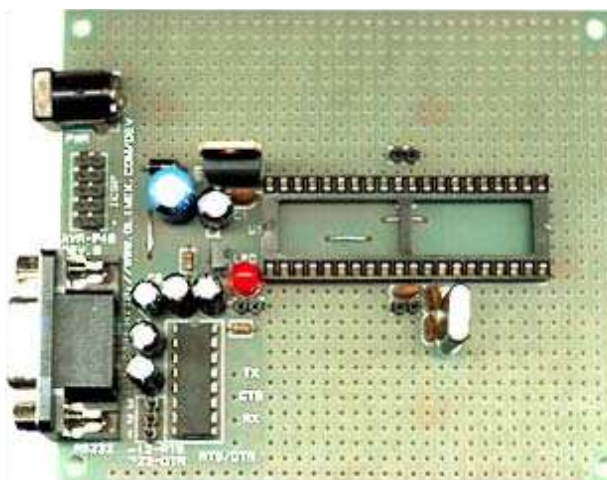


**С.В. ФРОЛОВ, В.М. СТРОЕВ,
А.Ю. КУЛИКОВ, А.Н. ЖМАЕВ**

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ



◆ Издательство ГОУ ВПО ТГТУ ◆

Учебное издание

ФРОЛОВ Сергей Владимирович,
СТРОЕВ Владимир Михайлович,
КУЛИКОВ Андрей Юрьевич,
ЖМАЕВ Александр Николаевич

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Учебное пособие

Редактор Т.М. Г л и н к и н а
Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Р ы ж к о в а

Подписано в печать 09.09.2010
Формат 60 × 84/16. 5,58 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 428

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования

"Тамбовский государственный технический университет"

С.В. Фролов, В.М. Строев, А.Ю. Куликов, А.Н. Жмаев

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
АППАРАТУРЫ**

*Рекомендовано УМС по направлениям
551100 "Проектирование и технология электронных средств" и 210200
"Проектирование и технология электронных средств"
в качестве учебного пособия*



Тамбов
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ
2010

УДК 621.37(075.8)
ББК 684.4-06я73
Т384

Рецензенты:
Доктор технических наук, профессор ТГТУ
А.И. Фесенко

Кандидат технических наук, доцент, ведущий специалист по ремонту медицинского оборудования ООО "ТамбовМедик"
В.Н. Щербинин

Т384 Технология производства радиоэлектронной аппаратуры :
учебное пособие / С.В. Фролов, В.М. Строев, А.Ю. Куликов,
А.Н. Жмаев. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с. –
100 экз. – ISBN 978-5-8265-0938-8.

Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой, изготовлением и отладкой опытных образцов радиоэлектронных приборов – системные блок-схемы на примере медицинских устройств с микропроцессорным управлением, структура и возможности средств отладки программ для микроконтроллеров, макетирование аналоговой части и блока питания. Изложены правила монтажа проводов и радиоэлементов на печатную плату, порядок контроля качества монтажа. Приведены практические задания по анализу параметров, характеристик пассивных и активных радиоэлементов, по практической расшифровке их маркировки, а также теоретический материал, необходимый для их выполнения.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 2102201 – Проектирование и технология радиоэлектронных средств и направлению 210200 – Проектирование и технология электронных средств.

УДК 621.37(075.8)

ББК 684.4-06я73

ISBN 978-5-8265-0938-

© Государственное образовательное
учреждение

высшего профессионального образования
"Тамбовский государственный технический
университет" (ГОУ ВПО ТГТУ), 2010

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающий спрос на медикаменты, омолаживающие процедуры и аппараты для поддержания здоровья обещает стать двигателем рынка труда в РФ и западных странах. Место одной из ключевых фигур века долголетия прочат инженерам по медицинской технике.

Подпрограмма "Развитие электронной компонентной базы" на 2007 – 2011 годы федеральной целевой программы РФ "Национальная технологическая база" на 2007 – 2011 годы предполагает обеспечение создания и производства современного медицинского оборудования, в том числе мобильного типа.

В настоящее время совокупный объём рынка медицинской техники в России составляет 40 ... 45 млрд. р., из них около 30 млрд. р. – импортные изделия, причем значительную долю импортных изделий составляют изделия с применением современной электронной компонентной базы (более 42 процентов).

Приоритетным направлением развития следует считать разработку и освоение производства автономных миниатюрных электронных медицинских систем, приборов и оборудования, рассчитанных на мобильное использование. Средняя стоимость изделий медицинской техники мобильного типа с учётом покупательной способности населения страны не должна превышать 50 долл. США.

Полный комплекс работ по созданию новой техники включает несколько этапов.

1. Научно-исследовательская разработка (НИР). На этой стадии проходят проверку новые идеи и изобретения. Теоретические предпосылки решения научных проблем проверяются в ходе опытно-экспериментальных работ.

2. Опытно-конструкторская разработка (ОКР). На этой стадии идеи и решения, возникающие в процессе НИР, реализуются в технической документации и опытных образцах.

3. Конструкторская подготовка производства (КПП). Осуществляется проектирование нового изделия, разрабатываются рабочие чертежи и техническая документация.

4. Технологическая подготовка производства (ТПП). Разрабатываются и проверяются новые технологические процессы, проектируется и изготавливается технологическая оснастка для производства изделия.

5. Организационная подготовка производства (ОПП). На этой стадии выбираются методы перехода на выпуск новой продукции, проводятся расчёты потребности в материалах и комплектующих изделиях, определяются продолжительность производственного цикла изготовления изделия, размеры партий и пр.

6. Отработка изделия в опытном производстве (ООП). Осваивается выпуск опытного образца (опытной партии), проводится отладка новых технологических процессов.

Поэтому современные корпорации так определяют требования к ведущему инженеру по радиоэлектронной технике – он должен:

– уметь анализировать исходные данные, формировать технические требования и задания к радиоэлектронной технике;

- иметь опыт разработки, испытаний и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры (РЭА);
- иметь опыт организации работ по разработке, испытаниям и эксплуатации радиоэлектронной техники;
- уметь работать с измерительной техникой.

В резюме инженера приветствуется наличие опыта разработки и изготовления опытных образцов РЭА. Особенно это важно для инженера по медицинской радиоэлектронной технике, который должен быть специалистом широкого профиля, т.е. быть и схемотехником и конструктором-технологом и немного врачом. Понятно, что разработку ведёт группа, но согласованные действия специалистов, принимающих участие в разработке и производстве изделий, возможны только в том случае, если каждый из них понимает, как его решения скажутся на последующих этапах. Особенно это относится к инженерам схемотехники, задействованным в самом начале процесса проектирования РЭА. Их неудачные или непродуманные решения, незнание ими специфики труда конструктора или технолога приводят к значительным временным и материальным затратам на всевозможные переделки уже готовых конструкций или технологических процессов.

В настоящее время в учебниках и учебных пособиях [1] достаточно подробно рассмотрены вопросы, связанные с технологией производства РЭА и применением автоматизированных систем проектирования. В то же время недостаточно внимания уделяется вопросам макетирования опытных образцов, а также использованию дискретной элементной базы.

В учебном пособии рассмотрены вопросы, связанные с разработкой, изготовлением и отладкой опытных образцов на примере медицинских приборов – системные блок-схемы медицинских устройств с микропроцессорным управлением, структура и возможности средств отладки программ для микроконтроллеров, макетирование аналоговой части и блока питания. Изложены правила монтажа проводов и радиоэлементов на печатную плату, порядок контроля качества монтажа. Приведены практические задания по анализу параметров, характеристик пассивных и активных радиоэлементов, по практической расшифровке их маркировки, а также теоретический материал, необходимый для их выполнения.

1. СИСТЕМНЫЕ БЛОК-СХЕМЫ УСТРОЙСТВ С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

1.1. ЦИФРОВОЙ ТОНОМЕТР

Цифровой тонометр – прибор для измерения артериального давления, состоит из микроконтроллера, внешнего блока с жидкокристаллическим дисплеем (LCD) и внутренним мотором, манжеты, датчика давления (Pressure Transducer) с усилителем и клапана управляемого сигналом Air Pressure Controller. Блок-схема тонометра представлена на рис. 1.1 [2].

При включении режима "Измерение" микроконтроллер вырабатывает сигнал LEDs и включает насос, нагнетающий воздух в манжету. Одновременно производится измерение давления в манжете – с датчика давления напряжение, пропорциональное значению давления воздуха в манжете, поступает на аналогово-цифровой преобразователь (ADC), расположенный в микроконтроллере. После

достижения определённого давления в манжете микроконтроллер вырабатывает сигнал остановки насоса. Начинается выпуск воздуха из манжеты через клапан, в результате давление в манжете понижается, микроконтроллер производит измерение диастолического и систолического давлений, а также сердечного ритма. Измеренные значения хранятся в энергонезависимой Flash-памяти и отображаются на LCD. Тонومتر подключается к компьютеру через USB интерфейс. Звуковой динамик (Mono Speaker) предназначен для звуковой фиксации сердечного ритма, а также звукового подтверждения включения и выключения аппарата.

1.2. ЦИФРОВОЙ СТЕТОСКОП

Цифровой стетоскоп – прибор для выслушивания шумов внутренних органов: лёгких, бронхов, сердца, сосудов и т.д. Блок-схема стетоскопа представлена на рис.

1.2. Она состоит из нескольких главных элементов.

1. Microphone – звуковой датчик.

2. Audio Codec (звуковой кодер-декодер), предназначен для усиления и преобразования звукового сигнала микрофона в цифровую форму, а также для обратного преобразования обработанного в процессоре сигнала в аналоговый вид для прослушивания его в наушниках стетоскопа.

3. Processor (процессор) предназначен для выполнения всех ключевых функций цифрового стетоскопа, включая выполнение алгоритмов поиска нормы и дефектов сердцебиения. Сохраняет свою работоспособность при очень низком заряде аккумуляторной батареи.

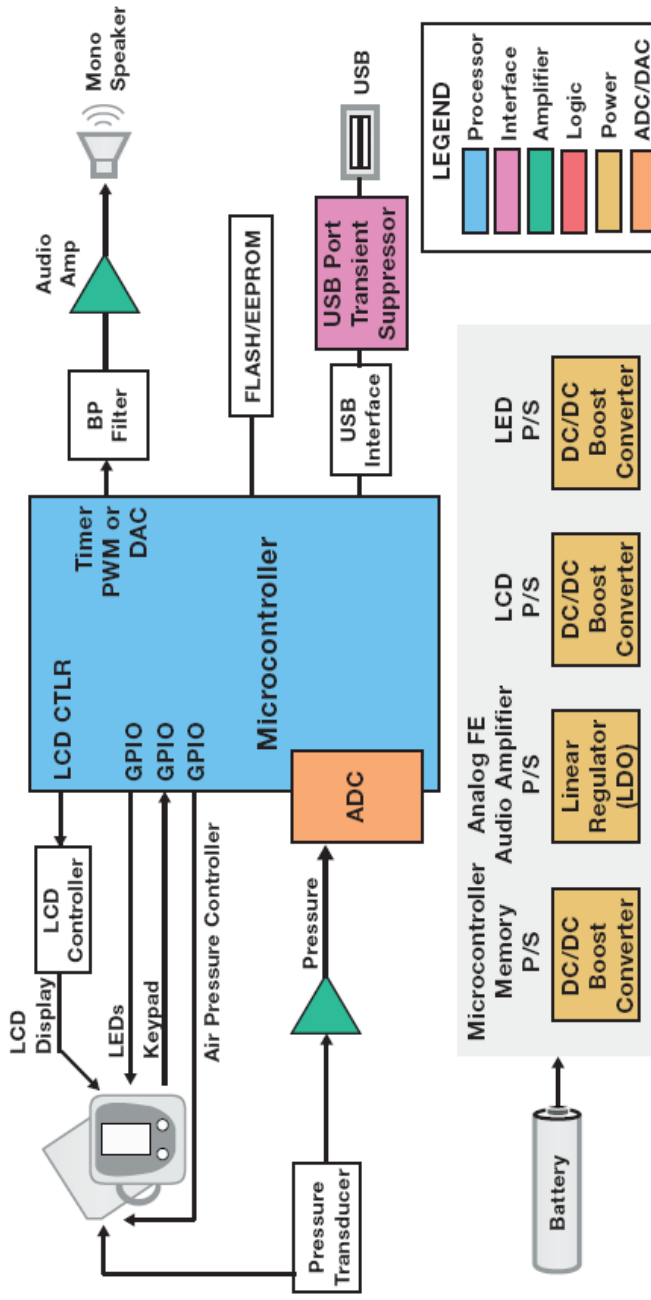


Рис. 1.1. Блок-схема цифрового тонометра

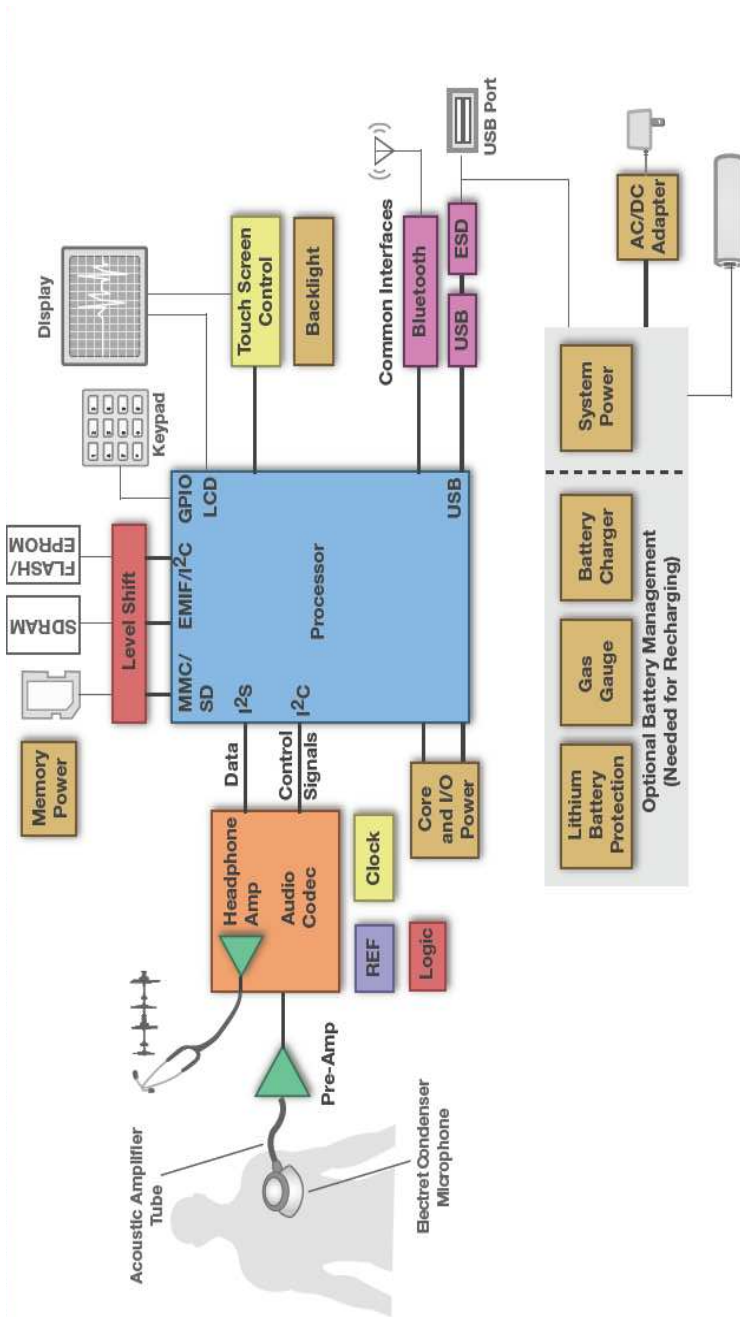


Рис. 1.2. Блок-схема стетоскопа

Для нормальной работы стетоскопа в его состав входят такие периферийные устройства, как MMC/SD карты памяти с преобразователем уровня (Level Shift) для долгосрочного хранения данных, сенсорный дисплей с подсветкой (Touch Screen

Control Display Backlight) для визуального отображения сигналов, дополнительная клавиатура (Keypad) для управления стетоскопом, интерфейс передачи данных Bluetooth и USB для установления связи с компьютером, а также преобразователь переменного напряжения с зарядным устройством для аккумулятора.

1.3. МОНИТОР ПАЦИЕНТА

Монитор пациента – медицинский прибор, предназначенный для мониторинга состояния пациента в операционных, палатах интенсивной терапии и реанимации путём подключения к нему различных датчиков, измеряющих давление, температуру, пульс пациента, его электрокардиограмму, растворение газов в крови и т.д. Блок-схема монитора представлена на рис. 1.3.

Структура монитора состоит из нескольких основных элементов.

1. Аналоговые датчики – ЭКГ-отведения, пульсоксиметр, измерители кровяного давления, температуры тела и т.д.

2. ОМАР процессор, представляющий собой программируемый микроконтроллер с внутренней памятью, встроенными ЦАП и АЦП. Процессор состоит из четырёх основных независимых функциональных блоков – это процессорное ядро, акселератор графики, акселератор изображений и видео, а также сигнальный процессор (DSP).

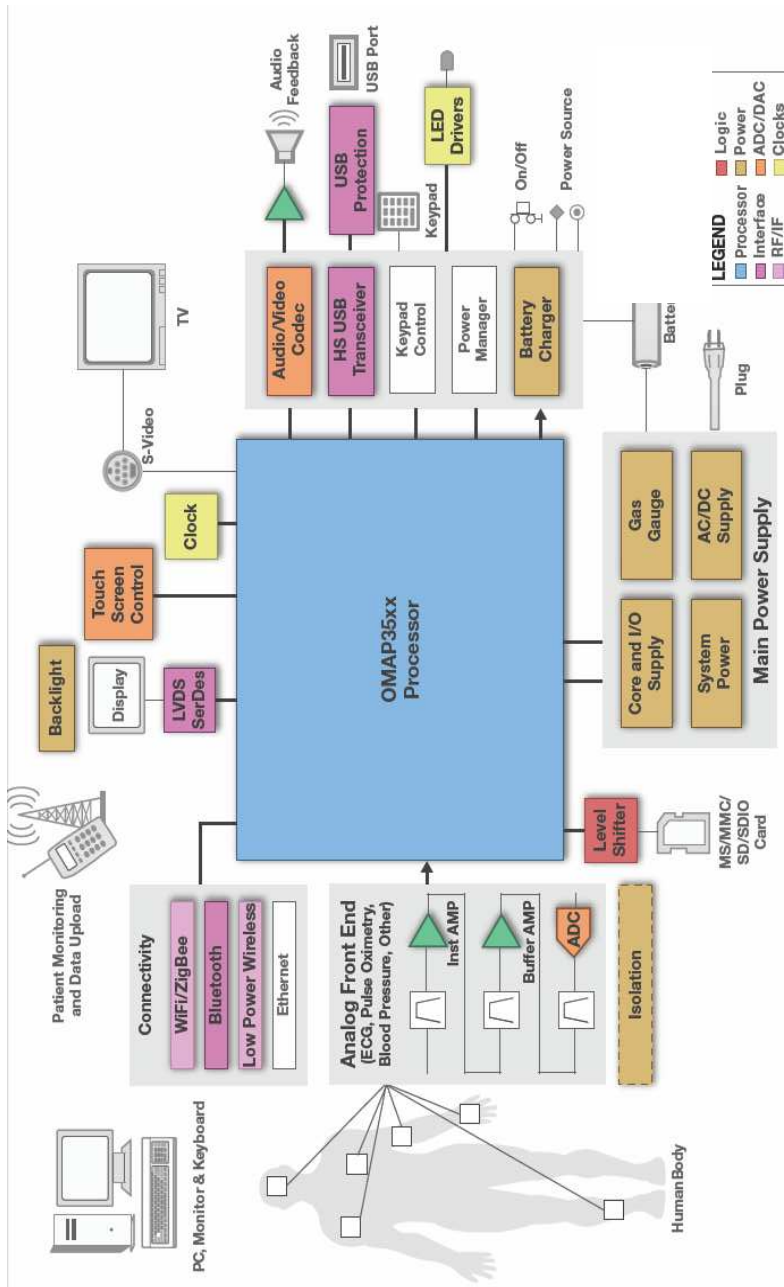
3. Для управления монитором предназначены сенсорный дисплей с подсветкой (Backlight Touch Screen Control Display), дополнительный выход на внешнюю клавиатуру (Keypad).

4. Дополнительная память в виде карт-ридера (MS/MMC/SD card) и преобразователя уровня (Level Shifter) предназначены для хранения информации о пациенте.

5. Аудио кодер-декодер (Audio/Video Codec) и звуковой динамик (Audio Feedback) предназначены для звуковой сигнализации при возникновении различных аварийных ситуаций, происходящих с аппаратурой, либо при превышении контролируемых параметров пациента за рамки установленных значений.

6. USB порт совместно с USB трансивером предназначены для подключения монитора к компьютеру.

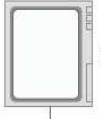
7. Светодиоды LED drivers предназначены для мониторинга различных постоянных напряжений, формируемых блоком питания монитора. Отсутствие свечения светодиода указывает на нарушение работы блока питания.



