверленное снизу звезды.

Стела *4* изготовлена из пенопласта и обработана эпоксидной шпатлевкой. На чертеже (см. рис. 188) приведены размеры основания стелы, а в скобках — верхней части. Внутри стелы по центру просверлено отверстие под провода для питания лампы звезды.

Звезда вечного огня *2* также изготовлена из пенопласта и обработана эпоксидной шпатлевкой. Посредине звезды высверлено отверстие, в которое вставлено металлическое кольцо (можно пластмассовое). Внутри кольца укреплены «язычки» пламени *3*, вырезанные из органического стекла толщиной 5 мм.

Звезда *5* и «язычки» пламени *3* окрашены в красный цвет. Краситель изготавливается из нитроцеллюлозного клея и красной пасты от шариковых авторучек. На 50 г клея требуется 2—3 длинных стержня с пастой. Металлические наконечники со стержней срезают и пасту выдувают в клей. Этот состав разбавляют до нужной консистенции ацетоном или растворителем.

Для окраски деталь достаточно окунуть в полученный раствор и дать подсохнуть в течение нескольких минут. При окраске следят за тем, чтобы внутренние стенки большого отверстия звезды и торцовая поверхность пламени остались незакрашенными.

Стела и звезда вечного огня окрашены в бронзовый цвет, а основание — в серый.

Мемориальная доска *6* изготовлена из фанеры. На лицевой стороне вырезаны восемь отверстий размерами 20×50 мм, а по

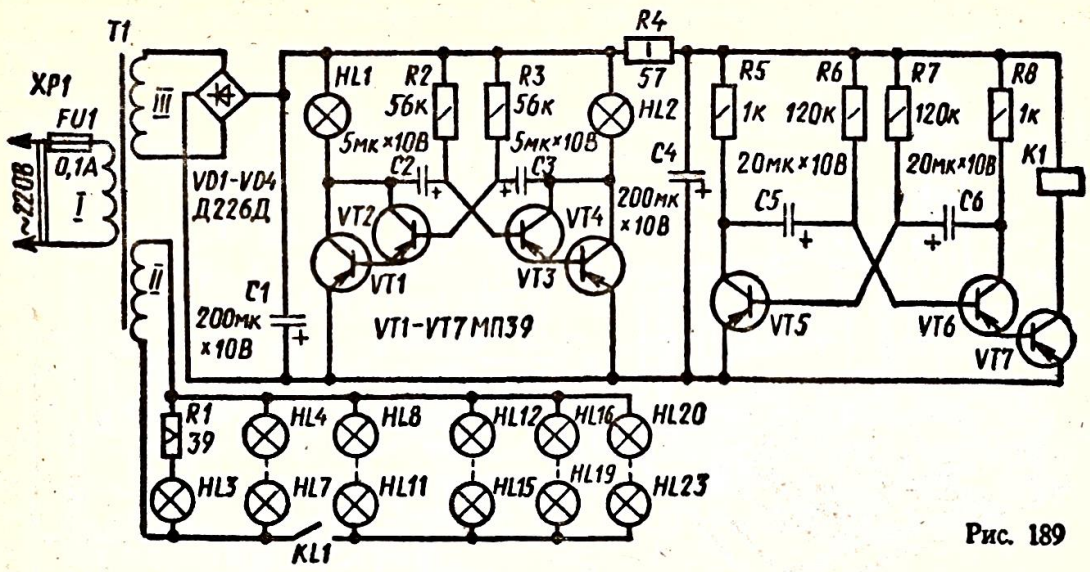


Рис. 189

краям от них — два отверстия размерами 35×20 мм. В каждом большом отверстии закреплены пластина матового органического стекла *7*, приклеенная к ней цифра *8* из непрозрачной бумаги и пластина красного органического стекла *9*. Аналогично оформлены и боковые отверстия, но снаружи расположены пластины красного стекла, а сзади — матового. Каждое из десяти получившихся окошек освещается двумя лампами накаливания.

Лицевая сторона доски окрашена под гранит последовательным нанесением коричневой, красной и желтой гуаши. Надпись «Никто не забыт — ничто не забыто» выполнена желтой гуашью. Вся доска покрыта лаком.

Схема электрической части макета приведена на рисунке 189. На транзисторах *VT1—VT4* собран мультивибратор, управляющий лампами *HL1* и *HL2*, которые подсвечивают снизу «язычки» пламени. На транзисторах *VT5—VT7* выполнен другой мультивибратор, периодически включающий электромагнитное реле *K1*, а оно своими контактами также периодически подает питание на лампы *HL8—HL23*, расположенные позади больших окошек доски. Лампы же *HL4—HL7*, установленные за меньшими окошками, а также лампа *HL3*, вставленная в звезду *5*, светятся постоянно.

Трансформатор питания малогабаритный, обеспечивающий переменное напряжение на обмотке II 10...12 В, а на обмотке III — 6...7 В. Лампа *HL3* рассчитана на напряжение 6,3 В и силу тока 0,26 А (МН 6,3 В×0,26 А), остальные лампы — на напряжение 2,5 В и силу тока 0,068 А (МН 2,5 В×0,068 А). Гасящий резистор *R1* составлен из двух параллельно соединенных резисторов МЛТ-2 сопротивлением 75 Ом и 82 Ом.

Транзисторы взяты из серий МП39—МП42; выпрямительные диоды — из серий Д226, Д7; реле РЭС-10 (паспорт РС4.524.304) (можно и другое маломощное реле), срабатывающее при напряжении 3—5 В и, возможно, меньшем токе.

Трансформатор питания и электронную часть устройства раз-

мещают снизу основания, держатель предохранителя с предохранителем — на задней стенке основания.

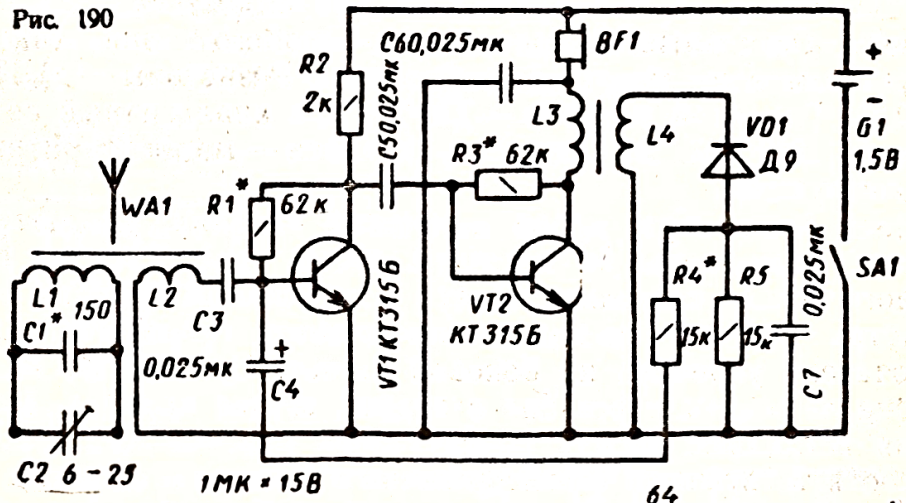
При правильном подборе деталей и безошибочно выполненном монтаже устройство начинает работать сразу и налаживания не требует.

Приемник-радиоточка

Приемник-радиоточка буквально покоряет своими малыми габаритами и сравнительно громким звучанием. Сотни таких приемников, разработанных в кружке и собранных как сувениры, работают во многих уголках страны. Досконально отработав схему и расположение деталей на печатной плате, юные любители техники добились такой надежности, что собранный без ошибок приемник начинает работать сразу и не требует налаживания, исключая подстройку на частоту местной радиостанции.

Приемник (рис. 190) собирают по схеме прямого усиления на двух кремниевых транзисторах. В коллекторной цепи второго транзистора сигнал радиочастоты выделяется на катушке *L3* и через катушку связи *L4* подается на детектор, выполненный на диоде *VD1*. Для сигнала звуковой частоты нагрузкой второго транзистора является миниатюрный головной телефон *BF1*.

Рис. 190



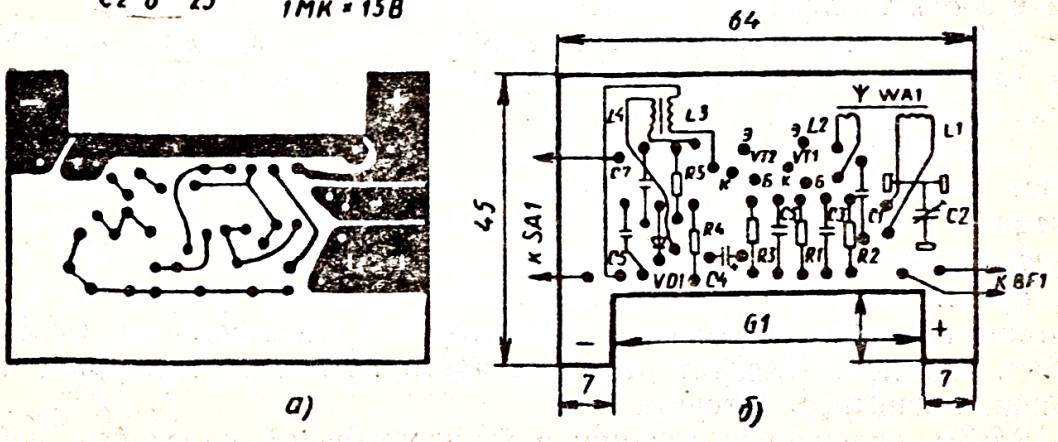


Рис. 191

Питание приемника осуществляется от одного элемента 316, используемого в течение многих месяцев работы (приемник потребляет очень мало энергии).

Транзисторы берут из серии КТ315 с буквенными индексами Б, Г, Е и статическим коэффициентом передачи тока около 100. Магнитную антенну выполняют на отрезке стержня диаметром 8 и длиной 50 мм из феррита 400НН. На стержень надевают бумажный каркас длиной 40 мм, на одном из концов которого наматывают виток к витку катушку связи — 15 витков провода ПЭВ-1 0,15. На оставшейся поверхности каркаса наматывают внавал контурную катушку — 220 витков такого же провода. При таких данных магнитной антенны можно принимать радиостанцию в длинноволновом диапазоне. Для настройки приемника на средневолновый диапазон, чтобы принимать радиостанцию «Маяк», катушка *L1* должна содержать 75 витков, а *L2* — 8 витков указанного провода.

Катушки радиочастотного трансформатора наматывают на кольце типоразмера К7×4×2 из феррита 400НН (можно 600НН): *L3* — из 65 витков, а *L4* — из 170 витков провода ПЭВ-1 0,1, намотанного равномерно по всей длине кольца. Диод — любой из серии Д9. Конденсатор *C3* может быть К53-5, К50-6 или другой малогабаритный оксидный конденсатор емкостью 1—10 мкФ на любое номинальное напряжение. Подстроечный конденсатор — КПК-МП или КПК-МН с номинальной емкостью 6...25 пФ или 8...30 пФ. Остальные конденсаторы — любого типа (например, КЛС), возможно меньших габаритов. Резисторы — МЛТ-0,125, МЛТ-0,25. Головной телефон — ТМ-2А или аналогичный сопротивлением 65...200 Ом. Выключатель питания — малогабаритный любой конструкции.

Детали приемника, кроме источника питания, выключателя и телефона, размещены на печатной плате (рис. 191) из фольгированного стеклотекстолита. Плата с источником питания вставлена внутрь корпуса из-под миниатюрного головного телефона. Выключатель укреплен на боковой стенке. Провода от головного телефона выведены через паз в задней стенке корпуса. Источник питания вставляют между контактными пластинами, припаянными к соответствующим фольгированным площадкам платы.

Прежде чем монтировать детали на плате, собирают приемник на макетной панели, проверяют его работу и настраивают на нужную радиостанцию.

Сначала вместо конденсаторов *C1* и *C2* к катушке *L1* подключают конденсатор переменной емкости на 350...450 пФ. Включив питание, этим конденсатором настраиваются на хорошо слышимую радиостанцию первой программы (или «Маяк»). При этом ротор конденсатора должен находиться примерно в середине. Если же он оказывается близко к положению минимальной емкости (т. е. выведен), следует отмотать часть витков от контурной катушки магнитной антенны.

Затем, ориентируя антенну в горизонтальной плоскости, добиваются наибольшей громкости звучания. Еще большую громкость

можно попытаться получить подбором резисторов *R1, R3* и *R4*. Измерив получившуюся емкость переменного конденсатора и подключив вместо него постоянный примерно такой же емкости, а также подстроечный, добиваются тех же результатов поворотом ротора подстроечного конденсатора и перемещением ферритового стержня внутри каркаса.

После этого детали монтируют на печатной плате и производят окончательную сборку приемника.

Сигнализатор критического температурного состояния зерна на токах и хранилищах

Известно, что при содержании влажного зерна на токах и в хранилищах происходит самосогревание его, при котором температура может достигнуть 55 °С, что приводит к резкому снижению качества зерна.

Сигнализатор, внешний вид которого показан на рисунке 192, а электрическая схема — на рисунке 193, позволяет непрерывно контролировать состояние зерна. Действует он так. При повышении температуры среды, в которой находится транзистор *VT1* (температурный датчик сигнализатора), подключенный в одно из плеч моста Уитстона, транзистор *VT2* закрывается. Это приводит к открыванию транзистора *VT3*. Теперь через эмиттерно-коллекторный участок открытого транзистора *VT3* ток поступает в эмиттер транзистора *VT4*, образующего одно из плеч мультивибратора.