PC, Monitor & Keyboard



Patient Monitoring and Data Upload



TV



S-Video



Display



Touch Screen Control



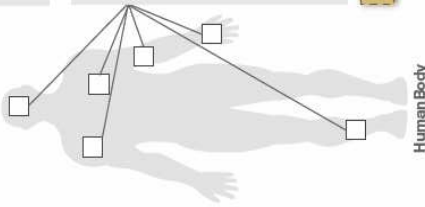
Backlight



LVDS SerDes



Clock



Human Body

LEGEND

- Logic
- Processor
- Interface
- Power
- ADC/DAC
- RF/IF
- Clocks

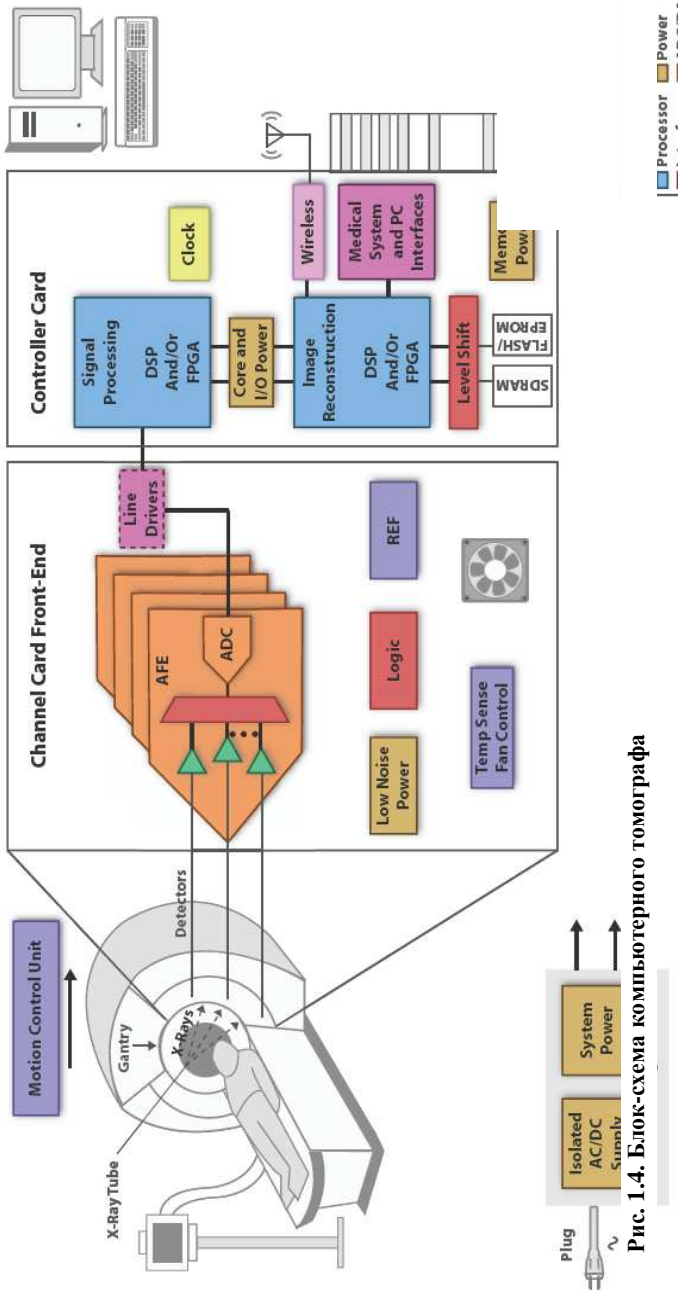


Рис. 1.4. Блок-схема компьютерного томографа

8. При помощи проводных (Ethernet) и беспроводных коммуникационных технологий (Bluetooth, Wi-Fi, Low Power Wireless) монитор может быть подключен к любому другому больничному оборудованию, включая наркозно-дыхательные

аппараты, дефибрилляторы, аппаратуру телемедицины для дистанционного мониторинга за больным.

9. Блок питания (Main Power Supply) преобразует переменное напряжение 220 В в постоянное, а также заряжает аккумуляторную батарею и контролирует уровень её зарядки.

1.4. КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТОМОГРАФ

Компьютерный томограф – медицинский рентгенодиагностический аппарат, предназначенный для воссоздания трёхмерного изображения внутренних органов человека. Блок-схема компьютерного томографа представлена на рис. 1.4.

Компьютерный томограф состоит из трёх основных частей.

1. Гентри (Gantry), в котором расположены рентгеновская трубка и кольцо детекторов. Трубка, вращаясь вокруг пациента, излучает рентгеновские лучи, которые воспринимаются детекторами, расположенными по окружности кольца.

2. Многоканальный блок обработки, состоящий из мультиплексоров (AFE) и АЦП (ADC). На входы мультиплексоров поступает информация от детекторов, расположенных в гентри. В АЦП аналоговый сигнал преобразуется в цифровой вид.

3. Блок процессоров состоит из двух DSP процессоров, один из которых принимает цифровую информацию от мультиплексоров, а второй производит реконструкцию изображения в трёхмерный вид.

Для воспроизведения изображения органов человека в томографе присутствуют интерфейсы для подключения персонального компьютера или какой-либо медицинской системы. Запоминание информации о пациенте производится в энергонезависимой Flash-памяти.

2. СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ДЛЯ ОДНОКРИСТАЛЬНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

2.1. ВНУТРИСХЕМНЫЕ ЭМУЛЯТОРЫ

К числу основных инструментальных средств отладки относятся:

- внутрисхемные эмуляторы;
- симуляторы;
- платы разработки и отладки (ПРО);
- эмуляторы ПЗУ.

Внутрисхемный эмулятор – программно-аппаратное средство, способное замещать собой эмулируемый процессор в реальной схеме. Внутрисхемный эмулятор – это наиболее мощное и универсальное отладочное средство. Он делает процесс функционирования отлаживаемого контроллера прозрачным, т.е. легко контролируемым, произвольно управляемым и модифицируемым по воле разработчика [3].

Функционально внутрисхемные эмуляторы делятся на стыкуемые с ПЭВМ и функционирующие автономно. Автономные внутрисхемные эмуляторы имеют индивидуальные вычислительные ресурсы, средства ввода-вывода. Обычно стыковка внутрисхемного эмулятора с отлаживаемой системой производится при помощи эмуляционного кабеля со специальной эмуляционной головкой.

Эмуляционная головка вставляется вместо микроконтроллера в отлаживаемую систему. Если микроконтроллер невозможно удалить из отлаживаемой системы, то использование эмулятора возможно, только если этот микроконтроллер имеет отладочный режим, при котором все его выходы находятся в третьем состоянии. В этом случае для подключения эмулятора используют специальный адаптер-клипсу, который подключается непосредственно к выводам эмулируемого микроконтроллера.

Внутрисхемный эмулятор 8-разрядных микроконтроллеров семейства 8051 (PICE-51) – эмулятор нового поколения, созданный с применением новых технологий разработки аппаратуры и программного обеспечения.

Характеристики аппаратуры включают следующие пункты.

1. Точная эмуляция – отсутствие каких-либо ограничений на использование программой пользователя ресурсов микроконтроллера.

2. До 256 кБ эмулируемой памяти программ и данных. Поддержка банкованной модели памяти. Распределение памяти между эмулятором и устройством пользователя с точностью до 1 байта.

3. До 512 кБ аппаратных точек останова по доступу к памяти программ и данных.

4. Аппаратная поддержка для отладки программ на языках высокого уровня.

5. Трассировка 8 произвольных внешних сигналов.

6. 4 выхода синхронизации аппаратуры пользователя.

7. Трассировщик реального времени с буфером объемом от 16 до 64 кБ фреймов по 64 бита с доступом "на лету". Трассировка адреса, данных, сигналов управления, таймера реального времени и 8-ми внешних сигналов пользователя.

8. Программируемый фильтр трассировки.

9. Аппаратный процессор точек останова с возможностью задания сложного условия останова эмуляции по комбинации сигналов адреса, данных, управления, 8-ми внешних сигналов, таймера реального времени, счётчиков событий и таймера задержки.

10. Четыре комплексных точки останова, которые могут быть использованы независимо или в комбинациях по условиям AND/OR/IF-THEN.

11. 48-разрядный таймер реального времени.

12. Прозрачная эмуляция – доступ "на лету" к эмулируемой памяти, точкам останова, процессору точек останова, буферу трассировки, таймеру реального времени.

13. Управляемый генератор тактовой частоты для эмулируемого процессора. Возможность плавного изменения тактовой частоты от 500 кГц до 40 МГц.

14. Гальванически развязанный от компьютера канал связи RS-232C со скоростью обмена 115 кБод.

15. Встроенная система самодиагностики аппаратуры эмулятора.

2.2. СИМУЛЯТОРЫ

Симулятор – программное средство, способное имитировать работу микроконтроллера и его памяти. Как правило, симулятор содержит в своем составе отладчик и модель ЦПУ и памяти.

Более продвинутые симуляторы содержат в своём составе модели встроенных периферийных устройств, таких, как таймеры, порты, АЦП и системы прерываний.

Симулятор должен уметь загружать файлы программ во всех популярных форматах, максимально полно отображать информацию о состоянии ресурсов симулируемого микроконтроллера, а также предоставлять возможности по симуляции выполнения загруженной программы в различных режимах. В процессе отладки модель "выполняет" программу, и на экране компьютера отображается текущее состояние модели.

Загрузив программу в симулятор, пользователь имеет возможность запускать её в пошаговом или непрерывном режимах, задавать условные или безусловные точки останова, контролировать и свободно модифицировать содержимое ячеек памяти и регистров симулируемого микропроцессора. С помощью симулятора можно быстро проверить логику выполнения программы, правильность выполнения арифметических операций.

В зависимости от класса используемого отладчика различные симуляторы могут поддерживать высокоуровневую символьную отладку программ.

Некоторые модели симуляторов могут содержать ряд дополнительных программных средств, таких, например, как интерфейс внешней среды, встроенную интегрированную среду разработки.

В реальной системе микроконтроллер обычно занимается считыванием информации с подключенных внешних устройств (датчиков), обработкой этой информации и выдачей управляющих воздействий на исполнительные устройства. Чтобы в симуляторе, не обладающем интерфейсом внешней среды, смоделировать работу датчика, нужно вручную изменять текущее состояние модели периферийного устройства, к которому в реальной системе подключён датчик. Если, например, при приёме байта через последовательный порт взводится некоторый флажок, а сам байт попадает в определённый регистр, то оба эти действия нужно производить в таком симуляторе вручную. Наличие же интерфейса внешней среды позволяет пользователю создавать и гибко использовать модель внешней среды микроконтроллера, функционирующую и взаимодействующую с отлаживаемой программой по заданному алгоритму.

2.3. ПЛАТЫ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ

Платы разработки и отладки (ПРО) являются конструкторами для макетирования прикладных систем. В последнее время при выпуске новой модели микроконтроллера фирма-производитель обязательно выпускает и соответствующую плату ПРО. Обычно это печатная плата с установленным на ней микроконтроллером плюс вся необходимая ему стандартная обвязка. На этой плате также устанавливают схемы связи с внешним компьютером. Как правило, там же имеется свободное поле для монтажа прикладных схем пользователя. Иногда имеется уже готовая разводка для установки дополнительных устройств, рекомендуемых фирмой. Например, ПЗУ, ОЗУ, ЖКИ-дисплей, клавиатура, АЦП и др. Кроме учебных или макетных целей, такие доработанные пользователем платы используются в качестве одноплатных контроллеров, встраиваемых в мало серийную продукцию.

Для большего удобства платы ПРО комплектуются ещё и простейшим средством отладки на базе монитора отладки. Однако здесь проявились два разных подхода: один используется для микроконтроллеров, имеющих внешнюю шину, а второй – для микроконтроллеров, не имеющих внешней шины.

В первом случае отладочный монитор поставляется фирмой в виде микросхемы ПЗУ, которая вставляется в специальную розетку на плате ПРО. Плата также имеет ОЗУ для программ пользователя и канал связи с внешним компьютером или терминалом. Примером здесь может служить плата ПРО фирмы Intel для микроконтроллера 8051.

Во втором случае плата ПРО имеет встроенные схемы программирования внутреннего ПЗУ микроконтроллера, которые управляются от внешнего компьютера. В этом случае программа монитора просто заносится в ПЗУ микроконтроллера совместно с прикладными кодами пользователя. Прикладная программа при этом специально должна быть подготовлена: в нужные её места вставляют вызовы отладочных подпрограмм монитора. Затем осуществляется пробный прогон. Чтобы внести в программу исправления пользователю надо стереть ПЗУ и произвести повторную запись. Готовую прикладную программу получают из отлаженной путём удаления всех вызовов мониторных функций и самого монитора отладки. Примерами могут служить платы ПРО фирмы Microchip для своих PIC контроллеров. Такой же принцип и у плат для отладки микроконтроллеров 80C750 Philips или 89C2051 Atmel.

Важно отметить, что плюс к монитору, иногда платы ПРО комплектуются ещё и программами отладки, которые запускаются на внешнем компьютере в связке с монитором. Эти программы в последнее время заметно усложнились и зачастую имеют высокопрофессиональный набор отладочных функций, например отладчик-симулятор, или различные элементы, присущие в чистом виде интегрированным средам разработки. В состав поставляемых комплектов могут входить и программы прикладного характера, наиболее часто встречающиеся на практике.

Средства разработки для TMS320. Цифровые сигнальные процессоры семейства TMS320F280xx ориентированы на применение в преобразователях мощности и управлении электроприводами, отличаются низкой стоимостью. DSP этого семейства выполняют операции умножения 32×32 за один такт, их особенностями является сверхбыстрая реакция на прерывания и наличие ШИМ-контроллера, который обеспечивает высокое разрешение выходных сигналов.

Отладочная плата TMS320-P28016 на базе DSP TMS320F28016 позволяет разработчику быстро приступить к изучению процессора, используя проверенную производителем аппаратуру (рис. 2.1).

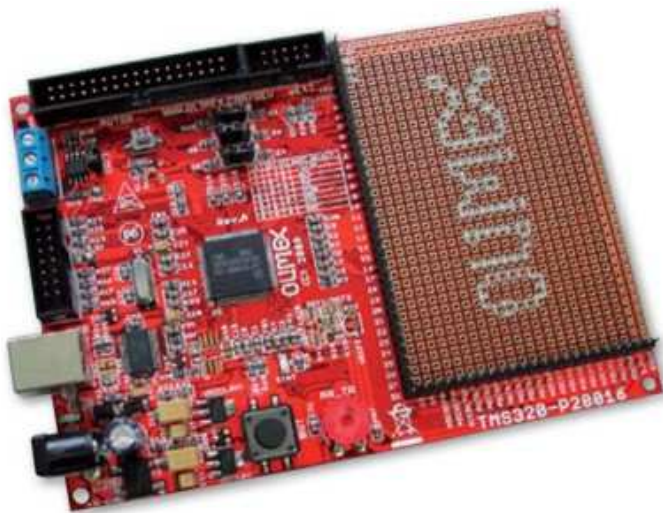


Рис. 2.1. Отладочная плата TMS320-P28016

Этот DSP – один из самых недорогих на рынке, но при этом обладает вполне хорошими характеристиками: 32-разрядный прибор работает на частоте 60 МГц и обеспечивает производительность 60 MMACS. Плата включает типовую конфигурацию контроллера на основе DSP для управления электроприводами, а также макетное поле, вдоль которого расположен штыревой разъем с сигналами портов DSP. Разработчик может быстро добавить к отлаженному ядру свою часть схемы и провести отладку в масштабе реального времени. На плате реализована гибкая система выбора интерфейса для загрузки памяти программ микроконтроллера.

Загрузка может быть осуществлена через интерфейсы SCI, SPI, CAN, I2C и по параллельной 16-разрядной шине. Плата имеет размеры 100 × 80 мм. На ней установлены:

- DSP TMS320F28016: 32-разряда, 60 МГц, флэш-память программ 32 кБ, 12 кБ ОЗУ, 8 каналов ШИМ (6 из них имеют разрешение 150 пс), два 8-канальных 12-разрядных АЦП (3,75 msp/s), порты RS232, SPI, I2C, CAN;

- разъем JTAG для программирования и отладки;

- преобразователь интерфейсов USB – RS232;

- микросхема драйвера и разъем CAN;

- разъем UEXT с интерфейсами SPI, RS232, I2C для подключения дополнительных модулей фирмы OLIMEX, например MOD-NRF24Lx, MOD-MP3 и т.п.;

- разъем MOTOR (для добавления модулей с ADC, PWM, сигналами прерываний);

- кнопки пользователя и RST;

- подстроечный потенциометр на аналоговом входе;

- светодиоды питания и пользователя;

- порты DSP, выведенные на штыревой разъем.

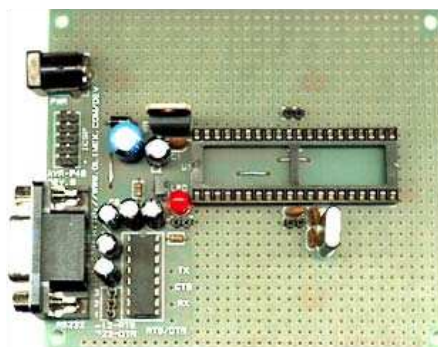


Рис. 2.2. Макетная плата AVR-P40B-8535

На рисунке 2.2 представлена AVR-P40B-8535 – плата для макетирования устройств на базе микроконтроллеров AT90S8535 и AT90S4434 фирмы ATMEL. Она имеет встроенный ICSP 10 пин порт, совместимый с отладочными наборами.

Особенности макетной платы:

- ICSP 5 × 2 пин коннектор для внутрисхемного программирования;
- стабилизатор напряжения +5 В на базе 78L05;
- кварц на 8 МГц;
- супервизор ZM33064;
- светодиод состояния (подключаемый джампером к порту PB0);
- колодка для микроконтроллера DIL40;
- коннектор RS232 DB9-F;
- схема интерфейса RS232 на MAX232;
- разъём для внешнего источника питания.

2.4. ЭМУЛЯТОРЫ ПЗУ

Эмулятор ПЗУ – программно-аппаратное средство, позволяющее замещать ПЗУ на отлаживаемой плате и подставляющее вместо него ОЗУ, в которое может быть загружена программа с компьютера через один из стандартных каналов связи. Это устройство позволяет пользователю избежать многократных циклов перепрограммирования ПЗУ. Эмулятор ПЗУ имеет смысл только для микроконтроллеров, которые в состоянии обращаться к внешней памяти программ. Эмулятор ПЗУ может работать с любыми типами микроконтроллеров.

Сейчас появились модели интеллектуальных эмуляторов ПЗУ, которые позволяют контролировать состояние внутренних элементов микроконтроллера на плате пользователя и вообще, по управлению отладкой, стали похожими на внутрисхемный эмулятор.

Интеллектуальные эмуляторы ПЗУ представляют собой гибрид из обычного эмулятора ПЗУ, монитора отладки и схем быстрого переключения шины от эмулятора к монитору и наоборот. Этим создаётся эффект, как если бы монитор отладки был установлен на плате пользователя.

Таким образом, ещё каких-нибудь 15 – 20 лет назад наиболее распространённым способом создания макета (прототипа) будущего устройства был "живой": подобранные электронные компоненты, разработчик брал в руки паяльник и собирал на макетных платах отдельные узлы или устройство в целом. Затем начинался процесс отладки: исправление ошибок принципиальной схемы, установка режимов работы, уточнение параметров применяемых компонентов и т.д.

Этот вариант не потерял своей актуальности и по сей день, но применяется сейчас в модифицированном виде:

- по блок-схеме прибора с учётом планируемых технических характеристик выбирается микроконтроллер;

- выбирается отладочная плата для данного микроконтроллера;

- на основе анализа аналоговой части устройства принимается решение либо о полном её макетировании, либо использовании подходящих модулей с макетированием схемы их объединения и схем дополнительных устройств, входящих в прибор. Этот этап макетирования выполняется "в живую".

К преимуществам такого способа разработки можно отнести:

- уменьшение времени выхода готовой продукции;

- уменьшение материальных затрат и риска при разработке;

- использование собственных ресурсов для ускорения разработки;

- свободное использование собственных разработок в дальнейшем.

Часто можно услышать вопросы от студентов – а зачем мне уметь паять, когда есть специальные аппараты или же, если потребуется, просто замену неисправную плату; а зачем знать дискретную элементную базу и т.д. После практической разработки опытного образца эти вопросы больше не задаются.

3. ПРИНЦИПЫ ОБОЗНАЧЕНИЯ И МАРКИРОВКА РЕЗИСТОРОВ

3.1. МАРКИРОВКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕЗИСТОРОВ

Основной особенностью изучения принципов обозначения и маркировки резисторов является то, что в настоящее время в радиоэлектронной аппаратуре применяются резисторы, которые могут иметь маркировку 4 видов: новую маркировку в соответствии с действующим ГОСТ 1982 года; маркировку в соответствии с ГОСТ 1968 года; маркировку, действующую до 1968 года, и цветную маркировку в соответствии с ГОСТ 1972 года [4].

При изучении принципов обозначения резисторов необходимо различать следующие понятия.

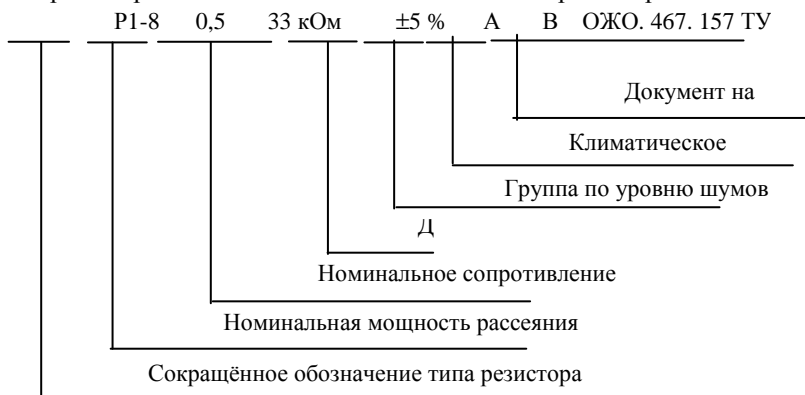
1. Полное условное обозначение резистора – содержит всю информацию о резисторе (тип, основные характеристики, климатическое исполнение и т.д.) и приводится только в нормативно-технической документации предприятия-изготовителя.

2. Маркировка резистора – содержит информацию о типе и наиболее важных параметрах резистора и указывается непосредственно на его корпусе.

Полное условное обозначение резисторов по ГОСТ 1982 года для постоянных резисторов включает в себя сокращённое обозначение типа резистора, значение номинальной мощности рассеяния, значение номинального сопротивления и буквенное обозначение единицы измерения (Ом, кОм, МОм, ГОм, ТОм), значение допуска в процентах, группу по уровню шумов (А – низкий уровень шума),

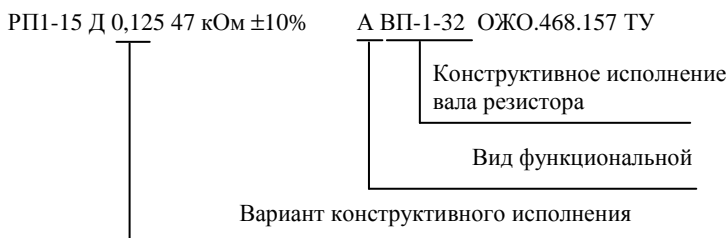
климатическое исполнение (В – всеклиматическое, Т – тропическое) и обозначение документа на поставку в нормативно-технической документации предприятия-изготовителя.