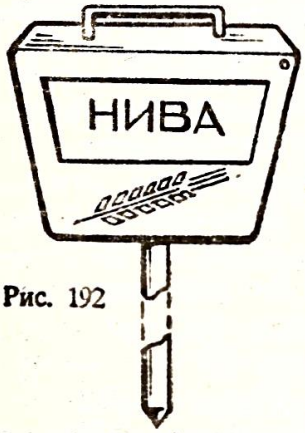


Рис. 192

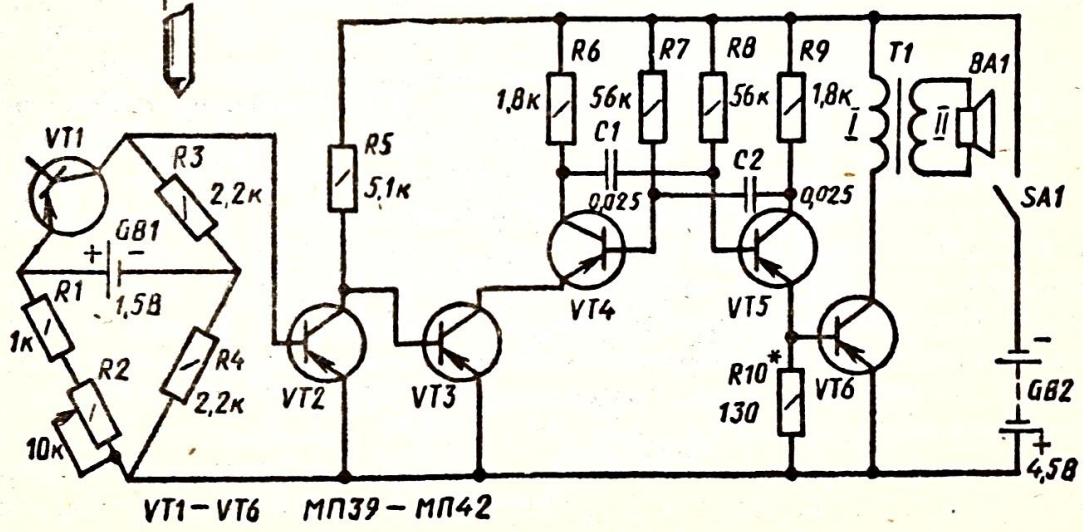


Рис. 193

Мультивибратор начинает генерировать звуковые сигналы. Температура, при которой сигнализатор начинает издавать звуки, устанавливается резистором *R2*. В дежурном режиме сила токов источников составляет 0,15 мА и 1,5 мА, в режиме сигнализации — 0,3 мА и 3 мА.

Транзистор *VT1* устанавливается на конце штыря, представляющего собой металлическую трубку диаметром 12 мм и длиной 1,5—2 м.

В качестве трансформатора *T1* использован выходной трансформатор от малогабаритного транзисторного приемника. Динамическая головка BA1 имеет мощность 0,5—1 Вт.

Счетчик светокопий

Счетчик, общий вид и электрическая схема которого показаны на рисунках 194 и 195, и представляет собой фотоэлектронное реле, выполненное на фоторезисторе *R1*, транзисторах *VT1—VT3*, электромагнитном реле *K1* и подключенное к микрокалькулятору «Электроника БЗ-23» (или любому другому).

Работа установки происходит так. Вначале, когда на столе копировально-множительной машины еще нет листа-копии, фоторезистор освещен, транзисторы *VT1* и *VT2* открыты и *VT3* закрыт, реле обесточено. Как только на столе появляется лист-копия и фоторезистор затемняется, реле срабатывает. Его контакты *K1.1*, включенные параллельно кнопке «+» микрокалькулятора, замыкаются. Показания микрокалькулятора увеличиваются на единицу.

Перед началом работы (перед прохождением первой копии) необходимо сбросить предыдущие показания (если они есть) и

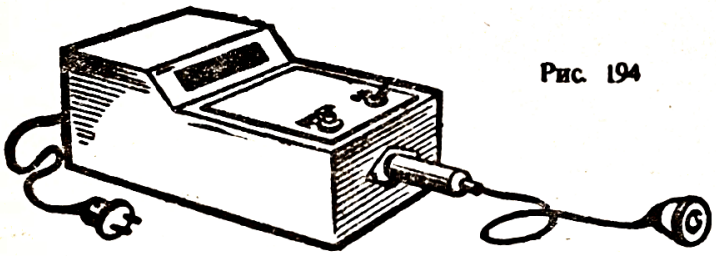


Рис. 194

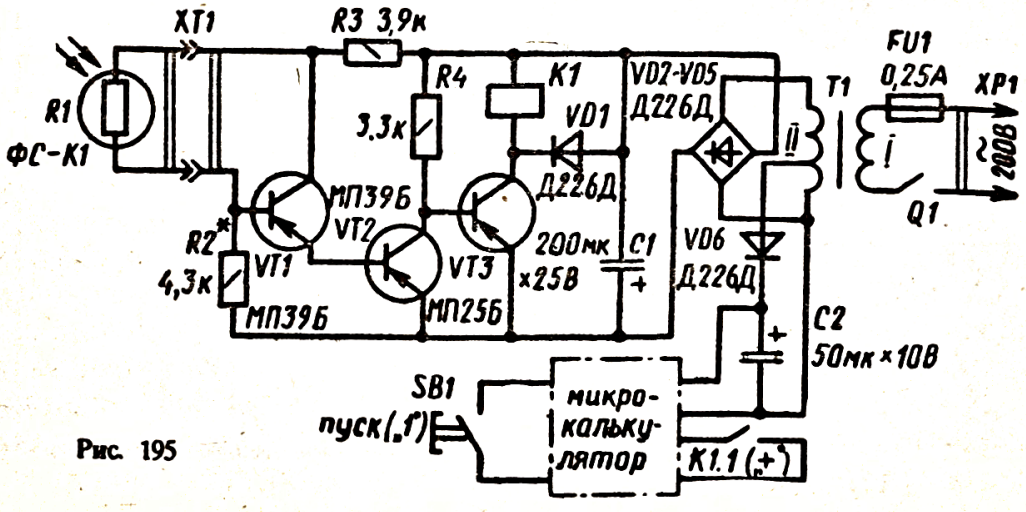


Рис. 195

выключателем *SB1*, контакты которого включены параллельно кнопке *1* микрокалькулятора, задать режим счета.

Питается устройство от двух выпрямителей: на выходе одного из них (на конденсаторе *C1*) постоянное напряжение около 16 В, на выходе другого (на конденсаторе *C2*) — 4,5 В. Исходя из этого подбирают подходящий трансформатор мощностью не менее 3 Вт или изготавливают его самостоятельно.

Транзисторы *VT1* и *VT2* берут из серий МП39—МП42, а *VT3* — МП25, МП26 с возможно большим коэффициентом передачи тока, диоды — любые из серии Д226, конденсаторы — К50-6, резисторы — МЛТ-0,25, реле — РЭС10 (паспорт РС4.524.302) или другое, срабатывающее при напряжении не более 14 В и силе тока до 50 мА. Фоторезистор может быть, кроме указанного на схеме, ФС-К1, ФС-К2 или другой аналогичный.

В зависимости от использованного фоторезистора и параметров транзисторов подбором резистора *R2* добиваются надежной работы фотореле.

Описанный фотосчетчик может быть использован также для подсчета штучных деталей на конвейере.

Прибор для обнаружения арматуры

За основу прибора был взят миноискатель, описанный В. Васильевым в одноименной статье в журнале «Радио» (1978, № 7). К нему добавили каскад усиления сигнала звуковой частоты и несколько изменили оформление. В итоге получился портативный прибор, внешний вид которого показан на рисунке 196, а принципиальная схема — на рисунке 197.

На транзисторе *VT1* собран первый генератор, катушка индуктивности *L1* которого намотана на поисковой деревянной рамке, а на *VT2* — второй генератор с катушкой индуктивности *L2*, размещенной в небольшом корпусе и индуктивно связанной с катушкой первого генератора. Подстроечным конденсатором *C4* изменяют частоту второго генератора до получения нулевых биений на резисторе *R6* или звука низкого тона.

Если при такой настройке поднести прибор к металлическому предмету, в частности к металлической арматуре, «упрятанной» в бетонной плите, разностная частота изменится и в головном телефоне послышится другой тон либо просто появится звук (если первоначально были установлены нулевые биения).

Катушка *L1* намотана на рамке размерами 180×220 мм. Ее 30 витков провода ПЭВ-1 0,35 уложены в пазу по наружной стороне рамки. Катушка *L2* содержит 40 витков провода ПЭВ-1 0,2, намотанного на бумажном каркасе внутренним диаметром 8 мм и длиной 40 мм. Внутри каркаса вставлен сердечник длиной 40...45 мм из феррита 400НН. Перемещением сердечника устанавливают нужную индуктивность катушки для получения требуемой частоты генератора.

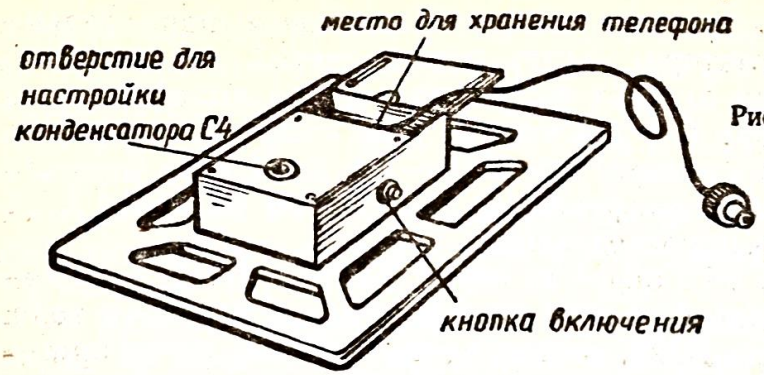
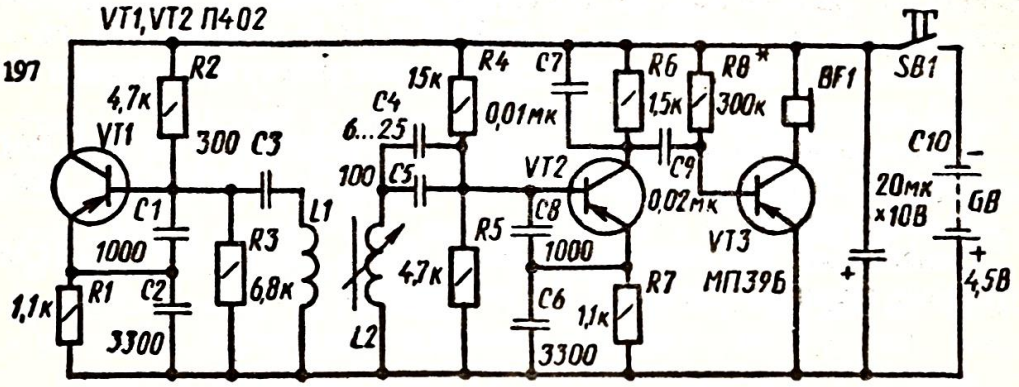


Рис. 196

Рис. 197



Головной телефон *BF1* — капсюль от телефонов ТОН-1, ТОН-2. Более громкий звук будет при использовании капсюля ДЭМ-4М или ДЭМШ, обладающих меньшим сопротивлением, но в этом случае придется установить резистор *R8* с меньшим (примерно в 20 раз) сопротивлением и конденсатор *C8* емкостью 0,1...1 мкФ. Конденсатор *C9* — К50-6, *C7* и *C8* — МБМ, остальные — слюдяные или керамические. Резисторы — МЛТ-0,25. Источник питания — батарея 3336, выключатель *SB1* — любой конструкции.

Детали прибора размещены в корпусе, прикрепленном к раме. Напротив капсюля в верхней стенке корпуса сверлят отверстие.

Если при проверке прибора перемещением ферритового сердечника внутри каркаса катушки *L2* не удастся добиться нужной разности частот генераторов, можно подобрать конденсатор *C4*.

Дальнейшим усовершенствованием этого электронного контроллера можно считать установку в корпусе динамической головки и более мощного усилителя ЗЧ — тогда звуковой сигнал будет слышен на некотором расстоянии от прибора.

3. ЭЛЕКТРОННЫЕ ИГРОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Большой популярностью у учащихся, занимающихся в физико-техническом кружке, пользуются различные игровые электронные устройства. Кружковцы разработали и изготовили несколько десятков электронных игрушек с использованием тематики и героев народных сказок и популярных мультипликационных фильмов.

Эти игрушки применяют на уроках как своеобразные наглядные пособия при изучении программного материала. Используют

их и для пропаганды и популяризации детского технического творчества среди младших школьников и малышей в детских садах. Опытные кружковцы регулярно бывают в начальных классах и детских садах; там демонстрируют свои электронные игрушки, дают краткие пояснения. Дети при этом получают яркое представление о работе физико-технического кружка, предопределяющее для многих из них в будущем выбор направления внеклассной деятельности, а кружковцы приобретают опыт подготовки и проведения таких «публичных» выступлений.

Все электронные игровые устройства являются экспонатами постоянно действующей школьной выставки, которую, кроме учащихся нашей школы, ежегодно посещают несколько сотен школьников из района и области, учителя, занимающиеся на курсах повышения квалификации при облИУУ, родители, представители общественности.

Наши электронные игрушки — постоянные призеры районных и областных выставок детского технического творчества. Многие из них отмечены дипломами и призами на Всероссийских, Всесоюзных и международных выставках, а их авторы награждены медалями «Юный участник ВДНХ».

Базовые блоки электронных игровых устройств

В основе работы разнообразных технических игровых устройств, созданных в кружке, лежат базовые электронные блоки, которые были описаны в главе II. При этом чаще всего используются блоки фотореле (см. рис. 150), реле времени (см. рис. 148), селективное электронное реле с радиоакустическим управлением (см. рис. 155), емкостное реле (см. рис. 157). Ниже даны описания еще нескольких блоков, применяемых для конструирования технических игрушек.