П р и м е р полного обозначения постоянного резистора:



Полное условное обозначение переменных резисторов включает в себя сокращённое обозначение типа резистора, вариант конструктивного исполнения резистора (при необходимости), значение номинальной мощности рассеяния, значение номинального сопротивления и буквенное обозначение единицы измерения (Ом, кОм, МОм), значение допуска в процентах, вид функциональной характеристики (А – линейная, Б – логарифмическая, В – обратнологарифмическая), обозначение конструктивного исполнения вала и длины выступающей его части, обозначение документа на поставку.

П р и м е р полного обозначения переменного резистора:



Маркировка резисторов по ГОСТ 1982 года. Маркировка резисторов (буквенно-цифровая) содержит: сокращённое обозначение типа резистора, номинальную мощность рассеяния, номинальное сопротивление, допуск и дату изготовления.

Основными элементами в маркировке резистора являются значения его номинального сопротивления и допуска. В зависимости от размеров маркируемых резисторов могут применяться полные или сокращённые (кодированные) обозначения номинальных сопротивлений и допусков.

Полное обозначение номинального сопротивления резистора состоит из значения номинального сопротивления (число) и обозначения единицы измерения (Ом, кОм, МОм, ГОм, ТОм).

Примеры обозначений: 33 Ом; 6,8 кОм; 0,22 МОм; 8,2 ГОм; 1,2 ТОм.

Кодированное обозначение номинальных сопротивлений резистора состоит из числа (от двух до четырёх цифр) и буквы латинского алфавита (табл. 3.1). Буква кода выполняет двойную функцию: во-первых, обозначает множитель, на который надо умножить число, а во-вторых, определяет положение запятой при наличии десятичных знаков.

Примеры кодированных обозначений: 33R; 6K8; M22; 8G2; 1T2.

Полное обозначение допуска номинального сопротивления резистора маркируется в процентах, а кодированное обозначение допуска – буквой латинского алфавита (табл. 3.2).

Примеры полного обозначения номинального сопротивления и допуска резисторов: 33 Ом \pm 1%; 6,8 кОм \pm 5%; 0,22 МОм \pm 10%.

Примеры кодированного обозначения номинального сопротивления и допуска резисторов: 33RF; 6K8J; M22K.

Маркировка резисторов помимо номинального сопротивления и допуска содержит сокращённое обозначение типа резистора, номинальную мощность рассеяния и дату изготовления.

3.1. Кодированное обозначение номинальных сопротивлений резистора

Буква	R	K	M	G	T
Множитель	1	10^3	10^6	10^9	10^{12}

3.2. Кодированное обозначение допусков резистора

Полное обозначение	0,5%	\pm	1%	\pm	2%	\pm	5%	\pm	10%	\pm	20%	\pm
Кодированное обозначение		D	F		C		J		K		M	

Сокращённое обозначение типа резистора включает три элемента.

Первый элемент – буква или сочетание букв, обозначающих подкласс резисторов: P – резисторы постоянные; RP – резисторы переменные; NP – наборы резисторов.

Второй элемент – цифра, обозначающая группу резисторов по материалу резистивного элемента: 1 – непроволочные; 2 – проволочные или металлофольговые.

Третий элемент – порядковый номер разработки (регистрации) данного резистора (между вторым и третьим элементами ставится дефис).

Пример: P1-4 – резистор постоянный непроволочный, порядковый номер разработки 4.

Номинальная мощность рассеяния резистора маркируется после сокращённого обозначения его типа и выражается в ваттах (Вт).

Примеры: P1-4 0,5; P2-15 1; PП1-7 0,25.

Дата изготовления резистора обозначается четырьмя цифрами (месяц и год) и указывается на его корпусе в конце маркировки.

Примеры: 0897; 0389; 1295.

Примеры полной и кодированной маркировки резисторов:

P1-4 0,5 33 Ом \pm 1% 0897 – полная маркировка;

P1-4 0,5 33RF 0897 – кодированная маркировка – резистор постоянный непроволочный с регистрационным номером 4, номинальной мощностью рассеяния 0,5 Вт, номинальным сопротивлением 33 Ом, допуском \pm 1%, изготовлен в августе 1997 года.

P2-15 1 6,8 кОм \pm 5% 0389 – полная маркировка;

P2-15 1 6K8J 0389 – кодированная маркировка – резистор постоянный проволочный с регистрационным номером 15, номинальной мощностью рассеяния 1 Вт, номинальным сопротивлением 6,8 кОм, допуском \pm 5%, изготовлен в марте 1989 года.

PП1-7 0,25 0,22 МОм \pm 10% А 1295 – полная маркировка;

PП1-7 0,25 M22K А 1295 – кодированная маркировка – резистор переменный непроволочный с регистрационным номером 7, номинальной мощностью рассеяния 0,25 Вт, номинальным сопротивлением 0,22 МОм (или 220 кОм), допуском \pm 10%, с линейной функциональной характеристикой, изготовлен в декабре 1995 года.

Примечание. У переменных резисторов в маркировке перед датой изготовления обозначается вид функциональной характеристики (зависимости изменения сопротивления резистора от поворота центрального движка), которая может быть трёх видов: А – линейная, Б – логарифмическая, В – обратнологарифмическая.

Маркировка резисторов по ГОСТ 1968 года. Полное условное обозначение постоянных и переменных резисторов по ГОСТ 1968 года содержит те же составные элементы, что и полное обозначение резисторов согласно ГОСТ 1982 года.

Например: С1-8 0,5 33 кОм \pm 5% А В ОЖО. 467. 157 ТУ.

Маркировка резисторов по ГОСТ 1968 года также аналогична маркировке резисторов согласно ГОСТ 1982 года, однако имеет одно принципиальное отличие: кодированные обозначения номинальных сопротивлений и допусков резисторов маркируются буквами русского алфавита.

Сокращённое обозначение типа резистора включает три элемента.

Первый элемент – буква или сочетание букв, обозначающих подкласс резисторов: С – резисторы постоянные; СП – резисторы переменные; СТ – терморезисторы; СФ – фоторезисторы; СН – варисторы; БП – болометры полупроводниковые.

Второй элемент – цифра, обозначающая группу резисторов по материалу резистивного элемента: 1 – непроволочные тонкослойные углеродистые; 2 – непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические; 3 – непроволочные композиционные плёночные; 4 – непроволочные композиционные объёмные; 5 – проволочные; 6 – непроволочные тонкослойные металлизированные.

Третий элемент – порядковый номер разработки (регистрации) данного резистора (между вторым и третьим элементами ставится дефис).

Пример: С1-4 – резистор постоянный непроволочный тонкослойный углеродистый, порядковый номер разработки 4.

Для маркировки кодированных обозначений номинальных сопротивлений и допусков резисторов используются буквы русского алфавита, приведённые в табл. 3.3, 3.4.

Примеры полного обозначения номинального сопротивления и допуска резисторов: 33 Ом \pm 1%; 6,8 кОм \pm 5%; 0,22 МОм \pm 10%.

3.3. Кодированное обозначение номинальных сопротивлений резистора

Буква	Е	К	М	Г	Т
Множитель	1	1	1	1	10
ль	10^3	10^6	10^9	10^{12}	

3.4. Кодированное обозначение допусков резистора

Полное обозначение	\pm 0,5%	\pm 1%	\pm 2%	\pm 5%	\pm 10%	\pm 20%
Кодированное обозначение	Д	Е	Л	И	С	В

Примеры кодированного обозначения номинального сопротивления и допуска резисторов: 33ЕР; 6К8И; М22С.

Примеры полной и кодированной маркировки резисторов:

С5-15 1 6,8 кОм \pm 5% 0389 – полная маркировка;

С5-15 1 6К8И 0389 – кодированная маркировка – резистор постоянный проволочный с регистрационным номером 15, номинальной мощностью рассеяния 1 Вт, номинальным сопротивлением 6,8 кОм, допуском \pm 5%, изготовлен в марте 1989 года.

Маркировка резисторов, действующая до 1968 года, состоит из буквенного кодированного обозначения типа резистора (табл. 3.5), значения номинальной мощности рассеяния, номинального сопротивления, допуска и даты изготовления.

Полное и кодированное обозначения номинальных сопротивлений и допусков резисторов аналогичны обозначениям согласно ГОСТ 1968 года. В некоторых случаях допуск может быть также обозначен римской цифрой (табл. 3.6).

Примеры полной и кодированной маркировки резисторов:

МЛТ-1 6,8 кОм \pm 5% 0389 – полная маркировка;

МЛТ-1 6К8И 0389 – кодированная маркировка – резистор металлоплёночный лакированный теплостойкий с номинальной мощностью рассеяния 1Вт, номинальным сопротивлением 6,8 кОм, допуском \pm 5%, изготовлен в марте 1989 года.

3.5. Кодированное обозначение типа резистора

Обозначение	Тип резистора
ВС	Высокой стабильности
МТ	Металлоплёночные теплостойкие
МЛТ	Металлоплёночные лакированные теплостойкие
ОМЛТ	Особые (повышенной надёжности) МЛТ
УЛМ	Углеродистые лакированные малогабаритные
БЛП	Бороуглеродистые лакированные прецизионные
СП	Сопротивления переменные
СПО	Сопротивления переменные объёмные
ПТМН	Проволочные теплостойкие малогабаритные низкоомные
ПЭ	Проволочные эмалированные
ПЭВ	Проволочные эмалированные влагостойкие
ПЭВР	ПЭВ регулируемые

3.6. Кодированное обозначение допусков резистора

Допуск, %	± 5	± 10	± 20
Класс точности	I	II	III

Особенности маркировки резисторов:

1. На резисторах, имеющих номинальную мощность рассеяния менее 1 Вт, её значение может не указываться (ОМЛТ М33И 0587).

2. На миниатюрных резисторах (менее 0,5 Вт), как правило, не указывается дата изготовления (ОМЛТ М33И), а иногда не указывается и тип резистора (М33И).

3. В случае отсутствия в маркировке резистора единиц измерения номинального сопротивления необходимо знать, что не маркироваться могут только единицы измерения – Ом (например: $330 \pm 5\%$).

4. Кроме маркировки основных параметров на корпусе резистора, как правило, указывается фирменный знак предприятия-изготовителя (клеймо), например: □; ◇; ВЗР (Воронежский завод радиодеталей) и т.д.

Маркировка резисторов цветным кодом по ГОСТ 1972 года наносится знаками в виде кругов или полос, которые характеризуют значения номинального сопротивления и допуска. Номинальное сопротивление выражается двумя или тремя цифрами (в случае трёх

3.7. Цветная кодировка номинальных сопротивлений и допусков

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом				Д опуск, %
	1 -я цифра	2 -я цифра	3 -я цифра	Мно житель	
Серебристый	–	–	–	10^{-2}	10 ±
Золотистый	–	–	–	10^{-1}	5 ±
Чёрный	–	0	–	1	–
Коричневый	1	1	1	10	1 ±
Красный	2	2	2	10^2	2 ±
Оранжевый	3	3	3	10^3	–
Жёлтый	4	4	4	10^4	–
Зелёный	5	5	5	10^5	0,5 ±
Голубой	6	6	6	10^6	0,25 ±
Фиолетовый	7	7	7	10^7	0,1 ±
Серый	8	8	8	10^8	0,05 ±
Белый	9	9	9	10^9	–

цифр последняя цифра не равна нулю) и множителем 10^n , где n – любое целое число от -2 до $+9$. Соответствие цифр и множителя цвету знака на резисторе показано в табл. 3.7. Значение допуска также обозначается цветным знаком (табл. 3.7).

Маркировочные знаки сдвигают к одному из торцов резистора и располагают слева направо.

П р и м е ч а н и е. Если размеры резистора не позволяют разместить маркировку ближе к одному из торцов резистора, площадь первого знака (ширина первой полосы) делается примерно в 2 раза больше других знаков.

П р и м е р цветной маркировки резисторов:



3.2. ОСОБЕННОСТИ МАРКИРОВКИ ЗАРУБЕЖНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Основная особенность маркировки зарубежных резисторов состоит в том, что единая система обозначений и маркировка резисторов у различных фирм разных стран мира отсутствует. Кроме того, даже внутри одной страны каждая зарубежная фирма, изготавливающая различные типы резисторов, вводит свою (собственную) удобную для неё маркировку. В частности, например, применяются таблицы, в которых каждому значению номинального сопротивления соответствует свой код, причём никаких систем и закономерностей в выборе этих кодов нет.

Поэтому, прочитав маркировку резистора неизвестной зарубежной фирмы, нельзя получить из неё информацию о типе резистора, его мощности и других характеристиках.

Однако анализ различных маркировок резисторов некоторых зарубежных фирм позволяет сделать некоторые обобщения. В частности, на корпусах миниатюрных резисторов (как и при маркировке на корпусах миниатюрных отечественных резисторов) обязательно обозначается номинальное сопротивление данного резистора. Причем, значения номинальных сопротивлений резисторов до 10 Ом обозначаются аналогично маркировке значений номинальных сопротивлений отечественных резисторов по ГОСТ 1982 года, а принципы маркировки значений номинальных сопротивлений резисторов свыше 10 Ом очень похожи на маркировку отечественных резисторов цветным кодом (по ГОСТ 1972 года).

Маркировка зарубежных резисторов с номинальным сопротивлением до 10 Ом. При маркировке зарубежных резисторов с номинальным сопротивлением до 10 Ом (как и в отечественной маркировке) используется буква латинского алфавита R, которая выполняет также двойную функцию: обозначает номинальное сопротивление резистора в единицах измерения "Ом" и играет роль запятой.

В зависимости от значения допуска резистора маркировка его номинального сопротивления может обозначаться двумя цифрами и буквой R (при значении допуска 2, 5 или 10%) или тремя цифрами и буквой R (при значении допуска менее 2%).

П р и м е р ы маркировки номинального сопротивления зарубежных резисторов тремя символами: 9R1 – номинальное сопротивление резистора составляет 9,1 Ом; 1R0 – номинальное сопротивление 1,0 Ом; R33 – номинальное сопротивление 0,33 Ом.

П р и м е р ы маркировки номинального сопротивления зарубежных резисторов четырьмя символами; 7R68 – номинальное сопротивление резистора составляет 7,68 Ом; 0R75 – номинальное сопротивление 0,75 Ом; R182 – номинальное сопротивление 0,182 Ом.

Маркировка зарубежных резисторов с номинальным сопротивлением свыше 10 Ом в зависимости от значения допуска резистора выполняется тремя или четырьмя цифрами. При этом первые две или три цифры обозначают численное значение номинального сопротивления, а третья или четвертая цифра – показатель степени n числа 10, т.е. множитель 10^n , где n – любое целое число от 0 до 6.

При таких показателях степени n могут маркироваться резисторы в широком диапазоне номинальных значений: от 10 Ом до 99 МОм (при маркировке тремя цифрами) и от 100 Ом до 999 МОм (при маркировке четырьмя цифрами).

Особое внимание следует уделить маркировке минимальных значений сопротивлений (т.е. при $n = 0$):

– при маркировке тремя цифрами число 100 будет обозначать значение номинального сопротивления $R = 10 \cdot 10^0 = 10 \text{ Ом}$, а не 100 Ом;

– при маркировке четырьмя цифрами число 1000 будет обозначать значение номинального сопротивления $R = 100 \cdot 10^0 = 100 \text{ Ом}$, а не 1000 Ом.

Примеры маркировки номинального сопротивления зарубежных резисторов тремя цифрами: 110 – номинальное сопротивление резистора составляет 11 Ом; 361 – номинальное сопротивление 360 Ом; 472 – номинальное сопротивление 4700 Ом или 4,7 кОм; 683 – номинальное сопротивление 68 000 Ом или 68 кОм; 224 – номинальное сопротивление 220 000 Ом или 220 кОм; 155 – номинальное сопротивление 1 500 000 Ом или 1,5 МОм; 916 – номинальное сопротивление 91 000 000 Ом или 91 МОм.

Примеры маркировки номинального сопротивления зарубежных резисторов четырьмя цифрами: 1100 – номинальное сопротивление резистора составляет 110 Ом; 1001 – номинальное сопротивление 1000 Ом или 1 кОм; 7152 – номинальное сопротивление 71 500 Ом или 71,5 кОм; 2373 – номинальное сопротивление 237 000 Ом или 237 кОм; 9764 – номинальное сопротивление 9 760 000 Ом или 9,76 МОм;

1655 – номинальное сопротивление 16 500 000 Ом или 16,5 МОм;

1006 – номинальное сопротивление 100 000 000 Ом или 100 МОм.

3.3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ РЕАЛЬНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Для приобретения практических навыков расшифровки маркировки реальных резисторов предлагается панель, на которой расположены резисторы (рис. 3.1), имеющие различные разновидности маркировки.

Необходимо расшифровать маркировку резисторов, расположенных на панели либо представленных по заданию преподавателя, и занести результаты расшифровки в рабочую тетрадь в следующем виде:

– Резистор R1: P1-5 0,25 7,5 кОм $\pm 5\%$ 0798 – резистор постоянный непроволочный с регистрационным номером 5, номинальной мощностью рассеяния 0,25 Вт, номинальным сопротивлением 7,5 кОм, допуском $\pm 5\%$, изготовлен в июле 1998 года.

– Резистор R8: МЛТ-2 ЗКЗИ 0467 – резистор металлоплёночный лакированный теплостойкий с номинальной мощностью рассеяния 2Вт, номинальным сопротивлением 3,3 кОм, допуском $\pm 5\%$, изготовлен в апреле 1967 года.



Рис. 3.1. Панель с резисторами

4. ПРИНЦИПЫ ОБОЗНАЧЕНИЯ И МАРКИРОВКА КОНДЕНСАТОРОВ

4.1. МАРКИРОВКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

В настоящее время в радиоэлектронной аппаратуре применяются конденсаторы, которые могут иметь маркировку двух видов: новую маркировку в соответствии с действующим ГОСТ 1968 года и маркировку, действующую до 1968 года.

При изучении принципов обозначения конденсаторов (как и для резисторов) необходимо различать следующие понятия.

1. Полное условное обозначение конденсатора – содержит всю информацию о конденсаторе (тип, основные характеристики, дату изготовления и т.д.) и приводится только в нормативно-технической документации предприятия-изготовителя.

2. Маркировка конденсатора – содержит информацию о типе и наиболее важных параметрах конденсатора и указывается непосредственно на его корпусе.

Полное условное обозначение конденсаторов по ГОСТ 1968 года для постоянных конденсаторов включает в себя сокращённое обозначение типа конденсатора, значение номинальной ёмкости, буквенное обозначение единицы измерения (пФ, нФ, мкФ), значение допуска в процентах, рабочее напряжение, группу по температурному коэффициенту ёмкости (если данный тип конденсатора маркируется по этому параметру) и обозначение документа на поставку в нормативно-технической документации предприятия-изготовителя.

П р и м е ч а н и е. Для переменных и подстроечных конденсаторов допуск не указывается, а обозначаются минимальное и максимальное значения ёмкости конденсатора, т.е. указывается диапазон изменения ёмкости.

П р и м е р полного обозначения постоянного конденсатора:

K22-15 6,8 нФ $\pm 10\%$ 1000В M750 ОЖО. 468. 249 ТУ – стеклокерамический конденсатор с регистрационным номером 15, с номинальной ёмкостью 6,8 нФ, допуском $\pm 10\%$, номинальным рабочим напряжением 1000 В, ТКЕ = $-750 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ и с обозначением документа на поставку в нормативно-технической документации – ОЖО.468.249 ТУ.

Маркировка конденсаторов по ГОСТ 1968 года содержит: сокращённое обозначение типа конденсатора, обозначения номинальной ёмкости, допуска, номинального напряжения, ТКЕ (для конденсаторов, которые маркируются по этому параметру) и дату изготовления.

В зависимости от размеров конденсаторов могут использоваться полные или сокращённые (кодированные) обозначения номинальной ёмкости и допуска.

4.1. Кодированное обозначение номинальных емкостей конденсаторов

Буква	П	Н	М
Множитель	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}

Полное обозначение номинальной ёмкости конденсатора состоит из значения номинальной ёмкости (числа) и обозначения единицы измерения ёмкости (пФ, нФ, мкФ).

П р и м е р ы: 47 пФ; 6,8 нФ; 0,33 мкФ.

Кодированное обозначение номинальной ёмкости (табл. 4.1) состоит из числа (от двух до трёх цифр) и буквы русского алфавита. Буква кода (как и для резисторов) выполняет двойную функцию: во-первых, обозначает множитель, на который надо умножить число, а во-вторых, определяет положение запятой при наличии десятичных знаков.

Примеры: 47П; 6Н8; М33.

Полное обозначение допуска номинальной ёмкости конденсатора маркируется в процентах, а кодированное обозначение допуска – буквой русского алфавита (табл. 4.2).

Примеры полного обозначения номинальной ёмкости и допуска конденсатора: 47 пФ $\pm 1\%$; 6,8 нФ $\pm 5\%$; 0,33 мкФ $\pm 10\%$.

Примеры кодированного обозначения номинальной ёмкости и допуска конденсатора: 47ПП; 6Н8И; М33С.

Сокращённое обозначение типа конденсатора включает три элемента.

Первый элемент – буква или сочетание букв, обозначающих подкласс конденсаторов: К – конденсаторы постоянной ёмкости; КП – конденсаторы переменные; КТ – конденсаторы подстроечные; КН – конденсаторы нелинейные (вариконды).

Второй элемент – одна или две цифры, первая из которых характеризует вид используемого в конденсаторе диэлектрика, а вторая может обозначать конкретный тип диэлектрика, номинальное рабочее напряжение или другие конструктивные особенности конденсатора (табл. 4.3).

4.2. Кодированное обозначение допусков конденсаторов

Полное обозначение	$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
Кодированное обозначение	Д	Р	Л	И	С	В

4.3. Цифровые обозначения типов конденсаторов

Тип конденсатора	Цифровое обозначение
Переменные	1 – вакуумные; 2 – воздушные; 3 – с газообразным диэлектриком; 4 – с твёрдым диэлектриком; 5 – с жидким диэлектриком
Керамические	10 – на номинальное напряжение < 1600 В; 15 – на номинальное напряжение > 1600 В
На основе стекла	20 – кварцевые; 21 – стеклянные; 22 – стеклокерамические; 23 – стеклоэмалевые
Слюдяные	31 – малой ёмкости; 32 – большой ёмкости
Бумажные	40 – на номинальное напряжение < 1600 В с фольговыми обкладками; 41 – на номинальное напряжение > 1600 В с фольговыми обкладками; 42 – с металлизированными обкладками
Оксидные	50 – алюминиевые фольговые; 51 – танталовые, ниобиевые фольговые; 52 – танталовые объёмно-пористые; 53 – алюминиевые, ниобиевые оксидно-полупроводниковые; 54 – оксидно-металлические
Газонаполненные	60 – воздушные; 61 – вакуумные
С диэлектриком из органических плёнок	70 – полистирольные с фольговыми обкладками; 71 – полистирольные с металлизированными обкладками; 72 – фторопластовые; 73 – лавсановые с металлизированными обкладками; 74 – лавсановые с фольговыми обкладками; 75 – с комбинированным диэлектриком; 76 – лакоплёночные

Третий элемент – порядковый номер разработки данного конденсатора (между вторым и третьим элементами ставится дефис).