Блок звуковой индикации

Этот блок (рис. 198) состоит из двух частей (I и II). В каждую входят симметричный мультивибратор, собранный на двух транзисторах *VT1* и *VT2* или *VT4* и *VT5*, и усилитель — на одном транзисторе *VT3* или *VT6*, которые служат усилителями мощности колебаний, возбуждаемых мультивибраторами. Не останавливаясь подробно на физическом принципе работы мультивибратора (об этом говорилось на с. 48—54), отметим лишь, что он представляет собой генератор импульсов прямоугольной формы.

Электромагнитное реле *K1*, включенное в коллекторную цепь усилителя мощности, периодически будет замыкать и размыкать свои контакты *K1.1*, через которые включается цепь питания первого мультивибратора, вырабатывающего звуковую частоту. Поэтому динамическая головка будет издавать прерывистые звуки. Подбирая значения емкостей конденсаторов *C3* и *C4*, можно получить желаемое соотношение между звуком и паузой. Периодически пе-

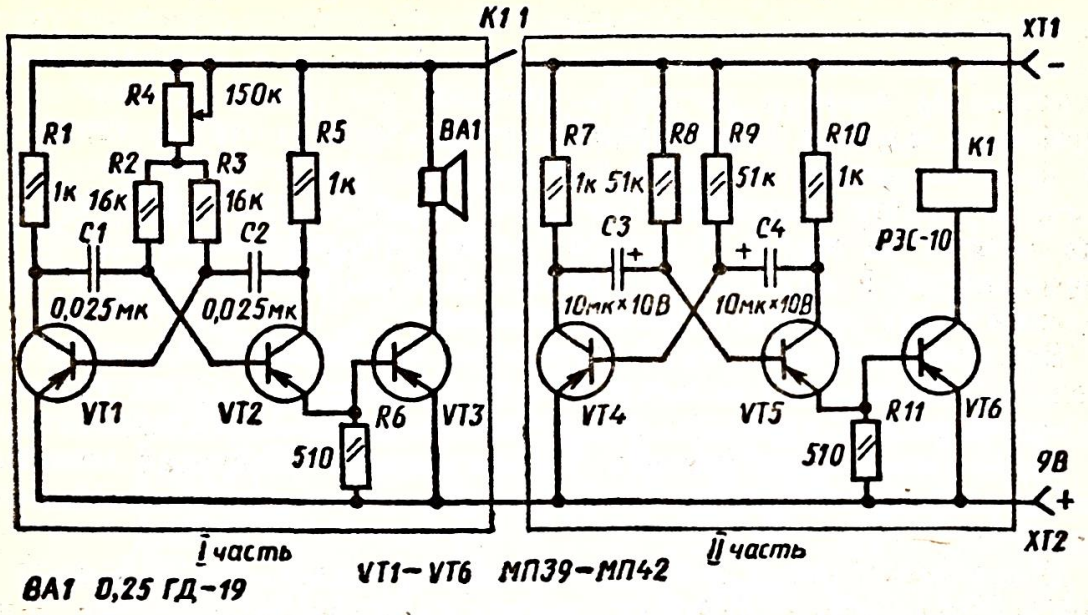


Рис. 198

реключающиеся контакты реле *K1* можно использовать и для других целей, например для обеспечения мигания лампочек, питаемых через эти контакты.

В ряде конструкций части I и II блока звуковой индикации используют отдельно друг от друга.

Блок магнитофона

Этот блок используют для изготовления говорящих электронных игрушек. Он представляет собой усилитель звуковой частоты к магнитофону, собранный на базе выпускаемых промышленностью бытовых звуковоспроизводящих приборов. Принципиальная схема усилителя показана на рисунке 199. Тракт воспроизведения состоит из предварительного и оконечного усилителей. Предварительный усилитель имеет три каскада на транзисторах *VT1, VT2* и *VT3*. Связь между первыми двумя непосредственная, между вторым и третьим емкостная. Для коррекции амплитудно-частотной характеристики на низких частотах введена частотно-зависимая обратная связь, которую образуют конденсаторы *C6* и *C7* и резисторы *R9* и *R5*, включенные между коллектором транзистора *VT2* и эмиттером транзистора *VT1*. Конденсатор *C1*, подключенный параллельно к индуктивности магнитной головки *E1*, обеспечивает хорошее качество воспроизведения на высоких частотах.

Оконечный усилитель (усилитель мощности) собран на транзисторах *VT4—VT8*. В цепи коллектора транзистора *VT4*, являющегося предварительным каскадом усилителя мощности, включена нагрузка из последовательно соединенных диодов *VD1* и *VD2* и резистора *R24*. Диоды включены в прямом направлении, и их сопротивления малы по сравнению с сопротивлением резистора

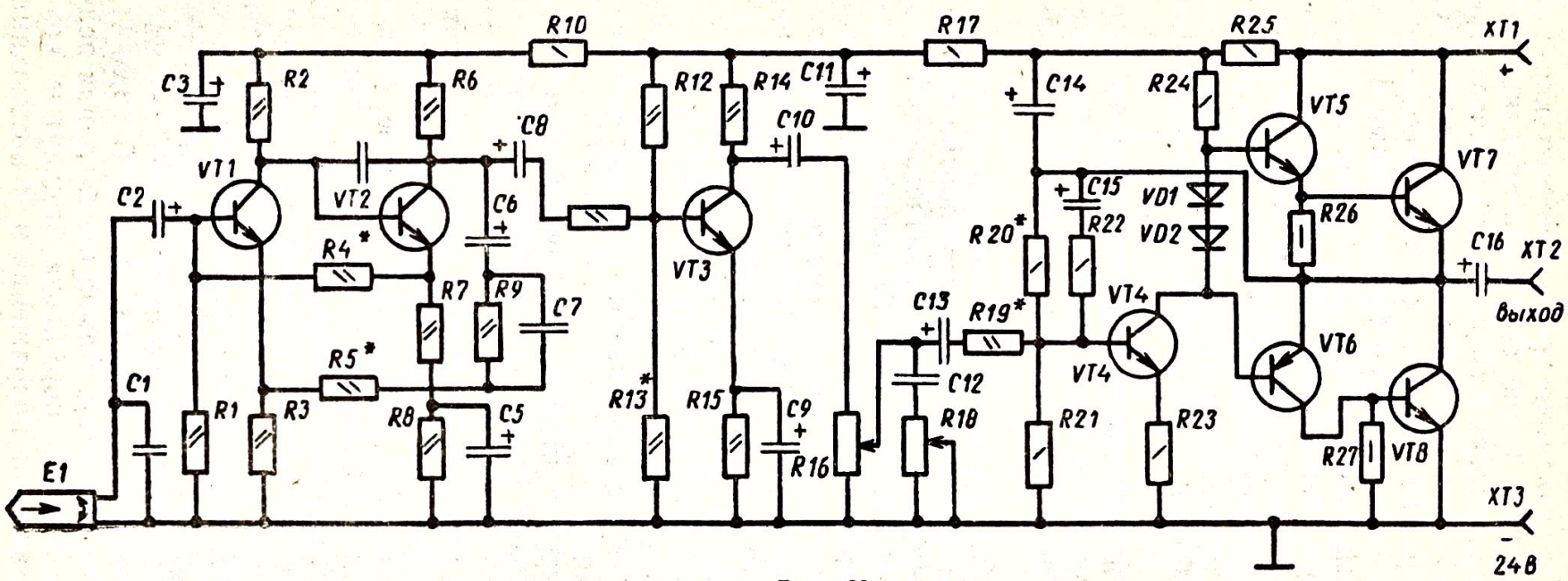


Рис. 199

Транзисторы: *VT1* — *VT4* — КТ315; *VT5* — ГТ404; *VT6* — ГТ402; *VT7* и *VT8* — КТ807.

Диоды: *VD1* — Д237А; *VD2* — Д7Г.

Резисторы: *R1*=330 кОм; *R2*=200 кОм; *R3*=180 кОм; *R4*=*R5*=*R12*==180 кОм; *R6*=10 кОм; *R7*=220 Ом; *R8*=*R19*=*R25*=1 кОм; *R10*=*R17*=510 Ом; *R9*=470 кОм; *R11*=*R15*=680 Ом; *R13*=36 кОм; *R14*=4,7 кОм; *R21*=9,1 кОм; *R20*=*R22*=75 кОм; *R23*=10 Ом; *R24*=2,4 кОм; *R26*=*R27*=300 Ом; *R16*=*R18*=22 кОм.

Конденсаторы: *C1*=1000 пФ; *C2*=*C6*=*C8*=*C10*=10 мк×16 В; *C3*==100 мк×16 В; *C4*=100 пФ; *C5*=50 мк×16 В; *C7*=5600 пФ; *C9*=1 мк×16 В; *C11*=200 мк×16 В; *C12*=0,022 мк; *C13*=30 мк×16 В; *C14*=*C15*=50 мк×16 В; *C16*=1000 мк×25 В.

R24. Сигнал звуковой частоты с нагрузки транзистора *VT4* подается одновременно на два транзистора предоконечного каскада *VT5* и *VT6* различной структуры. Такое сочетание транзисторов необходимо для двухтактного усиления сигнала. Положительные полуволны сигнала звуковой частоты усиливает транзистор *VT5*, а отрицательные — транзистор *VT6*. После этого «половинки» сигнала усиливаются по мощности выходными транзисторами *VT7* и *VT8* и, складываясь в средней точке (точка соединения эмиттера транзистора *VT7* и коллектора транзистора *VT8*), через конденсатор *C16* поступают на динамическую головку (на схеме не показана). Диоды *VD1* и *VD2*, включенные между базами транзисторов *VT5* и *VT6*, служат для того, чтобы «половинки» сигнала совместились более точно и образовали правильную синусоиду на выходе.

Кроме этого, диоды *VD1* и *VD2* одновременно выполняют роль термостабилизирующего элемента работы транзисторов предварительного и выходного каскадов. Происходит это следующим образом.

С повышением температуры прямое сопротивление диодов, а значит, и падение напряжения на них уменьшается, соответственно уменьшается напряжение смещения на базах транзисторов *VT5* и *VT6*, что вызывает уменьшение силы токов их коллекторных цепей. С понижением температуры, когда прямое напряжение диодов возрастает, напряжение смещения и коллекторные токи транзисторов *VT5* и *VT6* увеличиваются. В результате этого режим работы транзисторов предварительного и выходного каскадов остается практически неизменным от колебаний температуры.

Налаживание усилителя мощности сводится к подбору резистора *R20*, при помощи которого напряжение между эмиттером и коллектором транзистора *VT8* устанавливают равным половине напряжения источника питания.

Громкость звука регулируют переменным резистором *R16*. В целях упрощения регулировка тембра по низшим частотам не предусмотрена.

В качестве магнитофонов используют старые списанные магнитофоны, у которых восстановлены лентопротяжный механизм, воспроизводящая магнитная головка и электродвигатель; остальные части удалены. Магнитную ленту склеивают в кольцо и при помощи дополнительных направляющих роликов устанавливают на основании на одном уровне с магнитной головкой; один из роликов укрепляют подвижно, с тем чтобы можно было регулировать натяжение ленты (рис. 200). В одном месте ферромагнитный слой ленты снимают ацетоном: здесь получают прозрачный участок длиной 3 см. Перед магнитной головкой по одну сторону от магнитной ленты располагают лампу накаливания (МН 6,3 В×0,26 А), а по другую — фоторезистор от фотореле. Лампа накаливания подключена к источнику питания через нормально замкнутые контакты реле времени (для питания от напряжения 9 В необходимо последовательно с лампой включить гасящий резистор сопротив-

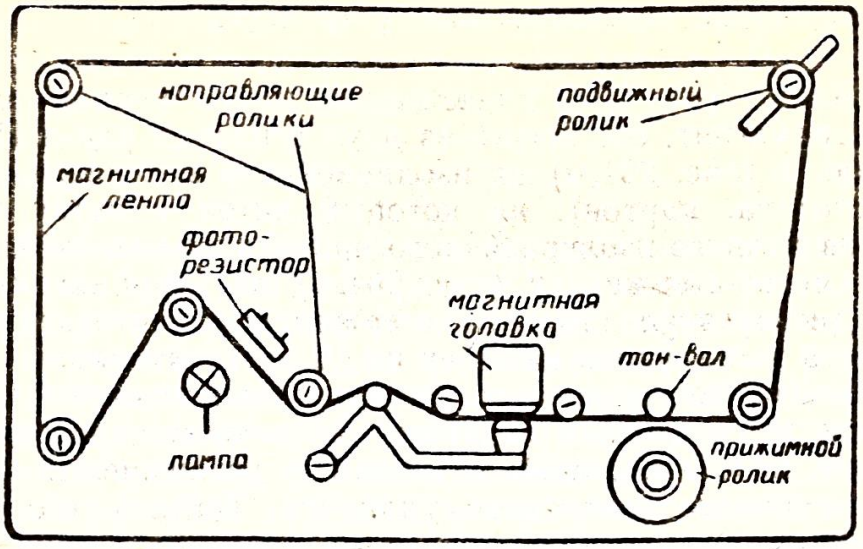


Рис. 200

лением 22 Ом и мощностью 2 Вт). Пока свет от лампы сквозь прозрачный участок ленты падает на фоторезистор, фотореле отключает цепь питания исполнительных механизмов (электродвигатель магнитофона, электромагнитное исполнительное устройство и т. д.).

В начале демонстрации реле времени, приходящее в действие от звуковых сигналов (акустическое реле), световых сигналов (фотореле), изменения емкости датчика (емкостное реле) или от нажатия пусковой кнопки, отключает на некоторое время лампу, от которой через прозрачный участок ленты свет падает на фоторезистор. При этом фотореле включает цепь питания электродвигателя магнитофона, и магнитная лента приходит в движение, в результате чего между лампой и фоторезистором оказывается непрозрачная часть ленты. Через 3—4 с после окончания действия реле времени лампа вновь загорается, но ее свет уже не попадает на фоторезистор. Лента продолжает двигаться вдоль магнитной головки, и происходит воспроизведение записанной на ней информации. Но когда прозрачный участок ленты, сделав оборот, опять оказывается между лампой и фоторезистором, фотореле, срабатывая, отключает цепь питания исполнительных механизмов. Устройство возвращается в исходное состояние: оно готово для следующей демонстрации.

Нужную запись на магнитную ленту производят на бытовом магнитофоне при скорости «4» или «9» и восстановленный магнитофон, вмонтированный в игрушку, тоже настраивают на эту же скорость. Длина магнитной ленты зависит от продолжительности записываемой информации и может достигать 1,5—2 м.

Электромагнитное исполнительное устройство

Устройство (рис. 201) представляет собой мощный самодельный электромагнит, состоящий из двух основных узлов. Первый — это каркас *1* (рис. 201, *а*) из изоляционного материала (древесина, пластмасса, картон), на который виток к витку намотано 400 витков медного изолированного провода диаметром 0,8—1,0 мм. Второй — якорь-стержень *2* (рис. 201, *б*) из ферромагнитного материала (используют стальные стержни соответствующих размеров). Якорь вставляют в катушку на $^1/_4$ часть его длины. Электромагнит питают постоянным током напряжением около 12 В. При замыкании цепи якорь втягивается в катушку, приводя связанный с ним исполнительный механизм в движение. В некоторых случаях стержень необходимо удлинить. Тогда к его верхнему концу жестко присоединяют такого же диаметра легкий неферромагнитный стержень *3*. К верхнему концу стержня крепят те детали игрушки, которые при демонстрации должны на определенное время появиться перед зрителем. Высота подъема деталей при использовании удлиненного стержня может достигать 15 см.

Для увеличения диапазона движения демонстрируемого объекта применяют рычаг *4* (рис. 201, *в*), к короткому концу которого подвешен якорь электромагнита, частично вставленный в катушку, а на длинном конце укреплен демонстрируемый объект. При

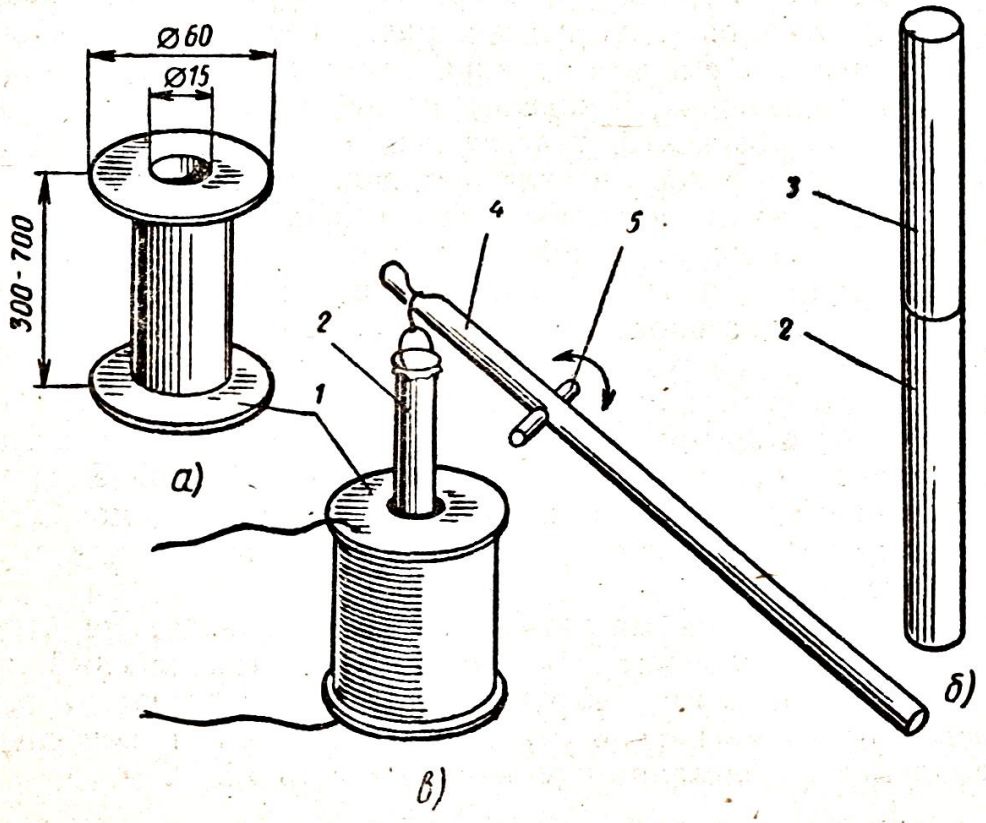


Рис. 201

подключении катушки к источнику напряжения якорь втягивается в катушку, рычаг поворачивается вокруг оси вращения *5* и приводит в движение демонстрируемый объект.

Блок питания

Блок питания (рис. 202) состоит из трех самостоятельных выпрямителей *А, Б, В*. Они преобразуют переменное напряжение сети 220 В в постоянный выпрямленный ток напряжением:

9 В (выпрямитель *А*) — для питания электронных реле и блока звуковой индикации (при использовании в схемах электромагнитных реле с напряжением срабатывания больше 9 В выходное напряжение выпрямителя можно увеличить до 12—16 В);

12 В (выпрямитель *Б*) — для питания электромагнитов и электродвигателей (используем автомобильные электродвигатели с редукторами для стеклоочистителей), нужных для создания движущихся игрушек;

24 В (выпрямитель *В*) — для питания УЗЧ магнитофона, обеспечивающего звучание говорящих игрушек.

От трансформатора, в первичной цепи которого одна катушка *I*, а во вторичной — три катушки *II, III, IV*, переменное напряжение поступает на три мостовые схемы, собранные на диодах *VD1—VD12*. Пульсации выпрямленных ими напряжений сглаживаются конденсаторами *С1—С3*. Неоновая лампа *HL1* служит для индикации включения блока питания в сеть. В качестве трансформатора мы используем готовые сетевые трансформаторы от старых телевизоров. У них удаляем все обмотки, кроме сетевой *I*, рассчитанной на напряжение 220 В, а вторичные обмотки наматываем сами. Например, при использовании трансформатора ТС-180 обмотку II выполняем из 27 витков провода ПЭВ-I 0,35,

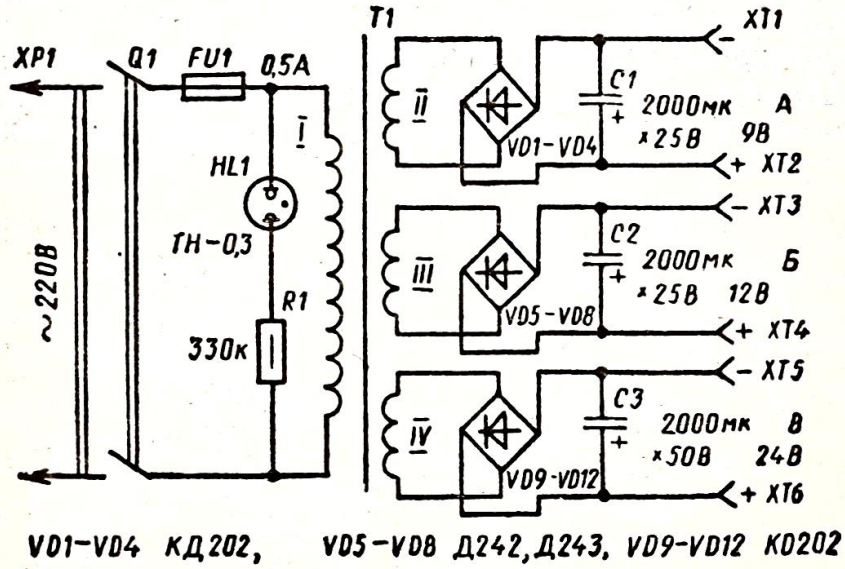


Рис. 202

III — из 36 витков провода ПЭВ-I 1,5, IV — из 70 витков провода ПЭВ-I 0,51.

На первом этапе работы по конструированию электронных игровых устройств кружковцы изучают, собирают и осваивают базовые блоки; на втором этапе собирают по предложенным принципиальным схемам различные электронные игрушки, разрабатывают свои собственные, оригинальные конструкции.

В качестве примера рассмотрим описания нескольких конструкций электронных игрушек, разработанных в физико-техническом кружке.

Игрушки, основанные на применении электромагнитных волн звуковой частоты

Эти игрушки демонстрируют на уроках при изучении принципов радиосвязи, передачи сигналов на расстояние без проводов.

Найди клад. Игрушка состоит из «клада», смонтированного в отдельной небольшой коробке, и «кладоискателя». Их общий вид показан на рисунке 203. Один из участников игры прячет «клад», другой должен отыскать его при помощи «кладоискателя».

Принципиальные схемы «клада» и «кладоискателя» даны на рисунке 90.

«Клад» (часть I схемы) представляет собой симметричный мультивибратор с усилителем мощности. Катушка *L1* содержит 800 витков провода ПЭЛ-I 0,12, намотанного внавал на бумажном цилиндрическом каркасе длиной 30—40 мм и внутренним диаметром 8 мм. Внутри каркаса помещен ферритовый стержень марки 400НН такой же длины. Источником тока для «радиоклада» может служить элемент 316 или другой, обеспечивающий напряжение 1,5—4,5 В.

«Кладоискатель» (часть II схемы) — это однокаскадный усилитель звуковой частоты, собранный на транзисторе *VT4*. К входу усилителя подключена катушка *L2*, состоящая из 3000 витков

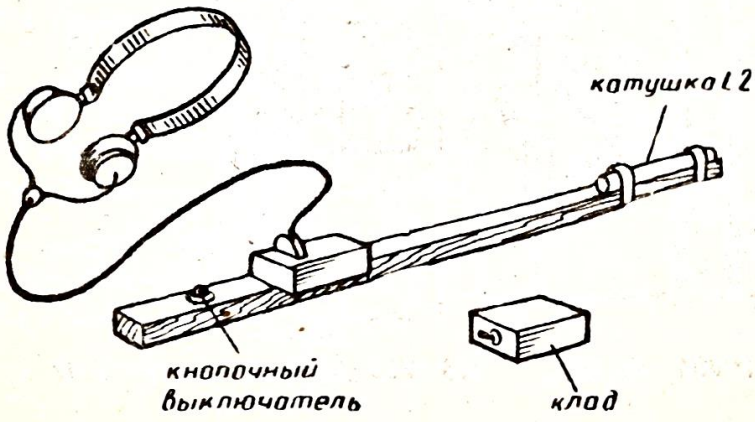


Рис 203

провода ПЭЛ-I 0,12, намотанного внавал на бумажном каркасе длиной 80 мм и внутренним диаметром 8 мм. Внутри каркаса помещен круглый ферритовый стержень марки 400НН длиной 80—100 мм (ферритовые стержни в обеих катушках можно заменить стальными тех же размеров).

При включении «клада» вокруг катушки *L1* создается электромагнитное поле той частоты, на которой работает мультивибратор. Если катушку *L2* «кладоискателя» расположить вблизи катушки *L1* «клада», то в головных телефонах послышится звук. Расстояние, на котором срабатывает «кладоискатель», составляет около 100 см.

Правильно собранное устройство настройки не требует.

Для игры изготавливают несколько «радиокладов», настроенных на разные частоты.

Электронная собака РЭСик. На подставке установлена фигурка собаки (рис. 204). Она лает, пока рядом нет хозяина. Стоит хозяину подойти к ней на расстояние 40—100 см, как она перестает лаять и у нее загораются глаза. «Секрет» заключается в том, что у хозяина в кармане лежит «лакомство», оформленное в виде кости и содержащее внутри электронное устройство — источник электромагнитных волн, приводящий в действие исполнительные цепи.

Общая блок-схема игрушки приведена на рисунке 205. Она включает пять блоков. Блок I — источник электромагнитных волн — собран по схеме мультивибратора с усилителем (часть I, рис. 198), где вместо динамической головки *BA1* включена катушка *L1*, аналогичная катушке *L1* в описанной выше игрушке «Найди клад» (см. с. 142). Переменным резистором *R4* подбирают частоту генерации мультивибратора, равную резонансной частоте колебательного контура блока II селективного реле с радиоуправлением (см. рис. 155).

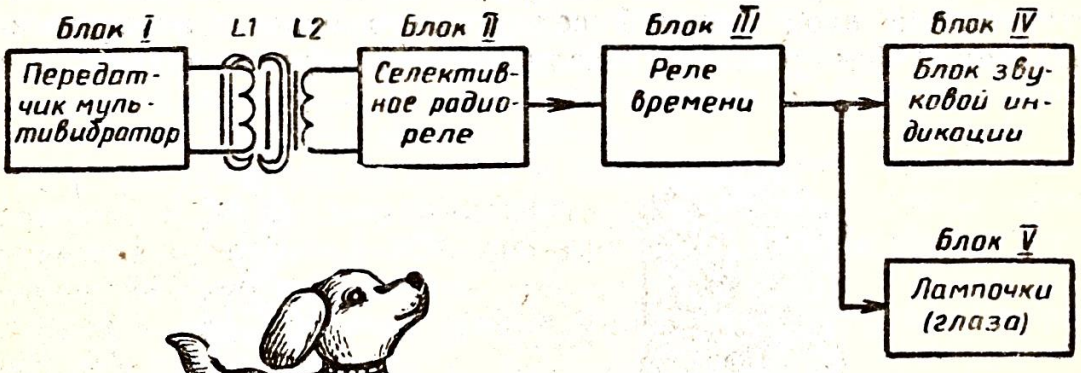


Рис. 205

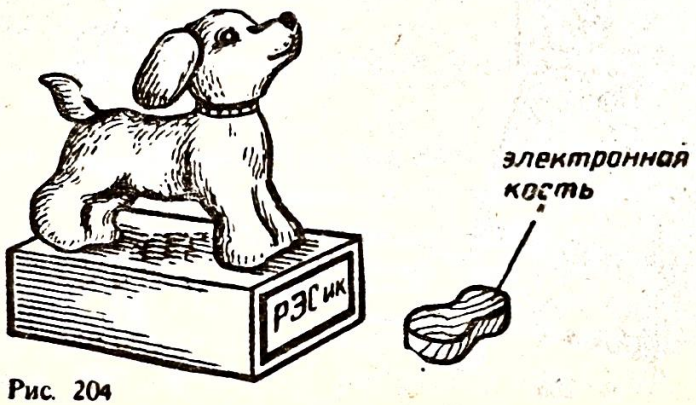


Рис. 204

Нормально разомкнутые контакты реле блока II подключены вместо кнопки *SB1* реле времени (блок III), собранного по рисунку 148. Одна группа нормально разомкнутых контактов электромагнитного реле блока III включена в цепь питания блока звуковой индикации (блок IV), собранного по рисунку 198; через другую группу нормально разомкнутых контактов две последовательно соединенные лампы МН 6,3 В×0,26 А (блок V) подключены к источнику питания.