Пр и м е р: К22-15 – конденсатор постоянной ёмкости, стеклокерамический, регистрационный номер 15.

Керамические, стеклянные и стеклокерамические конденсаторы маркируются по ТКЕ (при линейной зависимости ёмкости от температуры) или по допустимому изменению ёмкости (при нелинейной зависимости ёмкости от температуры) двумя способами: буквенно-цифровым кодом и цветным кодом (табл. 4.4 и 4.5).

При буквенно-цифровом коде в начале маркировки ставится буква (или сочетание букв), а затем число (от двух до четырёх цифр). При этом буквы имеют следующую расшифровку: П – положительное значение ТКЕ с размерностью 10^{-6} 1/°С; М – отрицательное значение ТКЕ с размерностью 10^{-6} 1/°С; МПО – ТКЕ близкий к нулю; Н – ненормированное значение изменения ёмкости в %.

Маркировка цветным кодом производится, как правило, в том случае, когда конденсатор имеет малые размеры (миниатюрный) и на его корпусе нет места для полной маркировки.

Следует отметить, что 2-й вариант цветного кода применяют для маркировки группы конденсаторов, цвет покрытия которых не соответствует цвету, указанному в 1-м варианте кода. При этом цвет покрытия корпуса конденсатора может быть любой, кроме цвета 1-го и 2-го маркировочных знаков. Площадь 1-го маркировочного знака делается в два раза больше площади 2-го маркировочного знака.

4.4. Маркировка конденсаторов по ТКЕ

Значение ТКЕ, 1/°С	Условное обозначение					
	Значение буквами и цифрами	цветным кодом				
		1-й вариант		2-й вариант		
		Цвет покрытия корпуса	Цвет маркировочного знака	Цвет 1-го маркировочного знака	Цвет 2-го маркировочного знака	
20·10 ⁶ +1	120 П	Синий	Без знака	Синий	Синий	
00·10 ⁶ +1	100 П	Синий	Чёрный	Синий	Чёрный	
3·10 ⁶ +3	33 П	Серый	Без знака	Серый	Серый	
0	ПО М	Голубой	Чёрный	Голубой	Чёрный	
33·10 ⁶ -	33 М	Голубой	Коричневый	Голубой	Коричневый	
47·10 ⁶ -	47 М	Голубой	Без знака	Голубой	Голубой	
75·10 ⁶ -	75 М	Голубой	Красный	Голубой	Красный	
150·10 ⁶ -	150 М	Красный	Оранжевый	Красный	Оранжевый	
220·10 ⁶ -	220 М	Красный	Жёлтый	Красный	Жёлтый	
330·10 ⁶ -	330 М	Красный	Зелёный	Красный	Зелёный	
470·10 ⁶ -	470 М	Красный	Синий	Красный	Синий	
750·10 ⁶ -	750 М	Красный	Без знака	Красный	Красный	
1500·10 ⁶ -	1500 М	Зелёный	Без знака	Зелёный	Зелёный	
2200·10 ⁶ -	2200 М	Зелёный	Жёлтый	Зелёный	Жёлтый	

4.5. Маркировка конденсаторов по допустимому изменению ёмкости

начение допустимого изменения ёмкости, %	З	Условное обозначение				
		уквами и цифрами	цветным кодом			
			1-й вариант		2-й вариант	
			Цвет покрытия корпуса	Цвет маркировочного знака	Цвет 1-го маркировочного знака	Цвет 2-го маркировочного знака
±	10	Г	Оранжевый	Чёрный	Оранжевый	Чёрный
±	20	Г	Оранжевый	Красный	Оранжевый	Красный
±	30	Г	Оранжевый	Зелёный	Оранжевый	Зелёный
–	50	Г	Оранжевый	Синий	Оранжевый	Синий
–	70	Г	Оранжевый	Без знака	Оранжевый	Оранжевый
–	90	Г	Оранжевый	Без знака	Оранжевый	Белый

Примеры полной и кодированной маркировки конденсаторов:

K22-5 6,8 нФ ± 10% 1000В M750 1298 – полная маркировка;

K22-5 6Н8С 1000 В M750 1298 – кодированная маркировка;

6Н8С •• (две красные точки) – маркировка цветным кодом – стеклокерамический конденсатор с регистрационным номером 5, номинальной ёмкостью 6,8 нФ, допуском ± 10%, номинальным напряжением 1000 В, ТКЕ = – 750·10⁻⁶ 1/°С, изготовленный в декабре 1998 года.

4.2. ОСОБЕННОСТИ МАРКИРОВКИ КОНДЕНСАТОРОВ

1. В маркировке малогабаритных конденсаторов могут отсутствовать обозначения: типа конденсатора, номинального напряжения и даты изготовления (например, 6Н8С M750).

2. В маркировке миниатюрных конденсаторов могут также отсутствовать обозначения ТКЕ и допуска. Значение номинальной ёмкости конденсатора маркируется обязательно (например, 6Н8).

3. В случае отсутствия в маркировке единиц измерения номинальной ёмкости конденсатора необходимо знать, что для оксидных конденсаторов единицами измерения являются мкФ, а для остальных типов конденсаторов – пФ (например, для оксидных конденсаторов – 4,7 ± 10%; для остальных типов конденсаторов – 3300 ± 10%).

4. В маркировке переменных и подстроечных конденсаторов обязательно указываются пределы изменения ёмкости (минимальное и максимальное значение

ёмкости) в пФ (например, для переменных конденсаторов – 10/495; для подстроечных конденсаторов – 8/30).

5. Кроме маркировки основных параметров и даты изготовления, на корпусе конденсатора, как правило, указывается фирменный знак предприятия-изготовителя (заводское клеймо), например □; ◇; ВЗР (Воронежский завод радиодеталей) и т.д.

Маркировка конденсаторов, действующая до 1968 года. Сокращённое обозначение типов конденсаторов в соответствии с данной маркировкой включает от двух до четырёх букв, характеризующих тип диэлектрика, особенности конструкции или назначение (табл. 4.6) и число, определяющее порядковый номер разработки (регистрации) данного конденсатора.

Пример. КМ-4 – конденсатор керамический монолитный с номером разработки 4.

Составные элементы маркировки таких конденсаторов и её особенности те же, что у маркировки конденсаторов по ГОСТ 1968 года. Отличием является лишь сокращённое обозначение типа конденсатора.

Примеры полной и кодированной маркировки конденсаторов:

КМ-4 6,8 нФ ± 10% 1000В М750 1298 – полная маркировка;

КМ-4 6Н8С 1000В М750 1298 – кодированная маркировка – конденсатор керамический монолитный с регистрационным номером 4, номинальной ёмкостью 6,8 нФ, допуском ± 10%, номинальным напряжением 1000 В, ТКЕ = $-750 \cdot 10^{-6}$ 1/°С, изготовлен в декабре 1998 года.

Пример маркировки подстроечного конденсатора:

КПК 8/30 – конденсатор подстроечный керамический с диапазоном изменения ёмкости от 8 до 30 пФ.

4.6. Кодированное обозначение типов конденсаторов

Обозначение	Тип конденсатора
КД	Керамические дисковые
КМ	Керамические монолитные
КТ	Керамические трубчатые
КЛС	Керамические литые секционные
СГМ	Слюдяные герметизированные малогабаритные
БМ	Бумажные малогабаритные
БМТ	Бумажные малогабаритные теплостойкие
МБГ	Металлобумажные герметизированные
МБМ	Металлобумажные малогабаритные
ФТ	Фторопластовые теплостойкие
ЭТО	Электролитические танталовые опрессованные
ЭМ	Электролитические малогабаритные
КПК	Конденсаторы подстроечные керамические

4.3. ОСОБЕННОСТИ МАРКИРОВКИ ЗАРУБЕЖНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Особенностью маркировки зарубежных конденсаторов (как и зарубежных резисторов) является отсутствие единой системы обозначений. Многие зарубежные

фирмы, изготавливающие конденсаторы, вводят свои собственные системы обозначений и маркировки конденсаторов.

Однако в маркировке основных параметров конденсаторов (таких, как номинальная ёмкость и температурный коэффициент ёмкости) прослеживаются некоторые закономерности. В частности, на корпусах миниатюрных конденсаторов (как и при маркировке на корпусах миниатюрных отечественных конденсаторов) обязательно обозначается номинальная ёмкость данного конденсатора и значение его температурного коэффициента ёмкости (если данный конденсатор маркируется по ТКЕ). Причем, значение ТКЕ маркируется, как правило, одной заглавной буквой латинского алфавита (*A, N* и др.).

Маркировку значений номинальных ёмкостей конденсаторов (как и маркировку номинальных сопротивлений зарубежных резисторов) можно условно разделить на две группы: маркировку значений номиналов до 10 пФ и маркировку свыше 10 пФ.

Маркировка зарубежных конденсаторов с номинальной ёмкостью до 10 пФ. При маркировке зарубежных конденсаторов с номинальной ёмкостью до 10 пФ используется прописная буква латинского алфавита – *p*, которая выполняет двойную функцию: обозначает значение номинальной ёмкости конденсатора в единицах измерения "пФ" и играет роль запятой. Допуск в маркировке конденсатора может обозначаться или не обозначаться. Если допуск обозначен, то он указан сразу после маркировки номинальной ёмкости заглавной буквой латинского алфавита (наиболее распространена буква *K*, что соответствует допуску $\pm 10\%$).

П р и м е р ы маркировки номинальной ёмкости зарубежных конденсаторов: $2p2$ – номинальная ёмкость конденсатора составляет 2,2 пФ; $1p0$ – номинальная ёмкость 1,0 пФ; $4p7$ – номинальная ёмкость 4,7 пФ; $4p7K$ – номинальная ёмкость 4,7 пФ, допуск $\pm 10\%$.

Маркировка зарубежных конденсаторов с номинальной ёмкостью свыше 10 пФ выполняется тремя цифрами. Первые две цифры обозначают численное значение номинальной ёмкости, а третья цифра – показатель степени *l* числа 10, т.е. множитель 10^l , где *l* – любое целое число от 0 до 5.

При таких показателях степени *l* могут маркироваться конденсаторы в широком диапазоне номинальных значений: от 10 пФ до 9,9 мкФ.

Особое внимание следует уделить маркировке номинальных значений ёмкостей конденсаторов в пределах от 10 до 99 пФ (т.е. при $l = 0$). Так, например, число 100 будет обозначать значение номинальной ёмкости $C = 10 \cdot 10^0 = 10$ пФ, а не 100 пФ; а число 990 означает: $C = 99 \cdot 10^0 = 99$ пФ, а не 990 пФ.

П р и м е р ы маркировки номинальной ёмкости зарубежных конденсаторов: 110 – номинальная ёмкость конденсатора составляет 11 пФ; 361 – номинальная ёмкость 360 пФ; 472 – номинальная ёмкость 4700 пФ или 4,7 нФ; 683 – номинальная ёмкость 68 000 пФ или 68 нФ; 224 – номинальная ёмкость 220 000 пФ или 220 нФ; 155 – номинальная ёмкость 1 500 000 пФ или 1,5 мкФ.

4.4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ РЕАЛЬНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Для приобретения практических навыков расшифровки маркировки реальных конденсаторов предлагается панель, на которой расположены конденсаторы (рис. 4.1), имеющие различные разновидности маркировки.

Необходимо расшифровать маркировку конденсаторов, расположенных на панели или представленных по заданию преподавателя, и занести результаты расшифровки в рабочую тетрадь в следующем виде:

– Конденсатор С1: К22-1 ЗНЗС 1000В М750 1189 – стеклокерамический конденсатор с регистрационным номером 1, номинальной ёмкостью 3,3 нФ, допуском $\pm 10\%$, номинальным напряжением 1000 В, $TKE = -750 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$, изготовлен в ноябре 1989 года.

– Конденсатор С8: КПК 8/30 0367 – конденсатор подстроечный керамический, с диапазоном изменения ёмкости от 8 до 30 пФ, изготовлен в марте 1967 года.



Рис. 4.1. Панель с конденсаторами

5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСПРАВНОСТИ ПАССИВНЫХ РАДИОКОМПОНЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ СЕРВИСНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

5.1. ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПАССИВНЫХ РАДИОКОМПОНЕНТОВ

Для определения годности пассивных радиокомпонентов к дальнейшей эксплуатации можно использовать любой сервисный измерительный прибор, имеющий режим измерения сопротивления.

Годным к эксплуатации (исправным) считается радиокомпонент, значение основного параметра которого (номинального сопротивления для резистора, номинальной ёмкости для конденсатора и номинальной индуктивности для катушки) находится в допустимых пределах, которые определены допуском этого параметра для данного радиокомпонента (для резистора и конденсатора допуск обозначен в маркировке на его корпусе).

С помощью сервисного прибора (в режиме измерения сопротивления) полную степень исправности можно определить лишь для резистора. В отношении конденсатора может быть определена только его работоспособность.

Понятие работоспособности конденсаторов подразумевает лишь то, что между его выводами отсутствует короткое замыкание или обрыв, так как определить значения его основных параметров с помощью сервисного прибора в режиме измерения сопротивления не представляется возможным.

Мультиметры позволяют выполнить следующие измерения и операции.

1. Измерить истинное (действительное) сопротивление постоянного резистора и определить короткое замыкание или обрыв между его выводами (если они имеют место).

2. Измерить минимальное и максимальное значения сопротивления переменного резистора (соответственно в крайнем левом и крайнем правом положении центрального движка) и определить наличие короткого замыкания или обрыва между крайним и центральным выводами.

3. Определить исправность переменного резистора, т.е. визуально проконтролировать плавность изменения сопротивления резистора при плавном вращении центрального движка. (Если при вращении центрального движка наблюдаются резкие изменения (скачки) сопротивления, то резистор считается неисправным.)

4. Определить работоспособность оксидного конденсатора, т.е. визуально проконтролировать процесс его заряда в течение первых нескольких секунд после подключения к нему измерительного прибора.

(Определить таким образом работоспособность обычных (неоксидных) конденсаторов визуально невозможно, так как их ёмкость на несколько порядков меньше и время заряда составляет лишь десятки микросекунд).

5. Определить наличие или отсутствие пробоя диэлектрика у неоксидных конденсаторов (пробоем диэлектрика соответствует наличие короткого замыкания между выводами конденсатора).

(Определить наличие обрыва между выводами у неоксидных конденсаторов не представляется возможным, потому что сопротивление изоляции у них составляет сотни мегаом, что для любого измерительного прибора равнозначно разрыву цепи, т.е. $R \approx \infty$. Однако этот вид неисправности у конденсаторов встречается крайне редко, поэтому при отсутствии пробоя диэлектрика неоксидный конденсатор можно считать работоспособным).

Принцип определения работоспособности оксидных конденсаторов. При подаче постоянного напряжения (в сервисных приборах для измерения сопротивления используется именно постоянное напряжение) конденсатор начинает заряжаться. Для оксидных конденсаторов (ёмкость которых может достигать сотен и даже тысяч микрофарад) время заряда составляет единицы секунд ($t = 1 \dots 10$ с), причём, чем больше значение ёмкости, тем больше время заряда.

В первый момент времени конденсатор для постоянного тока представляет собой короткое замыкание, а значит ток заряда мгновенно (скачком) станет максимальным, а затем будет плавно уменьшаться до нуля. Это соответствует резкому изменению значения сопротивления мультиметра до минимального

значения ($R_c \rightarrow 0$), а затем достаточно плавному изменению до максимального (очень большого) значения сопротивления ($R_c \rightarrow \infty$).

С помощью цифрового измерительного прибора заряд конденсатора с малой ёмкостью "увидеть" невозможно, так как быстрое изменение цифр на экране индикатора приводит к тому, что цифровой индикатор начинает просто "мерцать".

Принцип определения исправности переменных резисторов. Определение исправности переменного резистора заключается в визуальном контроле по шкале прибора изменения его сопротивления в зависимости от поворота центрального движка. При плавном медленном вращении ручки переменного резистора изменение его сопротивления должно быть плавным (без скачков) в интервале от нуля до номинального значения сопротивления. Использование мультиметра позволяет достаточно легко визуально проследить изменение сопротивления резистора и обнаружить резкие скачки, если они будут иметь место. Однако это не всегда представляется возможным, так как при непрерывном изменении цифр на экране индикатора кратковременный скачок значения сопротивления можно просто не заметить.

5.2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОДНОСТИ ПАССИВНЫХ РАДИОКОМПОНЕНТОВ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

Для проведения измерений и определения годности пассивных радиокомпонентов к дальнейшей эксплуатации используется цифровой прибор (мультиметр).

Перед началом работы необходимо зарисовать в рабочую тетрадь табл. 5.1, ознакомиться с пассивными радиокомпонентами, расположенными на предложенной измерительной панели, и записать номер

5.1. Определение годности пассивных радиокомпонентов к дальнейшей эксплуатации

	Наименование радиокомпонента на измерительной панели № ...	Маркировка радиокомпонента (на корпусах резисторов и конденсаторов)		Измеренное значение сопротивления сервисным прибором	Заключение о годности радиокомпонента к эксплуатации (если неисправен, то вид неисправности: короткое замыкание или обрыв между выводами и др.)
		R_n, C_n	$R, \%$ $\Delta C, \%$		
.	Резистор постоянный (R1)				
.	Резистор постоянный (R2)				
.	Резистор постоянный (R3)				
.	Резистор постоянный (R4)				
.	Резистор переменный (R5)				
.	Оксидный конденсатор (C1)				
.	Конденсатор (неоксидный) (C2)				
.	Конденсатор (неоксидный) (C3)				
.	Катушка индуктивности (L1)				
0.	Катушка индуктивности (L2)				

этой панели в табл. 5.1. В эту же таблицу занести значения номинальных сопротивлений резисторов и номинальных емкостей конденсаторов (указанных в маркировке этих радиокомпонентов) и значения их допусков.

Подготовить цифровой измерительный прибор к работе:

- включить прибор, для чего перевести переключатель пределов измерения из положения "0" в положение "200K";

- убедиться, что прибор включён, т.е. при разомкнутых концах измерительных проводов (что соответствует $R = \infty$) на цифровом индикаторе должен гореть символ "1";

- замкнуть концы измерительных проводов (т.е. сделать значение $R = 0$) и убедиться, что на цифровом индикаторе высветились все нули, разделённые в одном месте запятой. После этих операций цифровой прибор готов к работе.

Определение годности к эксплуатации постоянных резисторов. Постоянные резисторы $R1 \dots R4$ могут быть:

– исправны (когда значение действительного (истинного) сопротивления резистора находится в заданных допуском пределах);

– неисправны (когда между выводами резистора имеет место короткое замыкание или обрыв или же когда значение действительного сопротивления резистора выходит за допустимые пределы).

Для определения истинного состояния каждого из четырёх резисторов необходимо проделать следующие операции:

1. Расшифровать маркировку резистора и выбрать (при необходимости) с помощью переключателя пределов прибора более "точный" предел измерения ("20К", "2К", "200") или более "грубый" ("2М", "20М").

2. Проверить работоспособность прибора на этом пределе, для чего замкнуть концы измерительных проводов и убедиться, что на цифровом индикаторе значение сопротивления $R = 0$. (На самом точном пределе измерения прибора "200" (что соответствует значению предела измерения сопротивления 200 Ом) из-за погрешности прибора ($\pm 0,1\%$) допускается на цифровом индикаторе значение $R = 00,1$ или $R = 00,2$).

3. Подсоединить измерительный прибор с помощью соединительных проводов к гнездам данного резистора на измерительной панели.

4. Отсчитать истинное значение сопротивления резистора по цифровому индикатору измерительного прибора (с учётом запятой) и занести его в соответствующую колонку табл. 5.1. При этом необходимо учесть следующие особенности отсчёта значений R по цифровой шкале прибора.

Если значение сопротивления резистора $R = 0$ (или на пределе измерения "200" – значения $R = 0,1$ Ом или $R = 0,2$ Ом), то у данного резистора имеет место короткое замыкание между его выводами.

Если же в крайнем левом сегменте цифрового индикатора горит символ "1", то прежде чем принять решение о наличии обрыва между выводами данного резистора (т.е. $R = \infty$), необходимо перевести переключатель пределов в положение "20М" (т.е. максимально возможный предел измерения) и убедиться, что символ "1" продолжает светиться. Если же при этом на индикаторе высветится какое-то другое значение, то это и будет истинное сопротивление данного резистора.

5. Проанализировать результаты измерений, сформулировать заключение о пригодности данного резистора к дальнейшей эксплуатации и записать это заключение в табл. 5.1.

Определение работоспособности неоксидных конденсаторов. Для обычных (неоксидных) конденсаторов $C2$ и $C3$ с помощью цифрового мультиметра можно определить лишь только наличие или отсутствие пробоя диэлектрика.

Для этого необходимо:

1. Перевести переключатель пределов измерения сопротивления в положение "20М" и подсоединить цифровой прибор с помощью соединительных проводов к гнездам конденсатора на измерительной панели.

2. Определить по шкале цифрового индикатора значение сопротивления между выводами данного конденсатора и занести это значение в табл. 5.1.

Если значение сопротивления $R = 0$, то у данного конденсатора имеет место пробой диэлектрика.

Если значение сопротивления $R = \infty$ (т.е. горит символ "1"), то у данного конденсатора пробы диэлектрика нет, а следовательно, его можно считать работоспособным.

3. Сделать заключение о работоспособности данного конденсатора и записать его в табл. 5.1.

Определение исправности переменных резисторов. Для определения исправности переменного резистора $R5$ необходимо выполнить следующие операции:

1. Подсоединить мультиметр с помощью соединительных проводов к гнездам переменного резистора на измерительной панели.