Блок I (мультивибратор-передатчик) находится в кармане хозяина и питается от батареи элементов с напряжением 4,5 В. Блоки II—IV и блок питания расположены в основании игрушки, блок V (лампы) образуют глаза собаки.

Конструкцию можно усложнить: собака, почуяв хозяина, качает головой, виляет хвостом и шевелит ушами.

Игрушки, основанные на применении звуковых волн

На уроках эти игрушки используют при изучении звука, колебательного контура, явления резонанса.

Дрессированный черт. Демонстрация этой игрушки сопровождается рассказом притчи.

В сказочной башне (рис. 206) живет черт (рис. 207). Он выходит из башни лишь на определенный вызов, повинуясь только одному волшебному звуку, и сам отвечает на поданный ему сигнал.

Свист (частота около 900 Гц) вызывает появление в окне башни черта с горящими глазами. Он тоже свистит и через 4 с опускается в башню — вот сюжет данной игрушки. Прибор реагирует на звуки с расстояния до 4—5 м.

Блок-схема устройства приведена на рисунке 208. Звуковые колебания, преобразованные микрофоном *BM1* в электрические, поступают на вход блока I селективного реле с акустическим управлением (см. рис. 155). Если частота звука совпадает с ча-

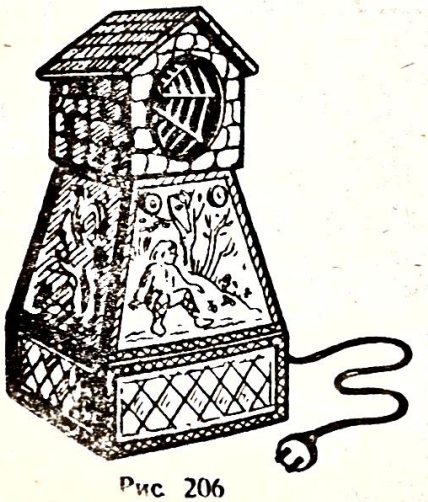


Рис. 206



Рис. 207

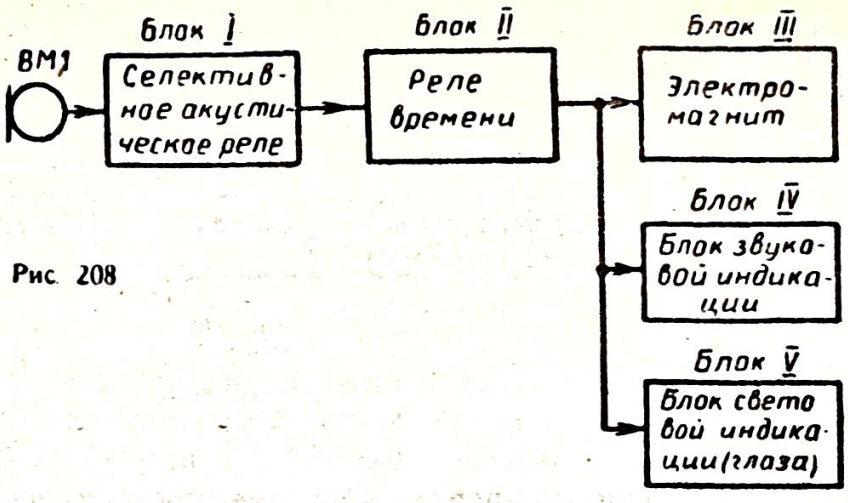


Рис. 208

стотой колебательного контура *L2C6*, то срабатывает электромагнитное реле *K1*, которое своими контактами (нормально разомкнутыми), включенными вместо кнопки *SB1* (см. рис. 148), приводит в действие блок II — реле времени (оно настроено на 4 с).

Электромагнитное реле блока II одной парой нормально разомкнутых контактов включает цепь питания электромагнитного исполнительного механизма (блок III) (см. рис. 208), другой — цепь питания блоков звуковой (блок IV) и световой (блок V) индикации. Световая индикация (моргание глаз) обеспечивается действием мультивибратора с усилителем мощности, собранного согласно части II рисунка 198, где значения оксидных конденсаторов *C3* и *C4* уменьшены до 5 мкФ.

Две лампы МН 6,3 В×0,26 А, имитирующие глаза, соединены последовательно и подключены к источнику питания через контакты реле *K1*.

В электромагнитном исполнительном устройстве (см. рис. 208) якорем служит стальной стержень диаметром 12 мм и длиной 180 мм; к его верхнему концу прикреплен черт, вырезанный из пенопласта и обработанный эпоксидной шпатлевкой с последующей окраской гуашью и бесцветным лаком. Стержень обеспечивает подъем черта на высоту 120 мм.

На все электронные схемы и лампы подается постоянное напряжение 9 В, на электромагнит — 12 В. Схема блока питания приведена на рисунке 202, где выпрямитель с выходным напряжением 24 В не собирается.

Змея — любительница музыки. Показу этой игрушки предшествует небольшой рассказ.

В горной пещере живет змея. Эта змея особенная. Стóит перед ее жилищем заиграть на дудочке, электронном рояле или просто посвистеть, как она медленно поднимается из пещеры, чтобы послушать музыку, а потом начинает опускаться. Если мелодия прекращается, то змея замирает.

Общий вид игрушки показан на рисунке 209, блок-схема — на рисунке 210. Принцип работы устройства аналогичен работе



Рис. 209

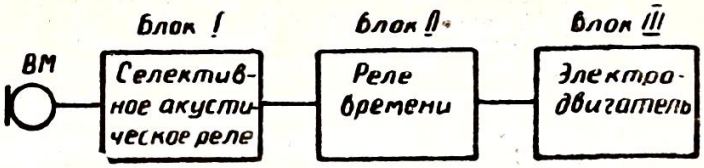


Рис. 210

игрушки «Дрессированный черт». Отличие состоит в том, что нормально разомкнутые контакты реле блока II (реле времени) включены в цепь питания электродвигателя (блок III), приводящего змею в движение.

Устройство подъема и опускания змеи понятно из рисунка 211, *а*. Фигурка змеи *1*, выпиленная из доски и обработанная эпоксидной шпатлевкой, покрашенная гуашью и покрытая бесцветным лаком, прикреплена к пластине *2*, которая может двигаться вверх и вниз в направляющих пазах планки *3*. К нижней части пластины прикреплена нить *4*, которая через проволочную скобу *5* связана с фанерным диском *6*, способным вращаться в горизон-

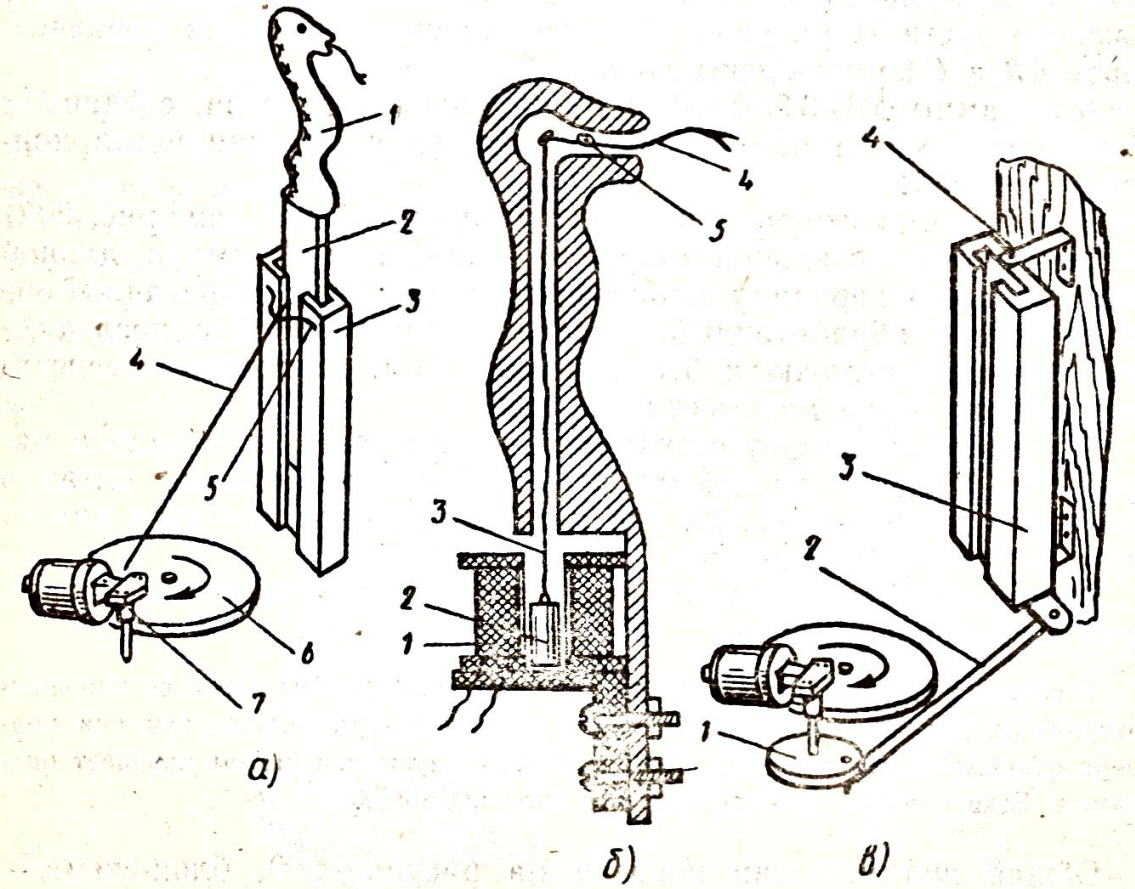


Рис. 211

тальной плоскости вокруг закрепленной к основанию ящика игрушки оси. К краю диска прижата ось редуктора двигателя постоянного тока *7* (автомобильный электродвигатель для стеклоочистителя), на которую надета резиновая трубка. При работе электродвигателя диск приходит во вращение, натягивая и опуская прикрепленную на расстоянии 9 см от оси вращения нить. Нить, натягиваясь, поднимает пластину с фигуркой змеи; обратно она опускается под действием силы тяжести.

Игрушку можно усложнить: сделать у змеи горящие глаза (поставить два последовательно соединенных светодиода типа АЛ102Г, подключенных через резистор с сопротивлением 2,7 кОм к источнику питания в 9 В), колеблющийся язык и устройство поворота змеи из стороны в сторону.

Колебания языка может обеспечить маломощный электромагнит, питающийся через контакты реле, включенного на выходе мультивибратора с усилителем мощности, собранного согласно части II рисунка 198. Оксидные конденсаторы *С3—С4* емкостью 1 мкФ, значения остальных деталей остаются без изменения. Катушка электромагнита имеет 400 витков провода ПЭВ-I 0,41, намотанного виток к витку на цилиндрическом каркасе высотой 30 мм и внутренним диаметром 10 мм. Катушка жестко прикреплена к пластине со змеей (рис. 211, *б*). Внутри катушки *1*, в нижней ее половине, висит ферромагнитный стержень *2* длиной 20 мм и диаметром 8 мм, прикрепленный к нити *3*, пропущенной через отверстие внутри змеи, и верхним концом привязанный к короткому концу языка *4*, способного колебаться в вертикальной плоскости вокруг закрепленной оси *5*. Вследствие того что центр тяжести языка находится ближе к его свободному концу, в моменты, когда по катушке протекает ток и стержень приподнимается ближе к середине катушки, натяжение нити ослабевает и свободный конец языка под действием силы тяжести опускается. Когда катушка обесточивается, стержень, опускаясь вниз, натягивает нить и поднимает свободный конец языка. Частота колебания языка зависит от частоты работы мультивибратора.

Для поворота змеи из стороны в сторону необходимо направляющую планку *3* (рис. 211, *в*) подвижно закрепить на вертикальной оси *4*, проходящей через ось симметрии; на конце оси редуктора жестко закрепить фанерный диск *1* диаметром 60 мм. Диск и планка эксцентрично соединены шатуном *2*. При вращении оси редуктора шатун, совершая возвратно-поступательное движение, заставляет планку колебаться. Так как ось редуктора вместе с диском вращается во много раз быстрее, чем большой диск, к которому прикреплена нить, змея, двигаясь над пещерой, совершает колебательное движение.

Игрушки, реагирующие на изменение емкости

На уроках физики эти игрушки применяют при изучении тем «Электроемкость», «Конденсатор».

Рис. 212

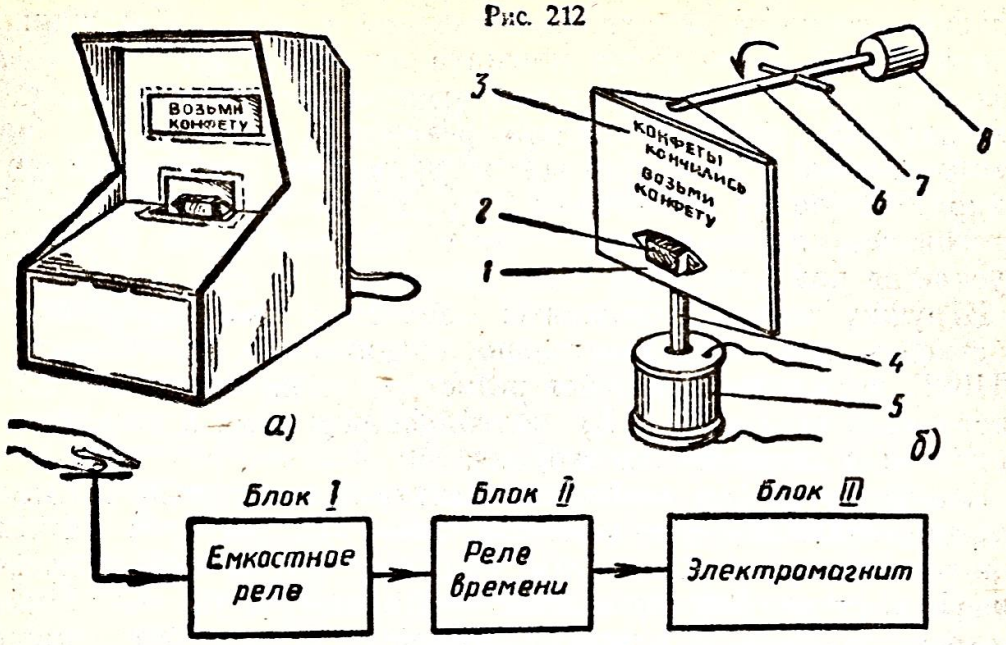


Рис. 213

Электронный киоск. Его внешний вид показан на рисунке 212, *а*. В исходном состоянии в киоске видны конфета и светящееся табло с надписью «Возьми конфету!». При попытке взять сладость она опускается вниз и исчезает, а на табло появляется надпись «Конфеты кончились!».

Блок-схема устройства приведена на рисунке 213. Блок I представляет собой емкостное реле (см. рис. 157). Роль емкостного датчика выполняет передняя поверхность киоска, выполненная из жести. Она является одной обкладкой конденсатора *С5*, а второй — протянутая за конфетой рука. При изменении емкости конденсатора *С5* электромагнитное реле *К1* срабатывает и своими нормально разомкнутыми контактами, включенными вместо кнопки *SB1* схемы реле времени (см. рис. 148), настроенного на 4 с и образующего блок II, приводит его в действие. Реле блока II своими нормально разомкнутыми контактами включает цепь питания электромагнитного исполнительного устройства (блок III), которое опускает панель с конфетой и надписью «Возьми конфету!». На табло появляется расположенная выше надпись «Конфеты кончились!».

Кинематическая схема подвижных частей устройства приведена на рисунке 212, *б*. Панель *1*, расположенная вертикально непосредственно за передней поверхностью киоска, сделана из матового оргстекла. Она может двигаться вверх-вниз в направляющих пазах (на рисунке не показаны). На панели расположены конфета *2* и надписи *3* «Возьми конфету!» и «Конфеты кончились!». К середине нижней части панели жестко крепится ферромагнитный стержень *4* диаметром 10 мм и длиной 80 мм, нижняя часть которого находится в катушке электромагнита *5* (параметры ее описаны на с. 140). Панель сверху прикреплена к рычагу *6*,

вращающемуся вокруг закрепленной оси *7* в вертикальной плоскости. На другом конце рычага расположен противовес *8*, обеспечивающий подъем панели при выключении цепи питания электромагнита.

Освещение табло с надписями осуществляется расположенной внутри киоска лампой, которая загорается сразу же после включения игрушки в сеть (мы используем лампу на 12 В, применяемую в автомобильных фарах).

Электронная схема устройства питается напряжением 9 В, а электромагнит и освещающая табло лампа — напряжением 12 В. Схема блока питания приведена на рисунке 202, где выпрямитель на 24 В не собирается.

Обезьяна-недотрога. Притча такова:

В замке живет обезьяна, и, чуть выглядывая из отверстия в крыше, она смотрит на окружающий мир. Погладить ее не удается. Обезьяна выскакивает из замка, если кто-то пытается это сделать. Одновременно с этим у нее освещается мордочка.

Вид замка с обезьяной показан на рисунке 214, блок-схема прибора — на рисунке 215.

«Секрет» игрушки заключается в том, что крыша замка с отверстием для обезьяны сделана из металлической пластины (жесть) и является емкостным датчиком блока I (см. рис. 215), принципиальная схема которого приведена на рисунке 157. Подносимая к пластине рука изменяет ее емкость, в результате нормально разомкнутые контакты реле, включенные вместо кнопки *SB1* (см. рис. 148), приводят в действие блок II (реле времени), настроенный на 4 с.

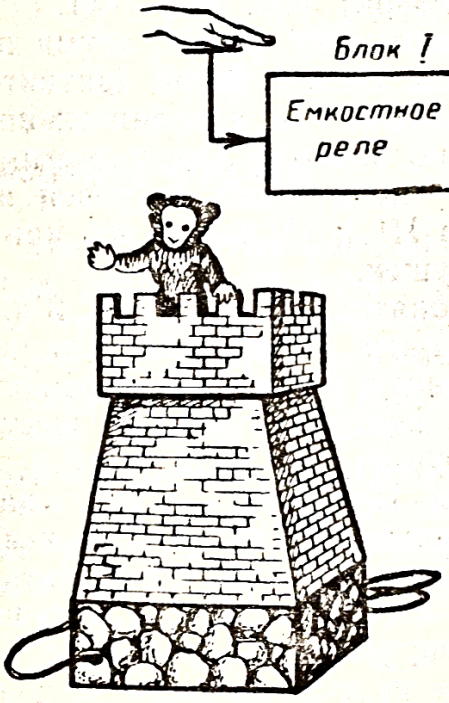


Рис. 214

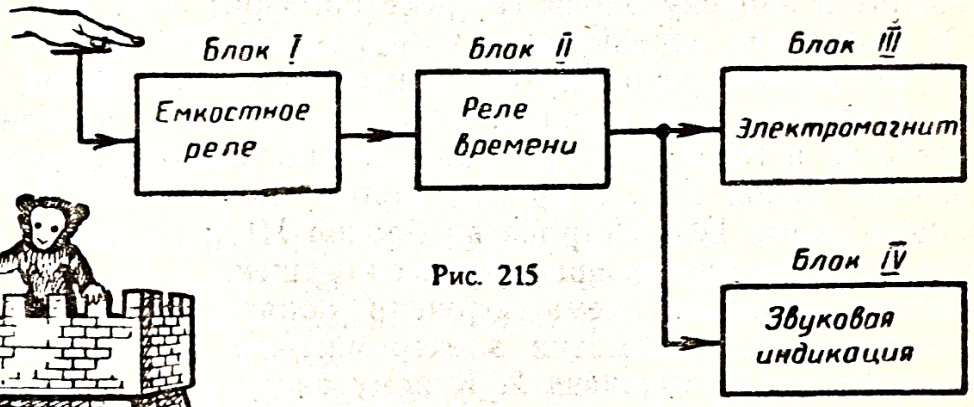


Рис. 215

В блоке II использованы реле типа РЭС-6, РЭС-9, РЭС-22, имеющие не менее двух групп переключающих контактов. Одной парой нормально разомкнутых контактов реле времени включает цепь питания электромагнитного исполнительного устройства (блок III), другой — блок звуковой индикации (блок IV). Мордочка обезьяны сделана из полупрозрачной пластмассы, а внутри помещена миниатюрная лампочка, рассчитанная на напряжение 12 В. Она подключена параллельно обмотке электромагнита. Механизм подъема обезьяны такой же, как и в игрушке «Дрессированный черт».

Игрушки, реагирующие на изменение освещенности

На уроках физики применяются при изучении темы «Фоторезистор».

Сторож с собакой. На плоской коробке, служащей корпусом для электронной и кинематической схем, укреплен макет домика с окошком и дверью, а также макет собачьей будки (рис. 216). Для демонстрации коробку ставят так, чтобы окно домика оказалось освещенным. Когда человек проходит перед домиком, из него появляется сторож с ружьем, а из будки выскакивает собака и начинает лаять. При этом в окне загорается свет.

Блок-схема игрушки приведена на рисунке 217, *а*. Устройство работает так. Проходящий человек своей фигурой уменьшает освещенность фоторезистора, смонтированного в передней части домика за полукруглым оконцем под крышей. В результате этого срабатывает блок фотореле (блок I), принципиальная схема которого приведена на рисунке 150. Замыкание контактов *К1* фотореле приводит к запуску блока II (реле времени) (см. рис. 148).

В этой схеме использовано электромагнитное реле с двумя парами нормально разомкнутых контактов. Одной парой контактов реле включает цепь питания электромагнитного исполнительного устройства и подключенную параллельно обмотке электромагнита лампочку (блок III), а другой парой — цепь блока звуковой индикации (блок IV). Устройство блоков III и IV такое же, как и у аналогичных блоков предыдущих игрушек.

Кинематическая схема игрушки понятна из рисунка 217, *б*. В нижнюю часть обмотки электромагнита *1* частично вставлен ферромагнитный стержень *2*. К нему снизу и сверху прикреплена нить *3*, пропущенная сквозь стальные кольца *4*. Кольца жестко прикреплены к корпусу основания игрушки. На нити жестко закреплены фигуры сторожа *5* и собаки *6*. Пружина *7* обеспечивает натяжение нити. При включении электромагнита якорь (стержень) втягивается в катушку и приводит в движение замкнутую нить и прикрепленные к ней фигуры сторожа и собаки. Нить и катушка находятся в основании игрушки, а фигуры — над поверхностью основания, в котором для их движения прорезаны щели. Фигуры сторожа и собаки изготовлены из фанеры.

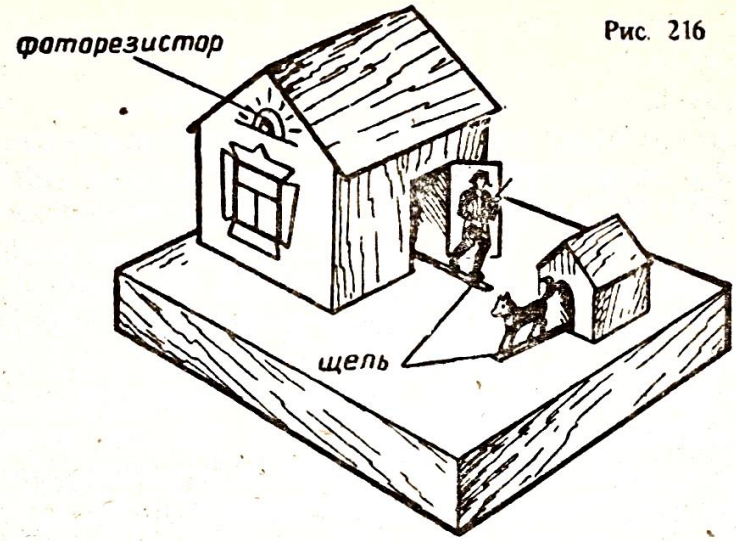


Рис. 216

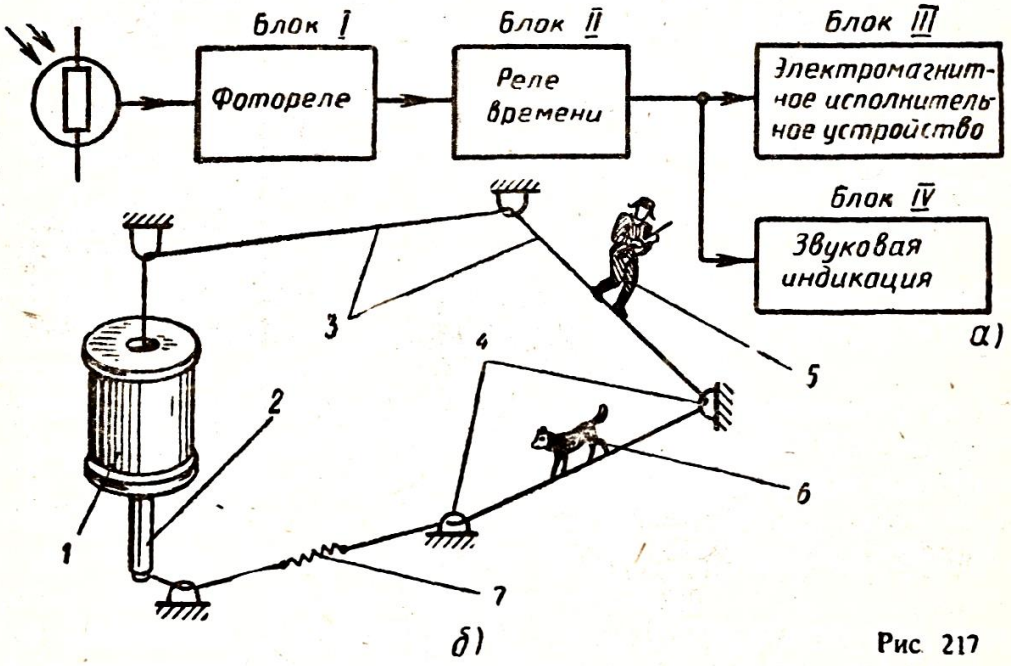


Рис. 217

Говорящие игрушки

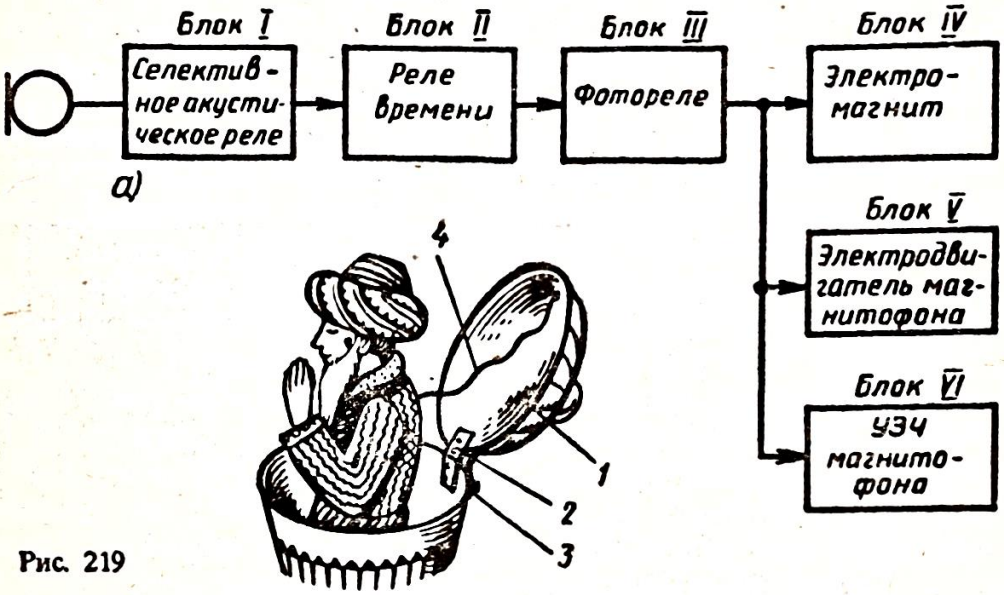
Эти устройства работают по заранее заданной программе, которая реализуется одним из ранее описанных способов. В качестве примера приведены описания конструкций нескольких говорящих электронных игрушек.