2. Вращая ручку переменного резистора из крайнего левого в крайнее правое положение, визуально убедиться, что в одном случае мультиметр показывает сопротивление $R \approx 0$, а в другом – показывает определенное значение.

3. Измерить минимальное и максимальное значения сопротивления переменного резистора соответственно в крайнем левом и крайнем правом положениях центрального движка и результаты измерений R_{\min} и R_{\max} занести в табл. 5.1.

4. Плавно вращая ручку переменного резистора из крайнего левого в крайнее правое положение, визуально убедиться в наличии или отсутствии резких изменений (скачков) сопротивления у данного резистора.

Если резких скачков значений сопротивления не наблюдается, то это означает, что данный переменный резистор является исправным.

5. Проанализировать проделанные измерения и операции, сделать заключение об исправности переменного резистора и записать результаты измерений и выводы в соответствующие колонки табл. 5.1.

После проведения всех измерений и операций с помощью сервисного измерительного прибора, а также в результате анализа сделанных заключений о годности пассивных радиокомпонентов к дальнейшей эксплуатации (см. табл. 5.1) написать общий вывод о проделанной работе.

6. МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

6.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О МАРКИРОВКЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Маркировка полупроводниковых приборов включает в себя классификацию полупроводниковых приборов по их исходному материалу изготовления, назначению, физическим свойствам, основным параметрам и конструктивным признакам.

Маркировка полупроводниковых приборов по ОСТ 1981 года состоит из пяти элементов.

Первый элемент – буква или цифра, указывающая полупроводниковый материал, из которого изготовлен полупроводниковый прибор: Г или 1 – для германия и его соединений; К или 2 – для кремния и его соединений; А или 3 – для арсенида галлия.

Буквами (Г, К, А) маркируются полупроводниковые приборы, которые можно применять только в бытовой и радиолюбительской аппаратуре, а цифрами (1, 2, 3) – полупроводниковые приборы, предназначенные для использования в аппаратуре специального (медицинского) назначения, которые также могут применяться в любой бытовой и радиолюбительской аппаратуре.

Второй элемент – буква, определяющая подкласс (или группу) полупроводниковых приборов: Т – транзисторы (биполярные); П – полевые транзисторы; Д – диоды выпрямительные, импульсные и универсальные; С – стабилитроны; В – варикапы; И – туннельные диоды; А – СВЧ-диоды; Ц – выпрямительные столбы и блоки; Н – динисторы (диодные тиристоры); У – тринисторы (триодные тиристоры или просто тиристоры).

Третий элемент – цифра, определяющая функциональное назначение полупроводникового прибора. Наиболее важное значение третий элемент имеет для подклассов: Т, П, С, Д, Н, У.

Транзисторы (подклассы Т и П): 1 – транзистор малой мощности низкой частоты (низкочастотный); 2 – транзистор малой мощности средней частоты (среднечастотный); 3 – транзистор малой мощности ВЧ и СВЧ; 4 – транзистор средней мощности низкой частоты; 5 – транзистор средней мощности средней частоты; 6 – транзистор средней мощности ВЧ и СВЧ; 7 – транзистор большой мощности низкой частоты; 8 – транзистор большой мощности средней частоты; 9 – транзистор большой мощности ВЧ и СВЧ.

П р и м е ч а н и е. Транзистор малой мощности: $P < 0,3$ Вт; средней мощности: $0,3 < P < 1,5$ Вт; большой мощности: $P > 1,5$ Вт. Транзистор низкой частоты: $f_{гр} < 3$ МГц; средней частоты: $3 < f_{гр} < 30$ МГц; высокой частоты (ВЧ): $30 < f_{гр} < 300$ МГц; сверхвысокой частоты (СВЧ): $f_{гр} > 300$ МГц.

Выпрямительные диоды и тиристоры (подклассы Д, Н, У): 1 – малой мощности (максимальный прямой ток: $I_{пр} \leq 0,3A$); 2 – большой мощности (максимальный прямой ток: $0,3 < I_{пр} \leq 10 A$).

Стабилитроны (подкласс С): 1 – стабилитрон малой мощности (с напряжением $U_{стаб} < 10 V$); 2 – стабилитрон малой мощности ($10 < U_{стаб} < 100 V$); 3 – стабилитрон малой мощности ($100 < U_{стаб} < 200 V$); 4 – стабилитрон средней мощности ($U_{стаб} < 10 V$); 5 – стабилитрон средней мощности ($10 < U_{стаб} < 100 V$); 6 – стабилитрон средней

мощности ($100 < U_{\text{стаб}} < 200 \text{ В}$); 7 – стабилитрон большой мощности ($U_{\text{стаб}} < 10 \text{ В}$); 8 – стабилитрон большой мощности ($10 < U_{\text{стаб}} < 100 \text{ В}$); 9 – стабилитрон большой мощности ($100 < U_{\text{стаб}} < 200 \text{ В}$).

Четвёртый элемент – две или три цифры (от 01 до 999), обозначающие порядковый номер разработки данного типа полупроводникового прибора.

Примечание. Для транзисторов ВЧ и СВЧ (подклассы Т и П) порядковые номера разработки распределены следующим образом. Для транзисторов ВЧ: 01 ... 49; 101 ... 999, а для транзисторов СВЧ: 50 ... 99.

Для стабилитронов порядковый номер разработки определяет напряжение стабилизации, например, номер разработки 33 для стабилитронов с маркировкой 133 означает: $U_{\text{стаб}} = 3,3 \text{ В}$; для стабилитронов с маркировкой 233 означает: $U_{\text{стаб}} = 33 \text{ В}$; для стабилитронов с маркировкой 333 означает: $U_{\text{стаб}} = 133 \text{ В}$.

Пятый элемент – буква, определяющая конкретные значения параметров (группу по параметрам) данного полупроводникового прибора.

Примечание. В качестве дополнительных элементов маркировки полупроводниковых приборов могут использоваться буквы (которые располагаются между вторым и третьим элементами маркировки) для обозначения различных сборок элементов: С – для сборки полупроводниковых приборов; Р – для сборки с парным подбором; Г – для сборки с подбором в четвёрки; К – для сборки с подбором в шестёрки.

Примеры маркировки:

2Д202Б – кремниевый выпрямительный диод большой мощности, порядковый номер разработки – 2, группа по параметрам – Б, предназначен для использования в аппаратуре специального (медицинского) назначения.

КС468А – кремниевый стабилитрон средней мощности с напряжением стабилизации – 6,8 В, группа по параметрам – А, предназначен для использования только в бытовой аппаратуре.

1Т951В – германиевый сверхвысокочастотный биполярный транзистор большой мощности, порядковый номер разработки – 51, группа по параметрам – В, предназначен для использования в аппаратуре специального (медицинского) назначения.

КТ3102Е – кремниевый высокочастотный биполярный транзистор малой мощности, порядковый номер разработки – 102, группа по параметрам – Е, предназначен для использования только в бытовой аппаратуре.

КТС530А – сборка кремниевых сверхвысокочастотных биполярных транзисторов средней мощности, порядковый номер разработки – 30, группа по параметрам – А, предназначена для использования только в бытовой аппаратуре.

Маркировка полупроводниковых приборов до 1981 года. Полупроводниковые приборы, разработанные до 1981 года, имеют маркировку в соответствии с системой, введённой в 1964 году. Данная система обозначений практически полностью идентична маркировке по ОСТ 1981 года. Отличие заключается лишь в том, что в новой маркировке более детально с некоторыми изменениями раскрыты разновидности полупроводниковых диодов.

Маркировка полупроводниковых приборов, разработанных до 1964 года, состоит из трёх элементов.

Первый элемент – буква, определяющая группу полупроводниковых приборов: Д – диоды полупроводниковые; П – плоскостные транзисторы.

Второй элемент – число (от 1 до 999), определяющее исходный материал для изготовления и функциональное назначение данного типа полупроводникового прибора.

Диоды:

точечные германиевые 1 ... 100
точечные кремниевые 101 ... 200
плоскостные кремниевые 201 ... 300
плоскостные германиевые 301 ... 400
смесительные СВЧ-детекторы 401 ... 500
умножительные 501 ... 600
видеодетекторы 601 ... 700
параметрические германиевые 701 ... 750
параметрические кремниевые 751 ... 800
стабилитроны 801 ... 900
варикапы 901 ... 950
туннельные 951 ... 999

Транзисторы:

маломощные германиевые низкочастотные 1 ... 100
маломощные кремниевые низкочастотные 101 ... 200
мощные германиевые низкочастотные 201 ... 300
мощные кремниевые низкочастотные 301 ... 400
маломощные германиевые высокочастотные 401 ... 500
маломощные кремниевые высокочастотные 501 ... 600
мощные германиевые высокочастотные 601 ... 700
мощные кремниевые высокочастотные 701 ... 800

Третий элемент – буква, определяющая конкретные значения параметров (группу по параметрам) данного полупроводникового прибора.

П р и м е ч а н и е. Буква М перед маркировкой транзистора или диода обозначает, что он предназначен только для массового применения: для бытовой или радиолюбительской аппаратуры. В радиоэлектронной аппаратуре специального (медицинского) назначения данный транзистор использоваться не может, так как его параметры и характеристики не отвечают жёстким требованиям и недостаточно стабильны во времени и при температурном воздействии.

П р и м е р ы маркировки: Д9Е – диод точечный германиевый, группа по параметрам – Е; П16А – транзистор маломощный германиевый низкочастотный, группа по параметрам – А; П701В – транзистор мощный кремниевый высокочастотный, группа по параметрам – В; МП13Б – транзистор маломощный германиевый низкочастотный, группа по параметрам – Б (для массового применения).

6.2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Для приобретения практических навыков расшифровки маркировки полупроводниковых приборов радиоэлектронной аппаратуры на каждое рабочее место выдаётся панель (рис. 6.1), на которой расположены 15 различных видов приборов: 5 полупроводниковых диодов, 2 полевых транзистора и 8 биполярных транзисторов.

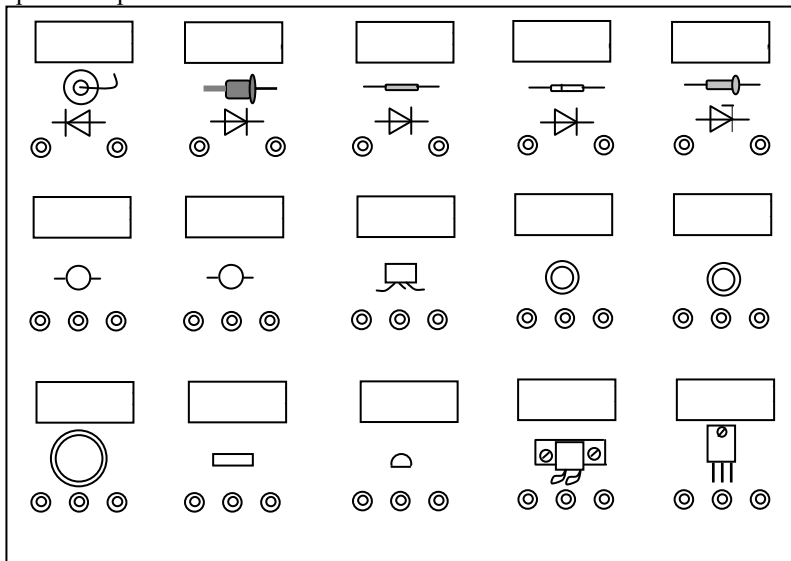


Рис. 6.1. Внешний вид панели с полупроводниковыми приборами

Необходимо расшифровать и записать в рабочий бланк (рис. 6.2 с табл. 6.1 – 6.3), который выдаётся на каждое рабочее место, расшифровку маркировки всех предложенных полупроводниковых приборов.

При этом перед началом работы в рабочий бланк следует записать фамилии студентов, которые выполняют задание на данном рабочем месте, номер учебной группы, дату выполнения и номер панели с полупроводниковыми приборами.

Примечание. При расшифровке маркировки полупроводниковых приборов следует учитывать, что если в начале обозначения стоят буквы: Г, К, А или цифры: 1, 2, 3, то это новая действующая маркировка 1981 года, а если расположены буквы: П или Д (а также сочетание букв МП или МД), то это старая маркировка (действующая до 1964 года).

6.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ К ЭКСПЛУАТАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СЕРВИСНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Подготовка мультиметра к работе

1. Установить необходимый режим работы измерительного прибора: измерение сопротивления "200КΩ".

Прибор готов к работе, однако при измерении сопротивлений следует учитывать очень важный момент. В режиме работы измери

Рис. 6.2. Образец рабочего бланка по расшифровке маркировки и определению годности полупроводниковых приборов

Измерительного прибора: измерение сопротивления "200К" к гнезду "V/Ω/f" на приборе подключён "+" источника напряжения, т.е. для обеспечения прямого включения $p-n$ -перехода у диода (или переходов Э–Б, К–Б у биполярного транзистора) гнездо "V/Ω/f" с помощью соединительных проводов необходимо подключить к p -области диода или транзистора.

Определение годности полупроводниковых диодов

Основной неисправностью полупроводниковых диодов, которая может возникнуть в процессе их эксплуатации, является "пробой" $p-n$ -перехода. Поэтому определение годности полупроводниковых диодов к дальнейшей эксплуатации сводится к определению наличия или отсутствия пробоя $p-n$ -перехода в этом диоде при его прямом и обратном включении (рис. 6.3).

Порядок выполнения измерений

1. Проанализировать условные графические обозначения на корпусах диодов (или на измерительной панели) и определить – какое из двух гнезд на панели для каждого диода соответствует p -области (т.е. аноду), а какое – n -области (т.е. катоду).

2. Подсоединить измерительный прибор с помощью соединительных проводов к гнездам первого диода, обеспечив ему прямое включение (рис. 6.3, а).

3. Зафиксировать значение сопротивления $p-n$ -перехода диода при прямом смещении ($R_{пр}$) и занести его в рабочий бланк.

4. Обеспечить обратное включение диода (рис. 6.3, б), зафиксировать значение сопротивления $p-n$ -перехода диода при обратном включении ($R_{обр}$) и занести его также в табл. 6.1.

5. Проанализировать значения $R_{пр}$ и $R_{обр}$ и сделать заключение о годности данного диода к эксплуатации: исправен, если $R_{пр} = 50 \dots 500 \text{ Ом}$ и $R_{обр} > 100 \text{ кОм}$; неисправен, если $R_{пр} = R_{обр} = 0$ (это означает пробой $p-n$ -перехода).

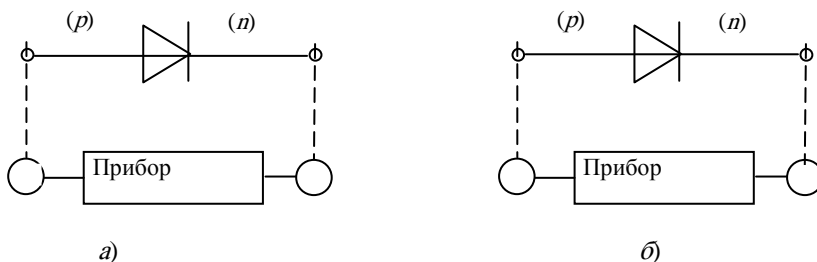


Рис. 6.3. Варианты включения полупроводникового диода:

а – прямое включение; б – обратное включение

6. Если диод исправен, то необходимо рассчитать значение прямого тока, протекающего через диод, $I_{пр}$ и занести его в таблицу.

При этом в расчётную формулу $I_{пр} = U_{пр} / R_{пр}$ подставить $U_{пр} = 0,5$ В (так как в приборе при измерении сопротивления на пределе "200К" используется источник напряжения $U = 0,5$ В).

7. Если диод неисправен, то в таблицу занести вид неисправности данного диода (т.е. пробой p - n -перехода).

8. Провести аналогичные измерения для остальных диодов и полученные результаты также занести в табл. 6.1.

Определение годности полевых транзисторов

Основной неисправностью полевых транзисторов с p - n -затвором является пробой управляющего перехода З-И (устройство такого транзистора с различными каналами представлено на рис. 6.4). В этом случае сопротивление проводящего канала С-И ($R_{кан}$) не равно нулю, а имеет какое-то конкретное конечное значение (причём это значение, как правило, одинаковое при любой полярности напряжения на С относительно И). Но это значение не изменяется при изменении напряжения на затворе $U_{зи}$, а следовательно, не изменяется и ток стока I_c , т.е. полевой транзистор перестаёт быть управляемым.

Порядок выполнения измерений

1. Определить типы каналов у полевых транзисторов, расположенных на измерительной панели, и продумать, какую полярность напряжения необходимо подать на затвор относительно истока, чтобы переход З-И был смещён в прямом направлении (рис. 6.4).

2. Подключить измерительный прибор с помощью соединительных проводов к гнездам З и И первого полевого транзистора, обеспечив прямое смещение его перехода З-И (рис. 6.4).

Зафиксировать значение сопротивления перехода З-И при его прямом смещении ($R_{пр}$) и занести его в табл. 6.2.

3. Обеспечить обратное смещение перехода З-И (рис. 6.4), зафиксировать значение сопротивления $R_{обр}$ и занести его также в табл. 6.2.

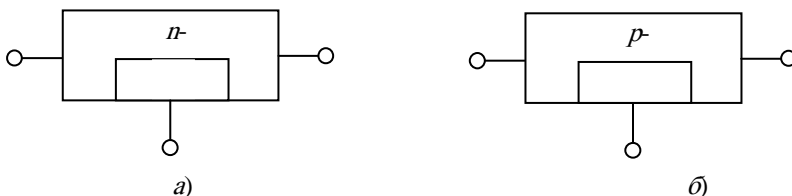


Рис. 6.4. Устройство полевых транзисторов с p - n -затвором:

а – канал n -типа; *б* – канал p -типа

4. Измерить сопротивление канала С-И, подключив измерительный прибор к гнездам С и И таким образом, чтобы обеспечить требуемое напряжение на стоке (для n -канала – плюс, для p -канала – минус).

Отсчитать значение сопротивления канала $R_{си}$ и занести его в таблицу.

5. Поменять концы соединительных проводов, измерить сопротивление канала $R_{ис}$ при подаче обратного напряжения на сток и занести его в таблицу.

6. Сделать заключение о годности данного полевого транзистора к эксплуатации: исправен, если $R_{пр} \neq 0$; $R_{обр} \neq 0$ и $R_{си} \approx R_{ис} = 50 \dots 3000 \text{ Ом}$; неисправен, если $R_{пр} = R_{обр} = 0$ (т.е. пробой перехода З–И).

Записать это заключение (а если транзистор неисправен, то и вид неисправности) в табл. 6.2.

7. Провести аналогичные измерения для второго полевого транзистора и полученные результаты также занести в табл. 6.2.

Определение годности биполярных транзисторов

Биполярные транзисторы при определении их работоспособности можно условно рассматривать как два встречноключённых p – n -перехода (рис. 6.5). Поэтому биполярные транзисторы, в отличие от полупроводникового диода, могут иметь не один вид неисправности, а целых три: пробой перехода Э–Б, пробой перехода К–Б и пробой участка К–Э (рис. 6.5).

Порядок выполнения измерений

1. Определить структуру первого биполярного транзистора на измерительной панели и продумать: какую полярность напряжения необходимо подать на Э и К относительно Б, чтобы переходы Э–Б и К–Б были смещены в прямом направлении (рис. 6.5).

2. Подсоединить сначала один из соединительных проводов измерительного прибора к Б (рис. 6.5), а затем поочередно подключать

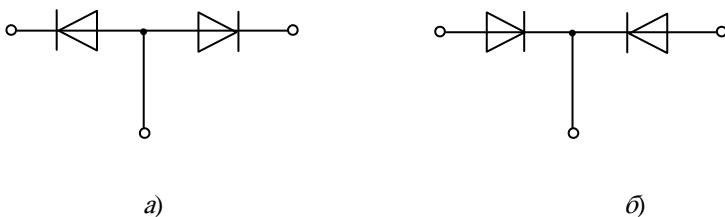


Рис. 6.5. Упрощённые модели БТ для различных структур:

а – структура n – p – n ; *б* – структура p – n – p

второй провод к Э и К и измерять сопротивления прямосмещённых переходов: $R_{пр}$ перехода Э–Б и $R_{пр}$ перехода К–Б. Измеренные значения сопротивлений занести в соответствующие колонки табл. 6.3.

3. Поменять полярность напряжения на Б (для обеспечения обратного смещения переходов Э–Б и К–Б) и измерить сопротивление обратносмещённых переходов: $R_{обр}$ перехода Э–Б и $R_{обр}$ перехода К–Б. Результат измерений также занести в соответствующие колонки табл. 6.3.

4. Для определения наличия или отсутствия пробоя участка К–Э необходимо подключить измерительный прибор к гнездам К и Э таким образом, чтобы на коллектор было подано требуемое напряжение (т.е. для *n-p-p*-структуры – плюс, а для *p-p-p*-структуры – минус).

Измерить сопротивление участка К–Э ($R_{КЭ}$) и занести его в соответствующую колонку табл. 6.3.

5. Поменять концы соединительных проводов, измерить сопротивление участка Э–К ($R_{ЭК}$) и занести его также в таблицу.

6. Сделать заключение о годности данного биполярного транзистора к дальнейшей эксплуатации: исправен, если $R_{np} = 10 \dots 500 \text{ Ом}$ и $R_{обр} > 100 \text{ кОм}$ (для переходов Э–Б и К–Б), а $R_{КЭ} \approx R_{ЭК} \gg 0$ (для участка К–Э); неисправен, если $R_{np} = R_{обр} = 0$ (т.е. пробой переходов Э–Б или К–Б) или $R_{КЭ} = R_{ЭК} = 0$ (пробой участка К–Э).

Записать это заключение (а если транзистор неисправен, то и вид неисправности) в табл. 6.3.

7. Провести аналогичные измерения для других биполярных транзисторов, расположенных на измерительной панели, и записать результаты этих измерений также в табл. 6.3.

После проведения всех измерений следует проанализировать заполненные табл. 6.1 – 6.3 и определить наиболее характерные неисправности полупроводниковых приборов. Результаты анализа отразить в выводах по работе.

7. МАРКИРОВКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

7.1. МАРКИРОВКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МИКРОСХЕМ

Действующая маркировка интегральных микросхем (ИМС) введена в 1973 году. Однако в настоящее время ещё достаточно часто можно встретить ИМС с маркировкой до 1973 года.

Маркировка ИМС по ГОСТ–73 включает в себя четыре элемента.