Старик Хоттабыч. В кувшине (рис. 218), оформленном в восточном стиле и установленном на ларец с орнаментом, под закрытой крышкой находится старик Хоттабыч. Если громко произнести: «Здравствуй, Хоттабыч!» — крышка кувшина откидывается и из него появляется Хоттабыч (рис. 218) со словами «Салам алейкум!». Потом он вновь опускается в кувшин, и за ним закрывается крышка.

«Секрет» игрушки заключается в том, что в ней установлено селективное реле с акустическим управлением, настроенное на частоту 450 Гц. Когда громко говорят: «Здравствуй, Хоттабыч!» —

Рис. 218





а)

Рис. 219

б)

окончание слова «Здравствуй» имеет примерно такую же частоту, и селективное реле срабатывает.

Блок-схема игрушки приведена на рисунке 219, *а*. Звуковые сигналы определенной частоты (450 Гц) приводят в действие селективное реле с акустическим управлением (блок I), нормально разомкнутые контакты которого, включенные вместо запускающей реле времени кнопки (блок II), замыкаясь, приводят его в действие. Реле времени через свои нормально замкнутые контакты питает лампу, свет от которой сквозь прозрачный участок магнитной ленты падает на фоторезистор. При этом фотореле (блок III) срабатывает и своими контактами отключает цепи питания исполнительных механизмов (блоки IV, V, VI). Но при срабатывании реле времени лампа отключается на определенное время (4 с). Это приводит к отключению фотореле, в результате чего включаются цепи исполнительных механизмов: электромагнитное исполнительное устройство, обеспечивающее подъем фигуры Хот-

табыча (блок IV), двигатель магнитофона (блок V) и УЗЧ магнитофона (блок VI). Вследствие этого из кувшина появляется старик Хоттабыч, и магнитофон воспроизводит слова «Салам алейкум!». Когда магнитная лента, сделав оборот, прозрачным участком окажется вновь между лампой и фоторезистором, фотореле срабатывает и отключает цепь питания блоков IV, V, VI. Устройство возвращается в исходное состояние.

Подъем фигурки Хоттабыча осуществляет мощный электромагнит, катушка которого расположена в нижней части кувшина. Крышка *1* (рис. 219, *б*), установленная на петле *2*, открывается за счет взаимодействия с головой фигурки Хоттабыча, поднимаемой электромагнитом. От первоначального (горизонтального) уровня крышка открывается на угол около 120°. Это достигается применением специальной пластины-фиксатора *3*, прикрепленной к нижнему краю крышки, которая, сопротивляясь, не дает ей полностью откинуться. Верхний край крышки с помощью нити *4* прикреплен к фигурке Хоттабыча. Вследствие этого Хоттабыч, опускаясь, натягивает нить и закрывает крышку.

Блоки I, II, III питаются выпрямленным напряжением 9 В, блок IV — напряжением 12 В, блок VI УЗЧ магнитофона — напряжением 24 В. Напряжение питания электродвигателя лентопротяжного механизма зависит от его типа.

Фигурка Хоттабыча изготовлена из пенопласта, обработана эпоксидной шпатлевкой, разрисована гуашью и покрыта мебельным бесцветным лаком.

Примечание. В этой и других игрушках, приводимых в действие звуком, в целях исключения ложного срабатывания устройства от собственного голоса микрофон можно включить на вход акустического реле через нормально замкнутые контакты электромагнитного реле блока фотореле. Этим обеспечивается отключение микрофона на период действия прибора.

Кот Леопольд. Игрушка (рис. 220) изготовлена по мотивам серий популярных мультфильмов про кота Леопольда и мышей. В устройстве — макет дачного домика кота Леопольда. Окно домика занавешено шторами. Перед домиком — палисадник, где среди цветов и трав замаскированы две крышки от канализационных колодцев. При нажатии пусковой кнопки крышки колодцев откидываются и оттуда выскакивают тонкая и толстая мыши и кричат: «Леопольд! Подлый трус! Выходи!» Шторы в окне домика поднимаются, и перед нами появляется кот Леопольд, который произносит: «Ребята, давайте жить дружно!» После этого игрушка приходит в исходное состояние: шторы опускаются, мыши прячутся в колодцах, за ними закрываются крышки.

Блок-схема устройства показана на рисунке 221, принципиальная схема — на рисунке 222. Там приведены элементы всех блоков, кроме блока УЗЧ магнитофона.

При нажатии пусковой кнопки *SB1* (Б-1) электромагнитное реле *K1* своими контактами *K1.1* отключает цепь питания лампы *HL1*, свет которой сквозь прозрачный участок магнитной ленты

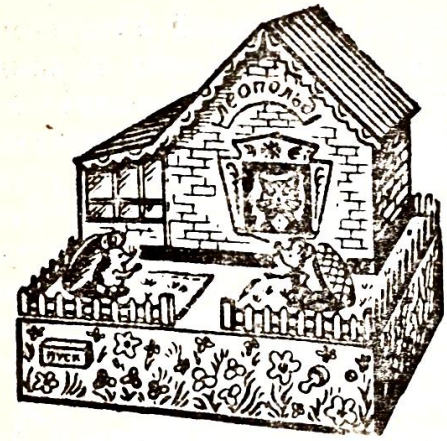


Рис. 220

Рис. 221

падает на фоторезистор *R7* (Б-2). При затемнении фоторезистора *R7* фотореле срабатывает и его реле *K2* своими контактами *K2.1* включает цепь питания второго фотореле (Б-6), контактами *K2.2* — цепь питания электромагнита *L1*, обеспечивающего подъем мышей над основанием игрушки (Б-3), контактами *K2-3* — цепь питания УЗЧ магнитофона (Б-5) и контактами *K2.4* — цепь питания электродвигателя магнитофона (Б-4). Магнитная лента приходит в движение, и между лампой *HL1* и фоторезистором *R7* оказывается непрозрачная часть ленты. Это означает, что через 4 с после действия реле времени, когда лампа *HL1* вновь загорается, ее свет на фоторезистор падать не будет. Происходит озвучивание действия. После произнесения слов «Леопольд! Подлый трус! Выходи!» прозрачный участок ленты проходит между второй лампой *HL2* и фоторезистором *R12* второго фотореле (Б-6). Реле *K3*, сработав от попадания на фоторезистор *R12* света лампы *HL2*, своими контактами *K3.1* встает на самоблокировку. Вследствие этого и после прохождения прозрачного участка ленты между лампой *HL2* и фоторезистором *R12* реле *K3* остается включенным и контактами *K3.2* обеспечивает питание лампы *HL3*, освещающей домик внутри, и электромагнита *L2*, поднимающего шторы. Магнитная лента движется дальше; произносятся слова «Ребята, давайте жить дружно!». Когда прозрачный участок ленты, совершив полный цикл, вновь оказывается между лампой *HL1* и фоторезистором *R7*, реле *K2* отключается, обесточив все свои исполнительные цепи. Устройство возвращается в исходное состояние; оно готово для следующей демонстрации.

Номиналы всех применяемых деталей соответствуют значениям, приведенным на рисунках 86, 87, 148, 150, 202.

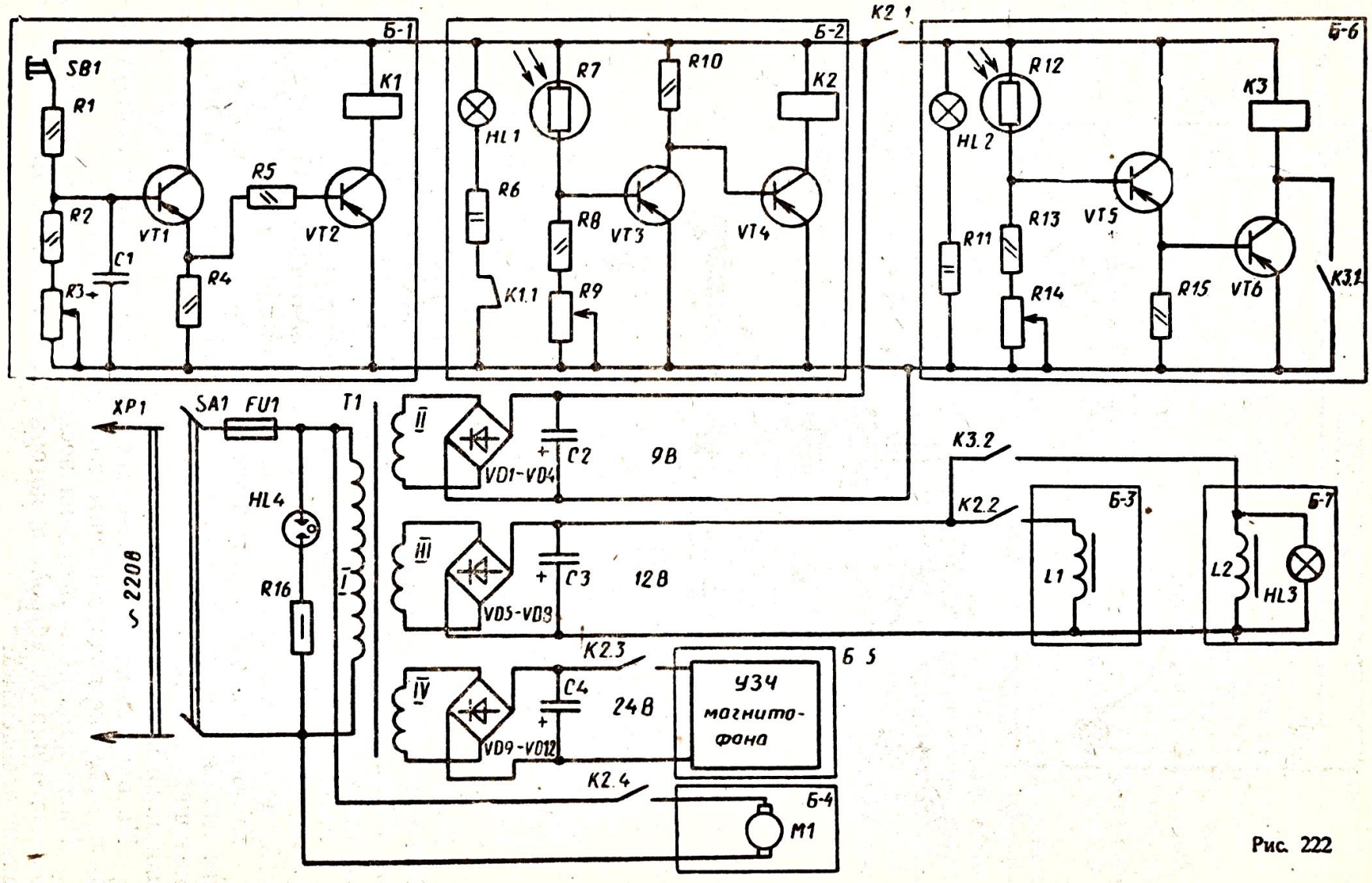
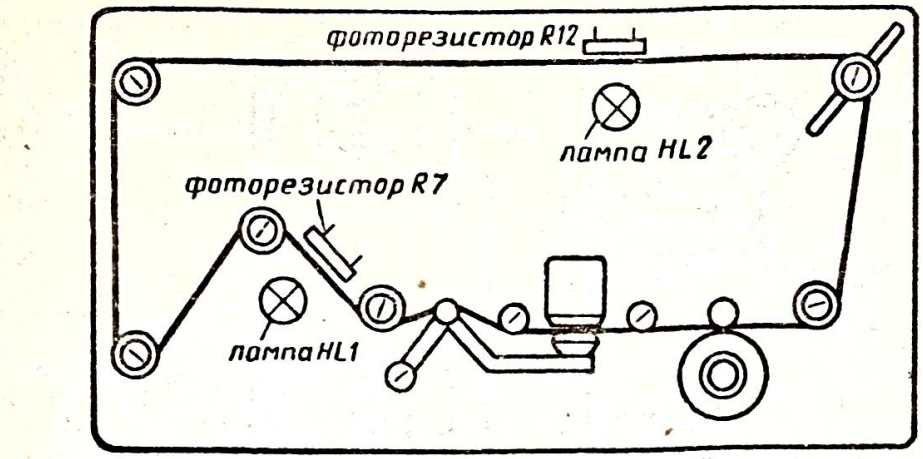