Первый элемент – цифра, определяющая конструктивно-технологическое исполнение ИМС: 1, 5 – полупроводниковые ИМС; 2, 4, 6, 8 – гибридные ИМС; 3 – ИМС на основе пленочной технологии; 7 – бескорпусные полупроводниковые ИМС.

Второй элемент – две или три цифры (от 00 до 999), обозначающие порядковый номер разработки данной ИМС.

Три или четыре цифры первого и второго элементов образуют номер серии. Серия интегральных микросхем – это совокупность типов ИМС, выполняющих различные функции, имеющих единое конструктивно-технологическое исполнение и предназначенных для совместного применения. Интегральные схемы одной серии согласованы по напряжению питания, входным и выходным сопротивлениям, уровням сигналов и условиям эксплуатации.

Третий элемент – две буквы, определяющие функциональное назначение ИМС. Первая буква соответствует подгруппе интегральных схем, а вторая буква – виду интегральной схемы в данной подгруппе. Классификация интегральных схем по функциональному признаку приведена в табл. 7.1.

Четвертый элемент – цифра, обозначающая порядковый номер разработки интегральной микросхемы в данной серии.

Примечания:

1. Интегральные микросхемы, предназначенные для широкого применения, имеют в начале маркировки букву "К" (применение таких микросхем в аппаратуре специального назначения запрещено, так как они не обеспечивают стабильность параметров и характеристик специальных РЭС).

2. В радиоэлектронных средствах помимо ИМС с маркировкой без буквы "К" применяются ИМС со специальной маркировкой предприятия-изготовителя.

3. Интегральные микросхемы бескорпусного исполнения и без присоединённых к кристаллу выводов перед обозначением серии имеют дополнительную букву "Б".

4. Интегральные микросхемы в бескорпусном исполнении, но с присоединёнными выводами имеют в конце условного обозначения (через дефис) цифру, характеризующую модификацию конструктивного исполнения.

5. В некоторых сериях ИМС в конце условного обозначения ставится буква, определяющая материал корпуса данного типонамала: буква "П" (Р) соответствует пластмассовому корпусу, а буква "М" – металлокерамическому корпусу. Если вся данная серия ИМС выполняется в одинаковых корпусах, то буква "П" (Р) или "М" ставится перед обозначением серии.

Примеры маркировки: КМ155ЛА3 – полупроводниковая ИМС широкого применения в металлокерамическом корпусе, серия 155, логический элемент И–НЕ, порядковый номер разработки ИМС в данной серии – 3; 1533ИД2 – полупроводниковая ИМС специального назначения, серия 1533, дешифратор, порядковый номер разработки ИМС в данной серии – 2; КР228УВ1 – гибридная ИМС широкого применения в пластмассовом корпусе, серия 228, усилитель высокой частоты, порядковый номер разработки ИМС в данной серии – 1.

7.1. Обозначение функционального назначения ИМС

Функциональное назначение микросхемы (подгруппа и вид ИМС)	Обозначение
<i>Формирователи</i>	
адресных токов (напряжений или токов)	АА
импульсов прямоугольной формы	АГ
разрядных токов (напряжения или токов)	АР
импульсов специальной формы	АФ
прочие	АП
<i>Схемы вычислительных средств</i>	
схемы сопряжения с магистралью	ВА
схемы синхронизации	ВБ
схемы управления вводом – выводом	ВВ
контроллеры	ВГ
микроЭВМ	ВЕ
специализированные схемы	ВЖ
времязадающие схемы	ВИ
комбинированные схемы	ВК
микропроцессоры	ВМ

функциональные расширители	ВР
микропроцессорные секции	ВС
схемы управления памятью	ВТ
схемы микропрограммного управления	ВУ
функциональные преобразователи информации	ВФ
микрокалькуляторы	ВХ
прочие	ВП
<i>Генераторы</i>	
прямоугольных импульсов	ГГ
линейно изменяющихся сигналов	ГЛ
шума	ГМ
гармонических сигналов специальной формы	ГС
сигналы специальной формы	ГФ
прочие	ГП
<i>Детекторы</i>	
амплитудные	ДА
импульсные	ДИ
частотные	ДС
фазовые	ДФ
прочие	ДП
<i>Схемы вторичных источников питания</i>	
выпрямители	ЕВ
стабилизаторы напряжения импульсные	ЕК
преобразователи	ЕМ
стабилизаторы напряжения непрерывные	ЕН
схемы источников вторичного питания	ЕС
стабилизаторы тока	ЕТ
прочие	ЕП
<i>Схемы арифметических и дискретных устройств</i>	
арифметико-логические устройства	ИА
шифраторы	ИВ
дешифраторы	ИД
счётчики	ИЕ
комбинированные	ИК
полусумматоры	ИЛ
сумматоры	ИМ
регистры	ИР
прочие	ИП
<i>Коммутаторы и ключи</i>	
напряжения	КН
тока	КТ
прочие	КП
<i>Логические элементы</i>	
элемент И–НЕ	ЛА
элемент И–НЕ/ИЛИ–НЕ	ЛБ

расширители				ЛД
элемент ИЛИ–НЕ				ЛЕ
элемент И				ЛИ
элемент И–ИЛИ–НЕ/И–ИЛИ				ЛК
элемент ИЛИ				ЛЛ
элемент ИЛИ–НЕ/ИЛИ				ЛМ
элемент НЕ				ЛН
элемент И–ИЛИ–НЕ				ЛР
элемент И–ИЛИ				ЛС
прочие				ЛП
Функциональное (подгруппа и вид ИМС)	назначение	микросхемы		Обозна чение
<i>Модуляторы</i>				
амплитудные				МС
импульсные				МИ
частотные				МС
фазовые				МФ
прочие				МП
<i>Наборы элементов</i>				
диоды				НД
конденсаторы				НЕ
комбинированные				НК
резисторы				НР
транзисторы				НТ
функциональные				НФ
прочие				НП
<i>Преобразователи</i>				
цифроаналоговые				ПА
аналого-цифровые				ПВ
длительности				ПД
умножители частоты аналоговые				ПЕ
делители частоты аналоговые				ПК
мощности				ПМ
напряжения				ПН
код–код				ПР
частоты				ПС
уровня				ПУ
делители частоты цифровые				ПЦ
прочие				ПП
<i>Схемы запоминающих устройств</i>				
ассоциативные ЗУ				РА
постоянные (ПЗУ)				РВ
ПЗУ (масочные) со схемами управления				РЕ
ОЗУ				РМ

ПЗУ со схемами управления	РР
ОЗУ со схемами управления	РУ
ПЗУ со схемами управления и программированием	РТ
ПЗУ с электронной записью информации	РФ
ЗУ на ЦМД	РЦ
прочие	РП
Функциональное назначение микросхемы (подгруппа и вид ИМС)	Обозначение
<i>Триггеры</i>	
типа JK (универсальные)	ТВ
динамические	ТД
комбинированные (типов DT, RST и т.п.)	ТК
Шмидта	ТЛ
типа D (с задержкой)	ТМ
типа RS (с отдельным запуском)	ТР
типа T (счётные)	ТТ
прочие	ТП
<i>Усилители</i>	
высокой частоты	УВ
операционные	УД
повторители	УЕ
импульсных сигналов	УИ
широкополосные	УК
индикации	УМ
низкой частоты	УН
промежуточной частоты	УР
дифференциальные	УС
постоянного тока	УТ

Маркировка ИМС до 1973 года. Интегральные микросхемы, разработанные до 1973 года, имеют маркировку, состоящую из четырёх элементов, которые в основном аналогичны соответствующим элементам действующей маркировки.

Первый элемент – цифра, определяющая конструктивно-технологическое исполнение ИМС: 1, 5 – полупроводниковые ИМС; 2, 4, 6, 8 – гибридные ИМС; 3 – ИМС на основе пленочной технологии; 7 – бескорпусные полупроводниковые ИМС.

Второй элемент – две буквы, определяющие функциональное назначение ИМС (табл. 7.1). Первая буква соответствует подгруппе интегральных схем, а вторая буква – виду интегральной схемы в данной подгруппе.

Третий элемент – две цифры (от 01 до 99), обозначающие порядковый номер разработки данной ИМС.

Цифры первого и третьего элементов (всего три цифры) образуют серию интегральной микросхемы.

Четвёртый элемент – цифра, обозначающая порядковый номер разработки ИМС в данной серии.

Примеры маркировки:

ИИЕ331 – полупроводниковая ИМС, серия 133, счётчик, порядковый номер разработки ИМС в данной серии – 1.

2УН282 – гибридная интегральная схема, серия 228, усилитель низкой частоты, порядковый номер разработки ИМС в данной серии – 2.

Примечание. В данной маркировке буква "К" не предусмотрена, поэтому назначение конкретной серии ИМС (широкого применения или специального назначения) определялось по справочным параметрам и характеристикам.

7.2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ И ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Для приобретения практических навыков расшифровки маркировки и изучения конструкций гибридных интегральных схем на каждое рабочее место выдаётся панель (рис. 7.1), на которой расположены две реальные одинаковые ИМС, у одной из которых препарирована часть корпуса для возможности просмотра с помощью микроскопа внутреннего строения данной микросхемы.

Необходимо расшифровать и записать в рабочую тетрадь расшифровку маркировки предложенной гибридной интегральной схемы.

Кроме того, необходимо зарисовать в рабочей тетради в натуральную величину внешний вид данной ИМС и её внутреннее строение (которое просматривается с помощью микроскопа) на фрагменте размером 10×10 см, при этом все элементы микросхемы (транзисторы, резисторы и др.), которые удастся визуальнo распознать, следует подписать на полученном рисунке.

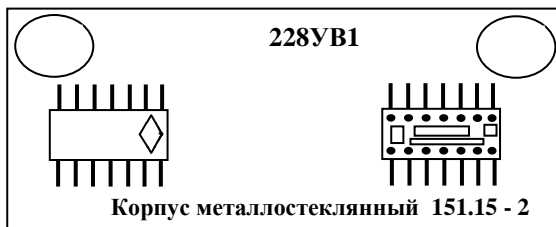


Рис. 7.1. Панель с гибридными интегральными схемами

7.3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ И ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИМС

Для приобретения практических навыков расшифровки маркировки и изучения конструкций полупроводниковых ИМС на каждое рабочее место выдаётся панель (рис. 7.2), на которой расположены две реальные одинаковые ИМС, у одной из которых (также как у гибридной интегральной схемы) препарирована часть корпуса для возможности просмотра с помощью микроскопа внутреннего строения данной микросхемы.



Рис. 7.2. Панель с полупроводниковыми ИМС

Необходимо записать в рабочую тетрадь расшифровку маркировки предложенной полупроводниковой ИМС и зарисовать внешний вид данной микросхемы и часть её внутреннего строения также на фрагменте размером 10×10 см.

Провести сравнительный визуальный анализ двух фрагментов (гибридной и полупроводниковой ИМС) и сделать для себя выводы о внутренних структурах этих двух типов микросхем.

Расшифровать маркировку следующих микросхем: 1) КМ555ЛА4; 2) 133ЛЕ1; 3) К531ТМ8; 4) КР134ИЕ2; 5) 530КП4.

8. ПРИНЦИПЫ ОБОЗНАЧЕНИЙ И МАРКИРОВКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

8.1. МАРКИРОВКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

В системе обозначения трансформаторов различного назначения имеется только один общий элемент – это буква Т (трансформатор).

Маркировка трансформаторов питания радиоэлектронных средств включает в себя следующие элементы.

Первый элемент – буква Т (трансформатор).

Второй элемент – буква или сочетание букв, указывающих назначение трансформатора: А – анодный; Н – накальный; АН – анодно-накальный; ПП – для питания устройств на полупроводниковых приборах; С – силовой (для питания бытовой аппаратуры на электронных лампах или полупроводниковых приборах).

Третий элемент – порядковый номер разработки (регистрации) трансформатора.

Четвёртый элемент – число, определяющее номинальное рабочее напряжение питания трансформатора (возможно обозначение через дробь двух рабочих напряжений).

Пятый элемент – число, указывающее рабочую частоту.

Шестой элемент – буква или сочетание букв, указывающих вид исполнения данного трансформатора: В – всеклиматическое исполнение; ТС – тропическое исполнение (для районов с сухим воздухом); ТВ – тропическое исполнение (для районов с влажным воздухом); УХЛ – для районов с умеренным и холодным климатом.

Пример: ТА5-127/220-50-В – анодный трансформатор, порядковый номер разработки 5, рабочие напряжения: 127 В и 220 В с частотой 50 Гц, всеклиматического исполнения.

Маркировка согласующих трансформаторов состоит из следующих элементов.

Первый элемент – буква Т (трансформатор).

Второй элемент – буква или сочетание букв, указывающих назначение данного согласующего трансформатора: ВТ – входной для транзисторных устройств; ОТ – оконечный (выходной) для транзисторных устройств; М и число (или только число) – межкаскадный трансформатор.

Примечание. Буква М вводится для обозначения миниатюрных межкаскадных трансформаторов мощностью до 10 мВт. Число после буквы М у таких трансформаторов указывает его мощность в милливаттах (мВт). Для трансформаторов мощностью более 10 мВт буква М не обозначается, а число после буквы Т у таких трансформаторов указывает его мощность в ваттах (Вт).

Третий элемент – порядковый номер разработки (регистрации) трансформатора.

Примеры: ТВТ-1 – входной согласующий трансформатор для транзисторных устройств, порядковый номер разработки 1.

ТОТ-2 – выходной (оконечный) согласующий трансформатор для транзисторных устройств, порядковый номер разработки 2.

ТМ10-15 – миниатюрный межкаскадный согласующий трансформатор мощностью 10 мВт, порядковый номер разработки 15.

Т0,05-10 – межкаскадный согласующий трансформатор мощностью 0,05 Вт (или 50 мВт), порядковый номер разработки 10.

Маркировка импульсных трансформаторов. В маркировке импульсных малогабаритных трансформаторов отражены лишь различия в рабочем диапазоне длительностей импульсов, которые содержатся во втором элементе.

Первый элемент – буква Т (трансформатор).

Второй элемент – буквы И или ИМ, определяющие рабочий диапазон длительностей импульсов данного импульсного трансформатора: И – импульсный трансформатор с рабочим диапазоном длительностей импульсов от 0,5 до 100 мкс; ИМ – импульсный трансформатор с рабочим диапазоном длительностей импульсов от 0,02 до 100 мкс.

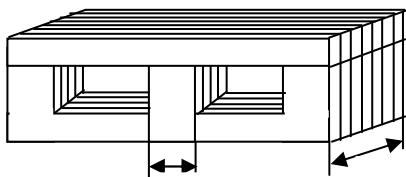
Третий элемент – порядковый номер разработки (регистрации) трансформатора.

Примеры: ТИ-6 – импульсный трансформатор с рабочим диапазоном длительностей импульсов от 0,5 до 100 мкс, порядковый номер разработки 6.

ТИМ-5 – импульсный трансформатор с рабочим диапазоном длительностей импульсов от 0,02 до 100 мкс, порядковый номер разработки 5.

8.2. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

Требуется рассчитать маломощный трансформатор питания с броневым сердечником и Ш-образными пластинами (рис. 8.1). Рассмотрим для конкретности методику расчёта анодно-накального трансформатора, имеющего первичную обмотку, подключаемую к промышленной сети переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц, и две вторичные обмотки: анодную и накальную (рис. 8.2).



$$S = a \times b -$$

Рис. 8.1. Внешний вид Ш-образных пластин для броневых сердечников трансформаторов питания:

a – ширина центрального лепестка пластины, см; b – толщина набора пластин, см

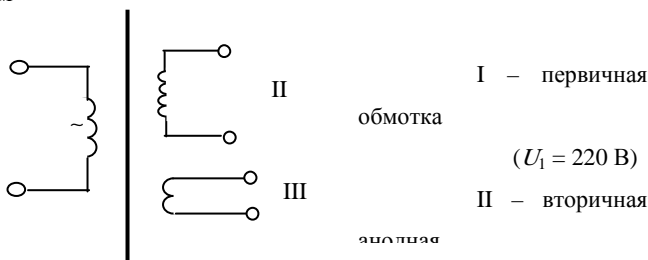


Рис. 8.2. Условное графическое обозначение трёхобмоточного анодно-накального трансформатора

Методика расчёта анодно-накального трансформатора заключается в следующем.

1. В соответствии с вариантами индивидуальных заданий (табл. 8.1) определить напряжения и токи вторичных обмоток трансформатора.

2. Рассчитать мощность трансформатора и выбрать площадь сечения сердечника $S = a \times b$. Результаты расчёта занести в табл. 8.4.

3. Рассчитать параметры обмоток трансформатора (с учётом выбранного сердечника) и результаты расчётов занести в табл. 8.5.

8.1. Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Напряжение анодной обмотки U_2 , В	Максимальный ток в анодной обмотке $I_{2 \max}$, А	Напряжение накальной обмотки U_3 , В	Максимальный ток в накальной обмотке $I_{3 \max}$, А
1	300	0,12	6,3	2,5
2	150	0,15	6,3	1,2
3	200	0,24	6,3	2,8
4	250	0,11	6,3	2,2
5	100	0,25	6,3	2,0
6	350	0,14	6,3	1,8
7	280	0,10	6,3	1,5
8	210	0,28	6,3	1,1
9	320	0,16	6,3	1
10	180	0,32	6,3	2,4

Порядок расчёта основных параметров трансформатора питания

1. В соответствии с вариантами индивидуальных заданий (табл. 8.1) выбрать значения напряжений и максимальных токов вторичных обмоток (анодной и накальной) и рассчитать суммарную потребляемую мощность всех вторичных обмоток (в данном случае двух) при максимальных токах нагрузки ($I = I_{\max}$):

$$P_{\Sigma} = P_2 + P_3 = U_2 I_2 + U_3 I_3, \text{ Вт}, \quad (8.1)$$

где U_2 и U_3 – напряжения анодной и накальной обмоток, В; I_2 и I_3 – максимальные токи в анодной и накальной обмотках, А.

2. Рассчитать мощность анодно-накального трансформатора с учётом его коэффициента полезного действия (к. п. д.) по формуле

$$P_{\text{тр}} = \frac{P_{\Sigma}}{K_{\text{тр}}}, \text{ Вт}, \quad (8.2)$$

где $K_{\text{тр}}$ – к. п. д. трансформатора, который выбирается из табл. 8.2 по значению суммарной потребляемой мощности P_{Σ} .

3. Рассчитать требуемую площадь сечения броневое сердечника по следующей формуле

$$S_{\text{тр}} = 1,5 \sqrt{P_{\text{тр}}}, \text{ см}^2, \quad (8.3)$$

где $P_{\text{тр}}$ – мощность трансформатора, Вт.

4. Выбрать из табл. 8.3 стандартное значение типа броневое сердечника с Ш-образными пластинами таким образом, чтобы площадь его сечения (т.е. произведение ширины центрального лепестка на толщину набора пластин $S = a \times b$) была не менее рассчитанного требуемого значения площади сердечника (т.е. $S \geq S_{\text{тр}}$).

Если выбранное значение $S > 1,1 S_{\text{тр}}$, то необходимо пересчитать в соответствии с выражением (8.3) значение $P_{\text{тр}}$. После такого пересчёта трансформатор будет иметь некоторый запас по мощности, а следовательно, в процессе эксплуатации при максимальных токах нагрузки он будет меньше нагреваться.

8.2. Основные характеристики трансформаторов питания

	P_{Σ} , Вт	$K_{\text{тр}}$	B , Тс	j , А/мм ²
10	Менее	0,60 ...	(6 ... 7) $\cdot 10^3$	3,5 ...
до 30	От 10	0,70 ...	(7 ... 8) $\cdot 10^3$	3,5 ...
до 50	От 30	0,80 ...	(8 ... 9) $\cdot 10^3$	3,0 ...
... 100	От 50	0,85 ...	(9 ... 10) $\cdot 10^3$	2,5 ...
100	Свыше	0,90 ...	(10 ... 12) $\cdot 10^3$	2,5 ...

8.3. Основные стандартные значения типов броневых сердечников

Тип броневое сердечника	a , см	b , см	Тип броневое сердечника	a , см	b , см
Ш 10 × 10	1,0	1,0	Ш 24 × 24	2,4	2,4
Ш 10 × 15	1,0	1,5	Ш 24 × 36	2,4	3,6
Ш 10 × 20	1,0	2,0	Ш 24 × 48	2,4	4,8
Ш 16 × 16	1,6	1,6	Ш 26 × 26	2,6	2,6
Ш 16 × 24	1,6	2,4	Ш 26 × 39	2,6	3,9
Ш 16 × 32	1,6	3,2	Ш 26 × 52	2,6	5,2
Ш 20 × 20	2,0	2,0	Ш 28 × 28	2,8	2,8
Ш 20 × 30	2,0	3,0	Ш 28 × 42	2,8	4,2
Ш 20 × 40	2,0	4,0	Ш 28 × 56	2,8	5,6
Ш 22 × 22	2,2	2,2	Ш 30 × 30	3,0	3,0
Ш 22 × 33	2,2	3,3	Ш 30 × 45	3,0	4,5
Ш 22 × 44	2,2	4,4	Ш 30 × 60	3,0	6,0

Результаты расчёта или пересчёта (если он имел место) мощности трансформатора, а также тип и параметры выбранного броневое сердечника с Ш-образными пластинами занести в табл. 8.4.

5. Используя рассчитанное значение мощности трансформатора $P_{тр}$ (а если был произведён её пересчёт, то пересчитанное значение мощности), определить максимальный ток в первичной обмотке по формуле

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1}, \text{ А}, \quad (8.4)$$

где U_1 – напряжение первичной обмотки ($U_1 = 220$ В); P_1 – мощность трансформатора ($P_1 = P_{тр}$), Вт.

8.4. Мощность трансформатора и параметры броневое сердечника

Мощность трансформатора $P_{тр}$, Вт	Тип броневое сердечник a	Ширина на среднего лепестка пластины a , см	Толщина на набора Ш- образных пластин b , см	Сечение броневое сердечника S $= a \times b$, см ²

6. Рассчитать количество витков в первичной и вторичных обмотках по эмпирической формуле

$$N = \frac{2,5 \cdot 10^7 \cdot U}{f B S}, \quad (8.5)$$

где f – частота питающей промышленной сети ($f = 50$ Гц); B – значение магнитной индукции, Тс (выбирается по рассчитанной потребляемой мощности трансформатора из табл. 8.2); S – площадь сечения стандартного сердечника, см² (выбранного из табл. 8.3); U – напряжение первичной и вторичных обмоток, В (соответственно U_1 , U_2 и U_3).

В случае, когда значение индукции неизвестно, при промышленной частоте $f = 50$ Гц используется универсальная упрощённая формула

$$N = 55 \frac{U}{S}. \quad (8.6)$$

Результаты расчёта количества витков в обмотках по эмпирической и универсальной упрощённой формулам занести в соответствующие колонки табл. 8.5.

7. Диаметры проводов первичной и вторичных обмоток определяются по эмпирической формуле из условия

$$d \geq 1,13 \sqrt{\frac{I}{j}}, \text{ мм}, \quad (8.7)$$

где I – максимальный ток в обмотке, А (соответственно I_1 , I_2 и I_3); j – плотность тока, А/мм² (выбирается по рассчитанной потребляемой мощности трансформатора из табл. 8.2)

В случае, когда значение плотности тока неизвестно, используется универсальная приближённая формула

$$d > 0,7 \sqrt{I}, \text{ мм}. \quad (8.8)$$

8.5. Параметры обмоток анодно-накального трансформатора

номер обмотки	Н апряжен ие обмотки U , В	Н ок в обмотк е I , А	Количество витков N		Диаметр провода d , мм	
			Э	У	Э	У
			мпирическ ая формула	ниверсал ьная формула	мпиричес кая формула	ниверсаль ная формула
I						
I						
I						
II						

8.6. Основные стандартные значения диаметров проводов

Стандартное значение диаметра провода d , мм	,10	,12	,15	,20	,22	,25	,28	,30
	,32	,36	,40	,45	,50	,63	,71	,75
	,80	,90	,100	,110	,120	,150	,175	,200

Значения диаметров проводов всех трёх обмоток, рассчитанные по эмпирической и универсальной упрощённой формулам, окончательно выбираются из табл. 8.6, в которую сведены основные стандартные значения диаметров проводов, изготавливаемых отечественной промышленностью.

Выбранные из условий (8.7) и (8.8) стандартные значения диаметров проводов занести в соответствующие колонки табл. 8.5.

Рассмотренная методика расчёта параметров анодно-накального трансформатора может применяться для расчёта любого трансформатора питания радиоэлектронной аппаратуры.

8.3. РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ И РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ РЕАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПИТАНИЯ

Расшифровка маркировки реальных трансформаторов. Расшифровать и записать в рабочую тетрадь маркировку предложенных реальных трансформаторов питания аппаратуры различного назначения типа: ТА, ТАН, ТН, ТПП и ТС. При этом следует обратить внимание, что трансформаторы питания, используемые для аппаратуры питания с частотой 400 Гц, имеют значительно меньшие габариты, чем трансформаторы для аппаратуры с промышленной частотой 50 Гц. Это объясняется тем, что количество витков в их обмотках (которое зависит от соотношения U/f) во много раз меньше (см. формулу 8.5).

Расчёт параметров реальных трансформаторов питания. На практике часто бывает, что в наличии имеется тот или иной магнитный сердечник, на основе которого требуется рассчитать необходимый трансформатор питания, или же есть реальный трансформатор, который необходимо перемотать для других целей. В этом случае задание на расчёт можно сформулировать следующим образом.

Требуется рассчитать трансформатор для питания радиоэлектронной аппаратуры на полупроводниковых приборах (ППП) или интегральных микросхемах (ИМС) в соответствии с вариантом индивидуального задания (табл. 8.7), взяв за основу реальный трансформатор броневого типа с Ш-образными пластинами и используя методику расчёта параметров анодно-накального трансформатора.

Для питания различной аппаратуры на ППП или ИМС применяются трансформаторы типа ТПП. Стабилизаторы напряжения для питания

8.7. Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Напряжение первичной обмотки U_1 , В	Элементная база	Напряжение (постоянное) питания U_n , В	Напряжение вторичной обмотки U_2 , В
1	220	ППП	12	14
2	220	ИМС	5	10
3	220	ППП	18	19
4	220	ИМС	9	13
5	220	ППП	15	17
6	220	ИМС	12	15
7	220	ППП	5	9
8	220	ИМС	15	18
9	220	ППП	9	12
0	1 220	ИМС	18	20

устройств на ИМС имеют значительно меньший уровень пульсаций выходного напряжения, чем стабилизаторы напряжения для питания устройств на ППП. Поэтому вторичная обмотка ТПП, используемого в схеме стабилизатора напряжения для устройств на ИМС (при равных выходных напряжениях стабилизаторов), имеет рабочее напряжение, как правило, немного больше (примерно на 1 В).

Наиболее применяемые значения напряжений (постоянных) питания радиоэлектронной аппаратуры на ППП или ИМС и примерные значения напряжений (переменных) вторичных обмоток ТПП приведены в табл. 8.7.

Порядок расчёта параметров ТПП. Перед расчётом параметров ТПП необходимо зарисовать в рабочую тетрадь две таблицы: табл. 8.8 и табл. 8.9.

1. Расчёт трансформатора необходимо начать с определения (с помощью линейки) параметров броневое сердечника предложенного реального трансформатора: ширины центрального лепестка Ш-образной пластины и толщины набора пластин. По измеренным значениям

8.8. Мощность ТПП и параметры броневое сердечника

Ширина среднего лепестка пластины a , см	Толщина набора Ш-образных пластин b , см	Тип броневое сердечника	Сечение броневое сердечника $S = a \times b$, см ²	Мощность трансформатора $P_{тр}$, Вт

8.9. Параметры обмоток ТПП

Номер обмотки	Напряжение обмотки и U , В	Ток в обмотке I , А	Количество витков N		Диаметр провода d , мм	
			Эмпирическая формула	Универсальная формула	Эмпирическая формула	Универсальная формула
I						
I						
I						

Определить тип броневого сердечника и рассчитать площадь его сечения. Результаты измерений и расчёта занести в табл. 8.8.

2. Рассчитать мощность трансформатора, используя формулу (8.3), в которой значение площади сечения сердечника взять из табл. 8.8 (т.е. рассчитанное значение площади сечения предложенного реального трансформатора). Результаты расчёта мощности трансформатора занести в табл. 8.8.

3. В соответствии с предложенным вариантом индивидуального задания (см. табл. 8.7) записать в табл. 8.9 напряжения первичной и вторичной обмоток.

4. Рассчитать ток в первичной обмотке по формуле (8.4) и результаты расчёта занести в табл. 8.9.

5. Рассчитать ток во вторичной обмотке также по формуле (8.4), однако вместо значения мощности трансформатора $P_{тр}$ необходимо подставить значение потребляемой мощности P_{Σ} , которую следует рассчитать на основании формулы (8.2). Значение к. п. д. трансформатора при этом взять из табл. 8.2 с учётом рассчитанной мощности трансформатора. Рассчитанное значение тока во вторичной обмотке занести в табл. 8.9.

6. Для расчёта количества витков первичной и вторичной обмоток следует использовать обе расчётные формулы: эмпирическую (8.5) и универсальную приближённую (8.6). Результаты расчётов количества витков в обмотках занести в соответствующие колонки таблицы 8.9.

7. Для расчёта диаметров проводов первичной и вторичной обмоток также использовать две расчётные формулы: (8.7) и (8.8). По рассчитанным значениям выбрать из табл. 8.6 стандартные значения диаметров проводов обмоток и записать их в соответствующие колонки табл. 8.9.

Рассчитанные параметры ТПП на основе броневого сердечника предложенного реального трансформатора обеспечат во вторичной обмотке (в случае перемотки данного трансформатора по результатам расчёта) переменное напряжение, необходимое для нормальной работы стабилизатора напряжения в соответствии с вариантом индивидуального задания.

9. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАЙКЕ И МОНТАЖЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ (РЭО)

9.1. ОСНОВНЫЕ МОНТАЖНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Монтажные провода служат для соединения между собой деталей и элементов схем радиоэлектронной аппаратуры. Они изготавливаются в основном из меди с хлопчатобумажной, полихлорвиниловой (ПВХ), фторопластовой, стекловолоконистой и резиновой изоляцией [5].

Монтажные провода с волокнистой изоляцией применяются для монтажа аппаратуры, работающей в нормальных условиях (температура окружающей среды $t = 25^{\circ}\text{C}$, относительная влажность 65%, давление $P = 760$ мм рт. ст.). Так как волокнистая изоляция обладает высокой гигроскопичностью (впитывает влагу), что снижает их изоляционные свойства при воздействии влаги, то дополнительно такие провода покрывают лаком.

В тяжёлых условиях эксплуатации используются провода с изоляцией из полиэтилена, ПВХ, специальных сортов резины, пластмасс и других диэлектриков.

Очень хорошими электроизоляционными свойствами и высокой термостойкостью обладают провода с изоляцией из фторопласта-4 и стекловолоконистой оплёткой, пропитанной кремнийорганическим лаком. Такие провода могут эксплуатироваться при температуре до 250°C .

Монтажные провода из кремнийорганической резины изготавливаются сечением $0,75 \dots 0,95 \text{ мм}^2$ и предназначены для эксплуатации при напряжении до 380 В и температуре до 180°C .

По конструкции токопроводящей жилы монтажные провода могут быть однопроволочными ("одножильными") негибкими и многопроволочными ("многожильными") гибкими, эластичными, у которых токопроводящие жилы скручены из тонких медных проволочек.

Выбор сечения монтажных проводов производится для длительного режима работы в зависимости от величины проходящего по ним тока. На практике удобно пользоваться приближённой формулой расчёта диаметра d провода (в мм):

$$d \geq 0,7\sqrt{I},$$

где I – максимальное значение тока.

Значения сечений проводов стандартизированы. Основной их ряд приведён в табл. 9.1.

Радиочастотные (высокочастотные) кабели предназначены для работы в электрических цепях с частотой сигнала более 1 МГц. Их основные электрические характеристики: волновое сопротивление, погонная ёмкость, погонное затухание, коэффициент укорочения и рабочее напряжение.

9.1. Стандартные сечения монтажных проводов

Стандартное значение диаметра провода d , мм	,10	,12	,15	,20	,22	,25	,28	,30
	,32	,36	,40	,45	,50	,63	,71	,75
	,80	,90	,100	,110	,120	,150	,180	,200

По конструкции и назначению радиочастотные кабели бывают двух типов: *коаксиальные* (концентрические) и *симметричные* (двухпроводные).

Коаксиальные кабели состоят из внутреннего провода (одножильного или многожильного), вокруг него расположен один или несколько слоёв высококачественной изоляции, поверх которой надета оплётка из медной проволоки, исполняющая роль второго провода и экрана. Экран сверху покрыт защитной оболочкой из прочного изоляционного материала (ПВХ, резины, полиэтилена, фторопласта).

Симметричные кабели состоят из двух параллельных проводов, расположенных внутри изолирующего материала (полиэтилена), который покрывается экранирующей оплёткой из тонкой медной проволоки.

Маркировка радиочастотного кабеля состоит из двух букв, обозначающих тип кабеля, и трёх чисел, написанных через дефис.

Первое число указывает величину номинального волнового сопротивления; второе – номинальный диаметр по изоляции, мм; а третье – двузначное – обозначает род изоляции (первая цифра) и порядковый номер конструкции (вторая цифра).

Род изоляции обозначается следующими цифрами: 1 – полиэтилен; 2 – фторопласт; 3 – полистирол (стирофлак); 4 – полипропилен и его смеси; 5 – резина; 6 – неорганическая изоляция.

Пример маркировки: РК-50-2-13.

В обозначении симметричных кабелей вместо диаметра по изоляции указывают максимальный диаметр кабеля по заполнению.

9.2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖЕ

При ремонте радиоаппаратуры и приборов необходимо уметь правильно разбираться в многочисленной технической документации, входящей в комплект любого изделия. Особый интерес представляет "Техническое описание" блока, аппаратуры или прибора, которое содержит технические характеристики изделия, схемы, описание его работы и другие сведения об изделии.

Все схемы обозначают буквой и цифрой. Буква определяет тип схемы, а цифра после неё – назначение схемы. Электрические схемы обозначаются буквой Э, а их назначение следующими цифрами: 1 – структурные; 2 – функциональные; 3 – принципиальные; 4 – соединений; 5 – подключения; 6 – общие; 7 – расположения; 8 – прочие; 9 – объединённые.

Например, Э3 – схема электрическая принципиальная, Э5 – схема электрическая подключений.

При выполнении схем применяют условные графические обозначения, устанавливаемые Государственными стандартами (ГОСТ) и стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Схема электрическая структурная Э1 определяет основные функциональные части изделия, их назначение, взаимосвязи и даёт общее представление о структуре и функционировании изделия. Как правило, разрабатывается первой.

Схема электрическая функциональная Э2 разрабатывается для разъяснения процессов, протекающих в отдельных цепях изделия или в изделии в целом; её используют также при наладке, контроле и ремонте изделия.

Схема электрическая принципиальная Э3 определяет полный состав элементов и связи между ними и, как правило, даёт детальное представление о принципах работы изделия. Принципиальная схема служит исходным документом для разработки других конструкторских документов и ею пользуются для изучения принципа работы изделия, при его наладке, контроле и ремонте.

Схема электрическая соединений (монтажная) Э4 показывает соединение составных частей изделия и необходимые для этого провода, жгуты, кабели, волноводы и т.п., а также места их присоединения, ввода и вывода (зажимы, разъёмы, фланцы и т.д.).

Связи с внешними изделиями раскрывает *схема электрическая подключений Э5*.

Составные части РЭО, а также соединения их между собой в процессе эксплуатации определяет *схема электрическая общая Э6*.

Относительное расположение составных частей изделия и, при необходимости, проводов жгутов кабелей показывают на *схеме электрической расположений Э7*.

9.3. ПОДГОТОВКА ПРОВОДОВ И РАДИОДЕТАЛЕЙ К МОНТАЖУ

Подготовка проводов к пайке состоит в их выпрямлении, резке, снятии с участков провода изоляции, зачистке и лужении зачищенных проводов и выводов. При этом монтажные провода не должны иметь повреждений изоляции, вмятин, скруток, надразов и других повреждений.

Длина подготовленных проводов, перемычек, кабелей и изоляционных трубок должна соответствовать размерам, указанным в документации. При заготовке проводов рекомендуется группировать их по маркам, цвету изоляции и длине.

Торцы проводов в местах среза должны быть ровными, без заусенцев на проводящей жиле, концы жил не должны быть сплюснуты или обрезаны перпендикулярно оси провода.

При выпрямлении проводов не допускать сильных натяжений, радиус изгиба провода не должен превышать его двойного диаметра.

Снятие изоляции (зачистка) с концов проводов является одной из ответственных операций, определяющих механическую прочность паяного соединения.

Способы снятия изоляции различны и зависят от типа изоляции провода и от наличия инструмента. Как правило, используют следующие способы снятия изоляции:

- с использованием ножа или скальпеля – самый распространённый способ, но при этом высока вероятность повреждения жилы;
- с использованием электротермоножа – устройства, которое при помощи нити накала пережигает изоляцию, при этом жила не повреждается;
- с использованием съёмника изоляции;
- с использованием приспособления для обжига.

Главное требование при снятии изоляции – не повредить жилу провода.

Помещение, в котором производится обжиг изоляции, должно иметь приточно-вытяжную вентиляцию, а работу с фторопластовой изоляцией производят непосредственно в вытяжном шкафу, так как пары фторопласта высокотоксичны.

У голых проводов концы зачищают мелкой шлифовальной шкуркой. У эмалевых проводов типа ПЭЛ диаметром выше 2,5 мм изоляцию удаляют механически с помощью мелкой шлифовальной шкурки или специальными щипцами без предварительного нагрева или с нагревом в муфельной печи.

Концы проводов с виниловой изоляцией типа ПЭВ обжигают в муфельной печи или опускают в муравьиную кислоту, а затем зачищают шлифовальной шкуркой.

У многожильных эмалевых проводов типа ПЭЛШО, ЛЭШО, ЛЭШД конец провода освобождают от шёлковой оплётки, распрямляют проволочки жилы, нагревают их в верхней части пламени спиртовой горелки до светло-соломенного цвета и быстро опускают в спирт. При этом эмаль растрескивается и осыпается, а её остатки удаляют мягкой бязью.

Многожильные провода после снятия изоляции скручивают под углом 15 ... 30° к оси провода плоскогубцами со шлифованными (гладкими) губками. Жилы сечением 0,2 мм² и менее скручивают только пальцами, на которые надевают обезжиренные напальчники.

При удалении изоляции с проводов, имеющих внешнюю хлопчатобумажную или лавсановую оплётку, концы изоляции покрывают лаком или термостойким клеем.

У проводов сечением до 4 мм² с волокнистой и плёночной изоляцией и оплёткой из стекловолокна, лавсана и др. (ПТЛ-200, МГТ, ПТЛА, МГЩДО) изоляцию крепят нитяным биндажом, покрытым клеем. Размер биндажа выбирают в зависимости от диаметра провода, он должен быть от 5 до 12 мм.

Основные варианты разделки проводов представлены на рис. 9.1.

Перед установкой радиодетали в схему необходимо, чтобы выводы устанавливаемой детали по форме соответствовали выводам заменяемой детали и были облужены. Выводы деталей изгибают по образцу или по определённой форме в зависимости от места и способа присоединения с помощью как обычного инструмента, так и специальных приспособлений.

При этой операции необходимо соблюдать особые меры предосторожности и не допускать больших механических усилий в местах крепления выводов к корпусам элементов. Внутренний радиус изгиба выводов не должен быть меньше их удвоенного диаметра или толщины. Формовку выводов в зависимости от технологии процесса выполняют как до, так и после облуживания.

Жёсткие выводы элементов изгибать не разрешается.

Перед облуживанием зачищенные выводы обезжиривают в органических растворителях. Облуживание выполняют с помощью паяльника или в специальных ванночках с расплавленным припоем.

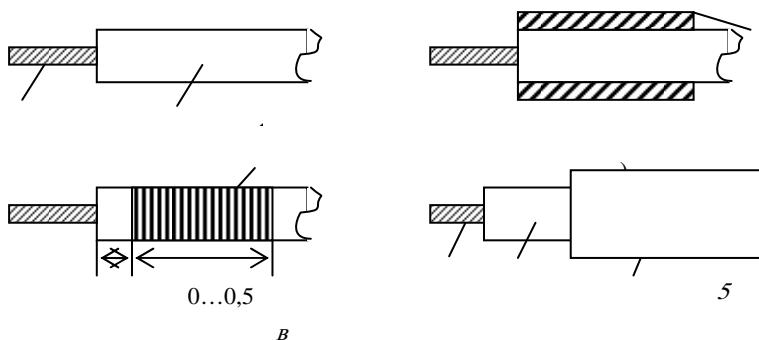


Рис. 9.1. Основные способы разделки проводов:

a – в – бесступенчатые; г – ступенчатый;

1 – жила; 2 – изоляция; 3 – электроизоляционная трубка;

4 – нитяной бандаж (покрывается клеем); 5 – защитный покров

Выводы радиодеталей облуживают на расстоянии не менее 8 мм от корпуса детали. Для предохранения от перегрева малогабаритных деталей и – особенно! – полупроводниковых приборов применяют теплоотводы. Простейшим и самым распространённым теплоотводом могут служить пинцет или плоскогубцы, которыми необходимо зажать вывод детали между её корпусом и местом пайки.

При пайке любых радиодеталей нужно стремиться, чтобы время воздействия высокой температуры было как можно меньше.

При установке полупроводниковых приборов должны быть выполнены следующие условия:

- надёжный контакт корпуса детали с шасси и теплоотводом;
- необходимая циркуляция воздуха;
- достаточное удаление от элементов схемы, которые при работе выделяют значительное количество тепла (мощных резисторов, трансформаторов и т.п.);
- расположение полупроводниковых приборов вне влияния постоянных магнитов и сильных излучений СВЧ.

Рдиодетали крепятся на собственных выводах к монтажным стойкам, лепесткам, контактными площадкам печатных плат и другим элементам конструкции. Для предохранения деталей от влаги и вибрации их можно дополнительно крепить при помощи хомутов, болтов, скоб, держателей, заливать компаундом, приклеивать мастиками или клеями.

Детали необходимо присоединять без натяжения. Навесные элементы устанавливаются так, чтобы была видна их маркировка, а у диодов – и маркировка их полярности.

Рекомендованное расстояние от корпуса радиодетали до места пайки – не менее 5 мм, если иное не указано в технической документации.

Рекомендованное расстояние от корпуса радиодетали до места изгиба – не менее 2 мм, если иное не указано в технической документации.

Для поддержания температурного режима на корпуса радиодеталей могут быть надеты трубки, что оговаривается в документации.

Изоляционные трубки могут надеваться также на выводы радиодеталей для предотвращения замыканий.

Радииодетали, подбираемые в процессе настройки или регулировки аппаратуры, подпаивают непрочно, без механического крепления, а по завершении ремонта их припаивают окончательно и закрепляют.

9.4. ТЕХНОЛОГИЯ ПАЙКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ВНУТРИБЛОЧНОГО МОНТАЖА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Общие положения

1. К работе по пайке допускаются только специально обученные лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при паяльных работах.

2. Марки припоя и флюса, предназначенных для пайки, должны соответствовать условиям технической документации.

3. При пайке не разрешается пользоваться инструментом и оборудованием, не предусмотренными технологией.

4. В цехах (мастерских), где производится пайка, необходимо иметь образцы заделок проводов и деталей, а также образцы паек, характерных для данного изделия.

Применение припоев и флюсов

1. Припой выбирают в зависимости от рабочей температуры соединения, максимально допустимой температуры нагрева детали, климатического исполнения устройства и т.д. Марка припоя указывается в технической документации.

2. Припой применяют в виде проволоки диаметром от 1 до 5 мм или в виде литых прутков, которые не должны иметь дефектов.

3. Выбор флюса определяется температурным интервалом его активности в процессе пайки и коррозионной активностью остатков флюса после пайки.

При пайке электрических соединений применять кислотные флюсы категорически запрещается.

4. На соединяемые пайкой поверхности флюс наносят в минимальном количестве, обеспечивающем смачивание этих поверхностей, но исключая его растекание за пределы пайки. Жидкие флюсы наносят с помощью кисти, заостренной палочки, пипетки или специального дозатора.

Категорически не допускается затекание флюса под изоляцию проводов.

5. Флюсы и их остатки после пайки подлежат удалению. Места спаивания промывают смоченным в чистом спирте тампоном, при этом следует исключить

попадание спирта внутрь негерметичных элементов, а также на лакокрасочные покрытия и изоляцию проводов.