Б-1
Б-2
Б-6
SB1
R1
K1
R2
VT1
R5
VT2
C1
R3
R4
HL1
R7
R10
K2
R6
R8
VT3
VT4
K1.1
R9
K2.1
R12
K3
HL2
R13
VT5
R11
R14
R15
VT6
K3.1
XP1
SA1
FU1
T1
II
C2
9В
VD1-VD4
K3.2
K2.2
Б-3
Б-7
HL4
R16
I
~220В
III
C3
12В
VD5-VD8
L1
L2
HL3
K2.3
Б-5
IV
C4
24В
VD9-VD12
УЗЧ магнито-фона
K2.4
Б-4
M1

Рис. 222

Рис 223



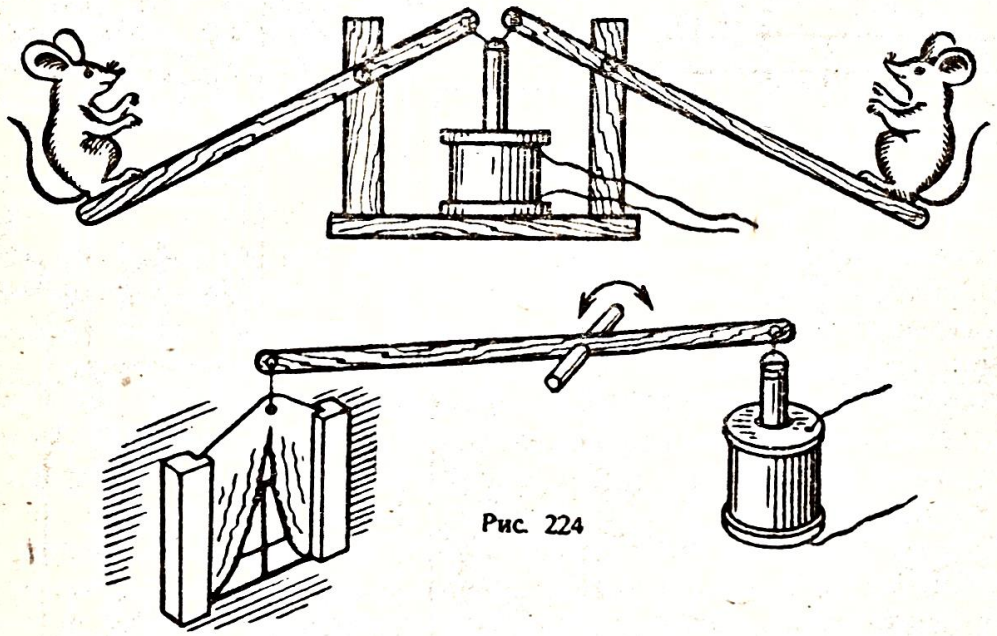


Рис. 224

Реле *K1—K3* типа РЭС-22 (РФ4.500.129). Лампы *HL1, HL2* — МН 6,3×0,26 А. Гасящие резисторы *R6* и *R11*=22 Ом, 2 Вт, лампа *HL3* — лампа для автомобильных фар, рассчитанная на напряжение 12 В.

Расположение ламп *HL1* и *HL2* и фоторезисторов *R7* и *R12* вдоль движения магнитной ленты показано на рисунке 223. Устройство подъема мышей и штор понятно из рисунка 224.

Крышки колодцев установлены на петлях и открываются от взаимодействия с поднимающимися фигурками мышей на угол, меньший чем 90° от первоначального положения, и автоматически закрываются при их опускании.

По описанной выше методике разрабатываются и конструируются и другие разнообразные электронные игрушки.

Ниже приведены описания нескольких говорящих игрушек без рассмотрения их устройств, которые незначительно отличаются от вышеприведенных.

Водяной. Игрушка изготовлена по мотивам мультфильма «Летучий корабль». На макете — болото, окруженное кустарником и деревьями; на переднем плане — красные грибы-поганки, поваленные деревья; на заднем — избушка на курьих ножках и пролетающая в ступе с метлой на фоне ночной луны Баба Яга. На поверхности болота (вода настоящая) плавают бревна и большие листья лилии. На них сидят лягушки. При произнесении слов «Водяной! Выходи!» из воды появляется Водяной, сидящий на пеньке, и начинает петь песню: «Я водяной, я водяной, поговорил бы кто со мной...» После того как заканчивается куплет песни с припевом, Водяной вновь прячется в болоте; прибор возвращается в исходное состояние.

Простоквашино. Игрушка (рис. 225) изготовлена по мотивам мультфильма «Каникулы в Простоквашино». На красочно оформленном основании расположен макет домика, обнесенный забором. Рядом с домиком растет береза. Здесь же находятся корова с теленком (Гаврюша), тележка с сундуком и надписью «Клад», из окна выглядывает галчонок, на крыльце стоит почтальон Печкин с газетой в руке и почтовой сумкой на боку. При нажатии

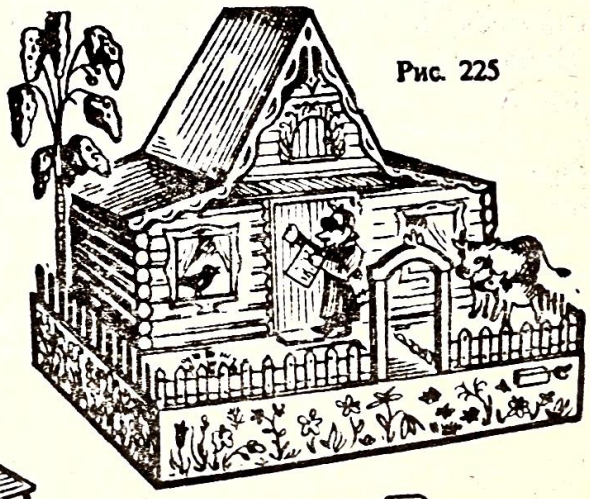


Рис. 225

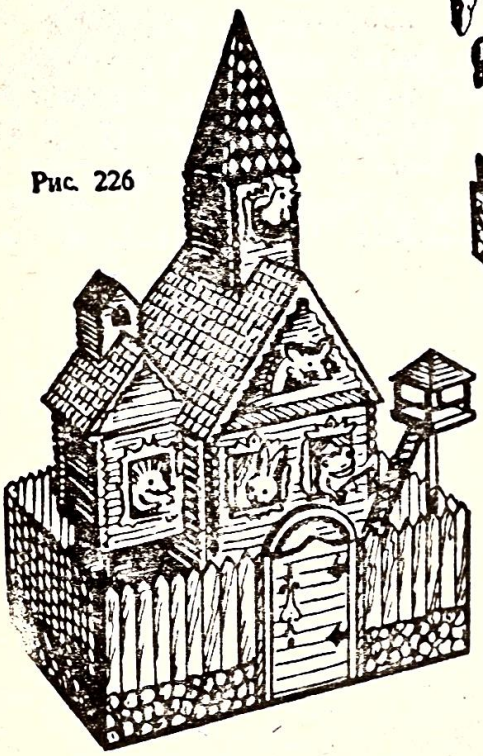


Рис. 226

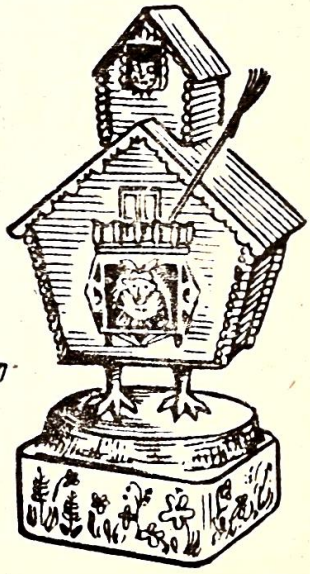


Рис. 227

пусковой кнопки магнитофон воспроизводит следующую запись: «Тук-тук». «Кто там?» — «Это я — почтальон Печкин. Принес заметку про вашего мальчика».— «Тук-тук». «Кто там?» — «Это я — почтальон Печкин. Принес заметку про вашего мальчика».— «Тук-тук». «Кто там?»—«Да никто! Это я — почтальон Печкин! Принес заметку про вашего мальчика!» Теперь роли меняются. Галчонок: «Тук-тук». Печкин: «Кто там?» Галчонок: «Это я — почтальон Печкин. Принес заметку про вашего мальчика». После этих слов почтальон Печкин падает на спину и, пролежав 4 с, встает. Прибор готов к следующей демонстрации.

Терем-теремок. На макете (рис. 226) — обнесенный частоколом красочно оформленный теремок. Все пять окон теремка закрыты. За воротами стоит медведь, на нем — волк. Лиса, стоящая на волке, заглядывает через забор. При нажатии пусковой кнопки игровой установки происходит озвучивание: «Терем-теремок, кто в тереме живет?» После этого по очереди открываются окна и персонажи, живущие в теремке, появляясь в окнах, называют себя: «Я — лягушка-квакушка», «Я — зайка-побегайка», «Я — ежик, ни головы, ни ножек», «Я — мышка-норушка», «Я — петушок, золотой гребешок. Кукарекууу!» Все вместе: «А вы кто?» Затем окна закрываются, игрушка возвращается в исходное состояние.

Избушка на курьих ножках. На пеньке (рис. 227) расположена красочно оформленная избушка на курьих ножках. При громком произнесении слов «Избушка, избушка, повернись!» она поворачивается на 180°, и Баба Яга, выглядывающая из окна, говорит: «Не за горами, не за лесами, не за синими морями, а в Ульяновской области в Ишеевской средней школе живут и трудятся юные техники. Замечательные ребята, мастеровые, всем помогают. И мне помогли: избушку построили. Вот». После этого избушка вновь поворачивается и занимает первоначальное положение.



Экспонат «Дрессированный черт».

Кружок физико-технического творчества «Импульс» Ишеевской средней школы. Призер Всероссийских и Международных выставок, ВДНХ СССР, Первой советско-американской конференции учителей точных наук (Москва, МГУ, 1991 г.).

Многие экспонаты, разработанные в кружке, являются не только наглядными пособиями для уроков физики, но широко используются на различных выставках для пропаганды детского технического творчества. Около 200 учащихся Ишеевской средней школы удостоены медалей «Юный участник ВДНХ» и свидетельств участника ВДНХ



Говорящая игрушка «Избушка на курьих ножках».

Кружок физико-технического творчества «Импульс» Ишеевской средней школы. Призер Всероссийских и Международных выставок, ВДНХ СССР, Первой советско-американской конференции учителей точных наук (Москва, МГУ, 1991г.)

При произнесении слов: «Избушка, избушка! Повернись!» домик на курьих ножках медленно поворачивается и фиксируется лицом к зрителю. Баба-Яга, выглядывающая из окна, начинает говорить: «Не за горами, не за лесами, а в Ишеевской средней школе живут и трудятся юные техники. Мастеровые. Всем помогают. И мне помогли, избушку построили, вот». После этого избушка вновь повернётся «к лесу передом».



Говорящая игрушка «Терем-теремок».

Ученическая фирма «Импульс» Ишеевской средней школы. Призер Всероссийских и Международных выставок, ВДНХ СССР, Первой советско-американской конференции учителей точных наук (Москва, МГУ, 1991 г.)

При произнесении слов: «Терем-теремок, кто в тереме живёт?» каждое окошко поочерёдно открывается и появляющиеся персонажи говорят: «Я – мышка-норушка, Я – лягушка-квакушка, Я – зайка-побегайка, Я – ёжик-ни головы, ни ножек». Последним появляется петушок в самом верхнем окне и говорит: «Я петушок – золотой гребешок. Ку-ка-ре-ку!!! А вы кто?» и все окошки закрываются.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Глава I. Тематические планы и программы кружков 5
1. Организационная структура физико-технического кружка . . . —
2. Тематические планы и программы кружков «Радиоазбука» и «Логическая азбука» 6
Глава II. Учебно-методические пособия кружка 21
1. Набор для изучения основ радиоэлектроники «Азбука» . . . —
2. Использование набора на занятиях в кружке 29
3. Набор «Логазбука» для изучения основ цифровой техники . . 65
4. Изучение отдельных логических элементов 70
5. Комплект демонстрационного оборудования по физике и радиоэлектронике 88
6. Использование комплекта на уроках физики 116
Глава III. Самодельные конструкции, разработанные в кружке . . 121
1. Учебно-наглядные пособия по физике . . . . . —
2. Электронные устройства для школы, учебных кабинетов и предприятий 126
3. Электронные игровые устройства 134

Учебное издание

ГОЛОВИН ПЕТР ПЕТРОВИЧ

ШКОЛЬНЫЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КРУЖОК

Зав. редакцией **Т. С. Дагаева**
Редактор **А. Ф. Раева**
Художник **Л. С. Фатьянова**
Художественный редактор **Г. П. Погосова**
Технический редактор **Т. Е. Молозева**
Корректоры **О. В. Мокрович, Л. Г. Новожилова**

ИБ № 13535

Сдано в набор 28.06.91. Подписано к печати 31.10.91. Формат 60×90¹/₁₆. Бум. газетная. Гарнит. Литер. Печать высокая. Усл. печ. л 10. Усл. кр.-отт. 10,25. Уч.-изд. л. 10,33. Тираж 81 500 экз. Заказ № 1484. Цена 85 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и массовой информации РСФСР. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Областная ордена «Знак Почета» типография им. Смирнова Смоленского облуправления издательств, полиграфии и книжной торговли. 214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2.