6. Для ускорения процесса и получения прочной пайки поверхности паяемых изделий предварительно лудят. Технологический процесс горячего лужения включает в себя следующие операции:

- подготовку деталей (проводов);
- нанесение флюса;
- лужение;
- удаление остатков флюса;
- контроль.

Пайку медных проводов и выводов радиодеталей производят в следующем порядке:

- закрепить объёмные радиодетали с облуженными выводами на плате;
- промыть спиртом зачищенные концы проводов и выводы радиодеталей;
- нанести флюс на место соединения;
- выполнить пайку.

Припой следует подавать непосредственно с паяльника при разогреве провода (вывода). Паять следует с наименьшей затратой припоя, обеспечивая достаточную прочность соединения. Длительность пайки не должна превышать 4 ... 5 с.

При пайке необходимо исключить перегрев деталей, оплавление изоляции проводов и изоляционных трубок, отпайку монтажных площадок и выводов других элементов, а также растекание припоя.

Во избежание перегрева миниатюрных радиокомпонентов и полупроводниковых приборов использовать теплоотводы и защитные экраны.

Паять разрешается при температуре окружающего воздуха не ниже +10°C. Необходимо следить, чтобы во время пайки не было сквозняков.

Особенности пайки полупроводниковых приборов

Во избежание выхода из строя полупроводниковых приборов из-за перегрева во время пайки необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- пайка должна производиться паяльником соответствующей мощности (как правило, 25 Вт, но не более 40 Вт) с диаметром рабочей части до 3 мм;
- корпус паяльника должен быть заземлён;
- на рабочей части паяльника необходимо поддерживать постоянную температуру, указанную в технической документации;
- соблюдать установленную продолжительность пайки каждого типа прибора, стремясь свести это время к минимуму;
- избегать случайного прикосновения паяльника к корпусу и изолятору прибора и попадания на них флюса и припоя;
- применять теплоотводы и экраны;
- базовые выводы биполярных транзисторов необходимо присоединять (припаивать) первыми, а отсоединять (отпаивать) последними;
- запрещается подавать напряжение на транзистор, базовый вывод которого отключён;

- полупроводниковые приборы заменять только при отключённых источниках питания;
- запрещается монтировать или устанавливать СВЧ-диоды при воздействии на них внешних полей мощных генераторов;
- при защите приборов от коррозии и заливке лаками, компаундами, пенопластами или пенорезинкой необходимо следить, чтобы температура корпуса прибора не превышала максимальной, указанной в Технических условиях (ТУ), и чтобы не возникали механические нагрузки на выводы.

Контроль качества монтажа радиотехнических устройств

Рекомендуется осуществлять пооперационный и окончательный контроль качества паяных соединений.

Пооперационный контроль включает в себя проверку соблюдения режимов пайки и соответствия марок применяемых припоев и флюсов указанным в технологической документации, а также систематическую проверку работы оборудования.

Окончательный контроль паяных соединений предусматривает 100% визуальную проверку внешнего вида паяных соединений, а в отдельных случаях – измерение величины падения напряжения на сопротивлении соединения. Окончательный контроль проводят неразрушающими методами.

Визуальный осмотр позволяет дать оценку паяного соединения по отсутствию трещин, раковин, пор, эрозии, острых выступов и т.д. Кроме того, обязательно проверяется отсутствие замыкания соседних дорожек и выводов растёкшимся припоем.

Поверхность паяного соединения должна быть ровной и блестящей, без наплывов припоя (допускается сероватый цвет).

Свидетельством контроля мест пайки является пломбирование их цветным лаком. Кроме того, лаковые покрытия защищают места пайки от коррозии.

Дефекты паяных соединений и причины их возникновения указаны в табл. 9.2.

9.2. Дефекты паяных изделий

Наименование дефектов	Причины образования
Наплывы припоя	Недостаточный или неравномерный нагрев поверхности деталей, несоответствие типа припоя и флюса, избытки припоя
Неполное заполнение шва припоем	Большой зазор, недостаточное количество припоя, неравномерный нагрев
Припой не стекает с поверхности и не заполняет зазор	Плохая подготовка поверхности под пайку, недостаточная активность флюса, неправильно выбраны материалы
Оплавление основного материала	Неравномерная и высокая температура
Пористость шва	Испарение компонентов припоя и флюса при перегреве, наличие влаги во флюсе или на печатной плате, выделение газов из паяемого металла, попадание в шов плёнок окислов металлов, большой зазор между деталями
Трещины в шве	Смещение деталей при затвердевании припоя, быстрое охлаждение после пайки, значительная разница в коэффициентах расширения припоя и металла, образование хрупкой диффузионной зоны
Смещение и перекос в соединениях	Ненадёжная фиксация деталей перед пайкой
Шлаковые включения	Припой плавится раньше флюса, удельный вес флюса больше удельного веса припоя
Несплошное горячее лужение	Низкое качество подготовки поверхности к лужению
Ложная (холодная) пайка	Несоответствие теплового режима пайки требуемому, влага в месте пайки. Детали соединены за счёт застывшего флюса. Детали плохо зачищены от окислов и жира

10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ НАВЕСНОГО МОНТАЖА СОЕДИНЕНИЙ

10.1. ЛУЖЕНИЕ И ПАЙКА ПРОВОДОВ И ВЫВОДОВ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ СОЕДИНЕНИЙ. ВЫПОЛНЕНИЕ НАВЕСНОГО МОНТАЖА

Навесной монтаж представляет собой соединение элементов через жёсткие проводники, контактные площадки и контакты монтажных плат.

Для отработки навыков пайки навесного монтажа предлагается выполнить параллельное соединение пассивных радиокомпонентов – резистора, конденсатора и катушки индуктивности – на двух проводниках, так называемую лесенку.

Порядок выполнения задания:

1. Зарисовать в отчёт задание "лесенка", представленное на рис. 10.1.
2. Подготовить провода и радиодетали к пайке. Для этого взять два проводника диаметром 2 мм, длиной 180 мм; три проводника диаметром 1 мм, длиной 40 мм и четыре проводника диаметром 1,5 мм, длиной 45 мм. С помощью шлифовальной шкурки или монтажного ножа снять лаковую изоляцию. Облудить припоем ПОС-60.
3. С помощью круглогубцев на концах облуженных проводников диаметром 1 мм сделать полукольца, наложить эти проводники на длинные проводники диаметром 2 мм, обжать плоскогубцами и пропаять.
4. На концах облуженных выводов радиодеталей и оставшихся проводников сделать полукольца и закрепить эти элементы на двух проводниках диаметром 2 мм так, как показано на рис. 10.1, с соблюдением указанных расстояний.

В результате выполнения задания должна получиться прочная конструкция, по внешнему виду напоминающая лесенку, причём переключки и радиодетали должны быть параллельны друг другу.

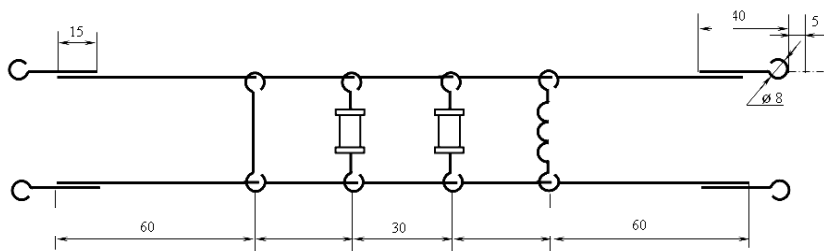


Рис. 10.1. Соединение радиоэлементов навесным монтажом

10.2. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

В конструировании, производстве и ремонте РЭО с использованием печатных схем применяются следующие термины и определения.

Печатная плата – изоляционное основание с нанесённым на его поверхность печатным монтажом или печатной схемой.

Печатный монтаж – система плоских проводников (из медной фольги), обеспечивающих электрическое соединение элементов схемы, экранирование, заземление.

Печатная схема – система печатных проводников и электрораздиоэлементов, нанесённых на общее изоляционное основание.

Координатная сетка – сетка, определяющая положение крепёжных и монтажных отверстий.

Шаг координатной сетки – постоянная величина, определяющая расстояние между соседними линиями координатной сетки и кратность расстояний между монтажными отверстиями.

Узел координатной сетки – точка пересечения линий координатной сетки.

Монтажное отверстие – отверстие, предназначенное для закрепления выводов навесного элемента и их контакта с печатной платой.

Крепёжное отверстие – отверстие, предназначенное для крепления платы в блоке или элементов на плате.

Технологическое отверстие – отверстие в печатной плате, предусмотренное для технологических целей и используемое при выполнении технологических операций.

Установочный размер – расстояние между центрами монтажных отверстий, предназначенных для выводов данного навесного элемента.

Плотность печатного монтажа – число проводников, укладываемых на единице площади платы.

Печатный узел – печатная плата с навесными электрорадиоэлементами и другими деталями, прошедшая этап сборки, пайки, защиты.

Применение печатных схем в радиоаппаратуре повышает её надёжность, обеспечивает повторяемость параметров изделия от образца к образцу, уменьшает её габариты, резко снижает трудоёмкость монтажно-сборочных и ремонтных работ.

Материалы, используемые для изготовления печатных плат, должны обладать высокими электроизоляционными свойствами и достаточной механической прочностью, устойчивостью к воздействию агрессивных сред и повышенных температур. Такими материалами являются пенопласты, гетинакс, текстолит и стеклотекстолит, керамика и гибкая фторопластовая плёнка (лента).

Процесс изготовления печатных схем состоит из технологических операций, с помощью которых создаётся система проводников на изоляционном основании по заданному рисунку печатного монтажа.

В настоящее время насчитывается около 200 методов изготовления печатных плат, среди которых наиболее распространёнными являются гальванохимический, химического травления фольгированного диэлектрика, переноса изображения схемы с запрессовкой в изоляционное основание (метод временного основания) и комбинированный.

При ремонте РЭО не в заводских условиях в основном применяется метод химического травления фольгированного диэлектрика, который состоит в нанесении рисунка схемы кислотоупорной краской на фольгированный гетинакс (текстолит, стеклотекстолит) и последующем вытравливании фольги с незакрашенных участков. Для травления фольги чаще всего используют хлорное железо, а при его отсутствии – концентрированный раствор медного купороса.

Изготовление печатной платы начинается с выбора её размеров. Площадь печатной платы $S_{пл}$ определяется соотношением

$$S_{пл} = (2 \dots 5) S_{\Sigma},$$

где S_{Σ} – суммарная площадь всех элементов печатной платы.

Рекомендуется выбирать унифицированные размеры печатных плат по формуле

$$(36n - 2) \times (14m - 2),$$

где n, m – целые числа.

Размер платы может быть любым, но исходя из условий механической прочности, размеры плат ограничивают следующими величинами:

- при толщине платы 1,5 мм – 100 × 150 мм;
- при толщине платы 2,0 мм – 125 × 200 мм.

Следующим и самым ответственным и трудоёмким этапом является разработка рисунка печатной платы. Рисунок может быть изготовлен вручную и с помощью специальных компьютерных программ, например Sprint-Layout.

Изготовление рисунка вручную. Рисунок печатной платы выполняется на миллиметровке в нескольких вариантах, из которых выбирается окончательный. Монтажные отверстия выбираются только в узлах координатной сетки, шаг которой, как правило, 2,5 мм, диаметр отверстий – 0,8 ... 1 мм.

Для крепления платы предусматривают 2 или 4 крепёжных отверстия диаметром 2 ... 3 мм, расположенных в её углах на расстоянии 5 ... 10 мм от края платы. При необходимости предусматривают и технологические отверстия.

Печатные проводники не должны иметь резких перегибов, острых углов; радиус закругления не менее 2 мм. Следует избегать ответвлений от проводников.

Максимальная длина печатных проводников – 100 мм.

Ширина печатного проводника 1 ... 1,5 мм; в узких местах 0,3 ... 0,5 мм.

Зазоры между проводниками в узких местах не менее 0,3 мм.

Расстояние от края платы до печатного проводника должно быть не менее толщины материала платы.

Ширина площадки вокруг отверстия должна быть 0,8 мм (например, наружный диаметр контактной площадки для отверстия 1 мм равен 2,6 мм).

При необходимости предусматриваются перемычки, количество которых не должно превышать 10% от общего количества элементов.

Входные и выходные контакты, а также контакты для подключения питания рекомендуется располагать на одной стороне печатной платы на расстоянии не менее 5 мм друг от друга и 2,5 ... 5 мм от края платы.

Окончательный вариант рисунка печатной платы должен быть:

- компактным (иметь наименьшие габариты платы);
- полностью отвечать требованиям по разработке рисунка печатной платы;
- отвечать эстетическим требованиям: элементы на плате должны располагаться только в вертикальной и горизонтальной плоскостях, размещение элементов должно быть равномерным по всей площади платы.

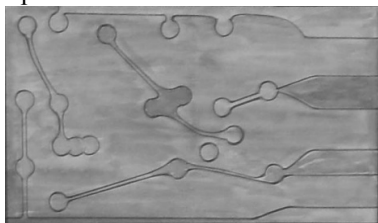
На подготовленную плату нужного размера переносятся все монтажные и другие отверстия. Для этого бумагу с рисунком накладывают на плату и с помощью шила или керны намечают центры отверстий со стороны фольги, после чего сверлят. После сверления плату зачищают мелкозернистой наждачной бумагой и обезжиривают растворителем.

Затем в соответствии с требованиями к рисунку печатной схемы наносятся контактные площадки и печатные проводники (дорожки) с помощью рейсфедера, заправленного нитрокраской или цапонлаком. При отсутствии рейсфедера или нитрокраски дорожки можно нарисовать пастой от шариковой ручки, выдавливая её из стержня (рис. 10.2, а, б).

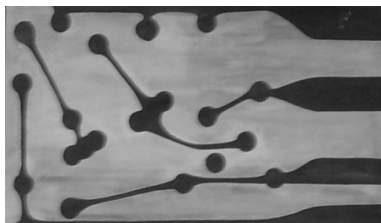
При изготовлении печатного рисунка с помощью компьютерной программы руководствуются инструкцией по пользованию программой, соблюдая требования

по разработке печатного рисунка. Перенос рисунка на плату осуществляется любым доступным способом.

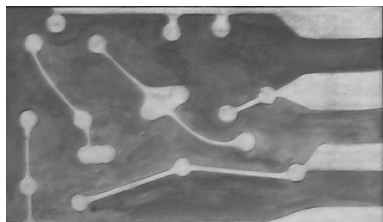
Наиболее простой способ заключается в следующем. Печатный рисунок распечатывают на лазерном принтере на глянцевой бумаге, затем накладывают эту бумагу на плату рисунком вниз и проглаживают горячим утюгом. Порошок лазерной печати (тонер) под действием высокой температуры прилипает к плате и создаёт на ней рисунок. При этом следует иметь в виду, что изображение рисунка будет зеркальным!



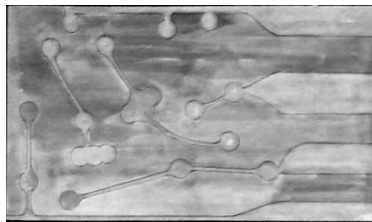
а)



б)



в)



г)

Рис. 10.2. Этапы изготовления печатной платы:

а – нанесение рисунка на заготовку; *б* – нанесение защитного покрытия; *в* – травление; *г* – лужение

После нанесения рисунка на плату необходимо вытравить (растворить) медь с незащищённых участков платы (рис. 10.2, *в*).

Длительность процесса травления зависит от толщины фольги, причём чем меньше время травления, тем меньше разрушается фольга под защитной плёнкой и, следовательно, точнее рисунок.

Подготовленный раствор хлорного железа (или другой, пригодный для травления) наливают в пластмассовую ванночку. Плату следует положить в раствор фольгой вниз таким образом, чтобы она плавала на поверхности раствора. Это способствует тому, что вытравленная медь опадает на дно ванночки, а не осаждается на плате.

В свежеприготовленном растворе хлорного железа незакрашенные участки вытравливаются за 30 ... 40 минут (в растворе медного купороса – примерно за сутки).

После травления плату необходимо промыть проточной водой, смыть растворителем краску и просушить.

Завершающий этап изготовления печатной платы – её лужение (рис. 10.2, г).

Перед изготовлением печатной платы рекомендуется собрать и настроить узел на макетной плате. Внешний вид макетной платы показан на рис. 10.3. Прорезы шириной 1 ... 1,5 мм делаются с помощью резака.

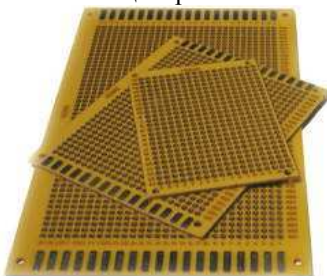


Рис. 10.3. Макетная плата

Сторона квадратной площадки 8 ... 10 мм. Вверху и внизу платы рекомендуется оставлять сплошные полоски фольги, которые используются в качестве шин питания.

Выводы элементов припаиваются к контактным площадкам и соединяются проводами согласно принципиальной схеме.

10.3. ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ПЛАТ С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ

Ремонт радиоаппаратуры, выполненной методами печатного монтажа, требует большей аккуратности, так как при незнании основных приёмов работы с печатными проводниками их легко можно повредить. Перед выполнением пайки печатная плата обязательно должна быть обесточена либо изъятием из аппарата, если она снабжена штепсельным разъёмом, либо выключением его питания, для чего нужно вынуть вилку шнура питания из сетевой розетки. Это необходимо в связи с тем, что в некоторой аппаратуре выключатель отключает только одну фазу, а второй фазой аппарат остаётся подключённым к сети. Кроме того, иногда у паяльника обмотка пробивается на kern и может произойти замыкание сети на землю через оплётку антенного фидера.

Печатные проводники представляют собой тонкую медную фольгу, наклеенную на изоляционный пластик. При перегреве фольга отслаивается от подложки и легко повреждается. Поэтому перегрев печатных проводников в процессе ремонта печатной платы недопустим. Во избежание перегрева следует пользоваться лишь маломощными паяльниками с узким жалом, применять низкотемпературный припой марки ПОС-61, а время пайки не должно превышать 3 ... 5 с. Категорически запрещается применение различных паяльных жидкостей, содержащих кислоты и соли металлов, так как остатки таких флюсов в течение непродолжительного времени неизбежно приводят к разрушению печатных проводников. Рекомендуется пользоваться жидким флюсом в виде прозрачного раствора канифоли в этиловом спирте. Такой флюс в процессе пайки полностью испаряется, не оставляя следов канифоли. Можно также пользоваться твёрдой канифолью, хотя в этом случае поверхность пайки оказывается загрязнённой

остатками подгоревшей канифоли, что придаёт ей неопрятный вид и способствует впоследствии интенсивному налипанию пыли. В этом случае остатки канифоли нужно удалить, протирая плату тканью, смоченной спиртом.

При удалении детали, подлежащей замене, целесообразнее всего не выпаивать деталь из печатной платы, а лишь бокорезами откусить выводы этой детали так, чтобы сами выводы остались впаянными в печатную плату. Длина выводов, выступающих из платы, должна быть 8...10 мм. Новая деталь устанавливается путём припайки её выводов к оставшимся выводам удалённой детали. Перед припайкой новой детали нужно подрезать её выводы и залудить их, чтобы сократить время пайки. Если указанным способом удалить старую деталь нельзя, например при замене микросхемы, нужно аккуратно её выпаять, остерегаясь перегрева.

При выпайании микросхем удобно пользоваться специальным отсосом расплавленного припоя, но можно также применять обычную медицинскую пипетку с вытянутым концом. Надев пипетку отверстием стеклянного наконечника на очередной вывод микросхемы, слегка прогревают паяльником его пайку и отсасывают припой. Затем приступают к следующему выводу. Когда все выводы микросхемы очищены от припоя, она легко удаляется при небольшом усилии. Отверстия в плате остаются чистыми и готовыми для установки новой микросхемы.

Можно предложить ещё один удобный способ, для которого требуется медицинская игла для внутримышечных инъекций, острый конец которой нужно сточить. Отверстием канала иглы надевается на вывод микросхемы, и пайка прогревается паяльником с одновременным нажатием на иглу. В результате игла проходит в отверстие платы, вытесняя из него припой. Жало паяльника удаляют, припой застывает, и иглу вынимают из отверстия. Поскольку игла выполнена из нержавеющей стали, припой её не смачивает. Далее приступают к выпайанию следующего вывода микросхемы. Этот способ хорош тем, что выводы микросхемы полностью освобождаются от припоя и для её удаления не требуется приложения усилий, которые иногда приводят к повреждению печатных проводников. Нужно лишь подобрать иглу, диаметр канала которой соответствует диаметру выводов микросхемы.

Иногда при обрыве приходится ремонтировать сами печатные проводники. Такой обрыв происходит в результате неаккуратного обращения при ремонте, от выгорания проводника при его перегреве либо из-за механической деформации самой платы (коробления или трещины). Если поперечный обрыв проводника имеет вид трещины длиной не более 1 мм, он устраняется заливкой трещины, предварительно зачищенной по краям, припоем так, чтобы припой хорошо соединился с печатным проводником, на расстоянии 3...5 мм по обе стороны от трещины. Когда печатный проводник повреждён на протяжении нескольких миллиметров, дефект устраняется наложением на повреждённый участок голого медного луженого провода диаметром 0,3 мм. Длину отрезка провода выбирают такой, чтобы перекрыть на 10 мм с обеих сторон повреждённый печатный проводник. Концы провода впаяют в плату заливкой их припоем, образуя мостик между повреждёнными концами печатного проводника.

Если печатный проводник повреждён на большом протяжении, его приходится заменять куском изолированного монтажного провода, которому придают форму

повреждённого проводника. При этом целесообразно использовать жёсткий одножильный монтажный провод марки ПМВ или МШВ. Можно также применять эмалированный обмоточный провод марки ПЭЛ или ПЭВ диаметром 0,3 ... 0,4 мм. Концы отрезка провода перед установкой на печатную плату тщательно зачищают и залуживают.

10.4. СБОРКА УСИЛИТЕЛЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Сборку схемы на печатной плате рассмотрим на примере монтажа усилителя низкой частоты (УНЧ), который является первым узлом, который выполняется печатным монтажом в ходе лабораторных работ по "Технологии производства БТ". Перед выполнением этого задания необходимо изучить особенности монтажа элементов на печатные платы. Принципиальная схема УНЧ представлена на рис. 10.4.

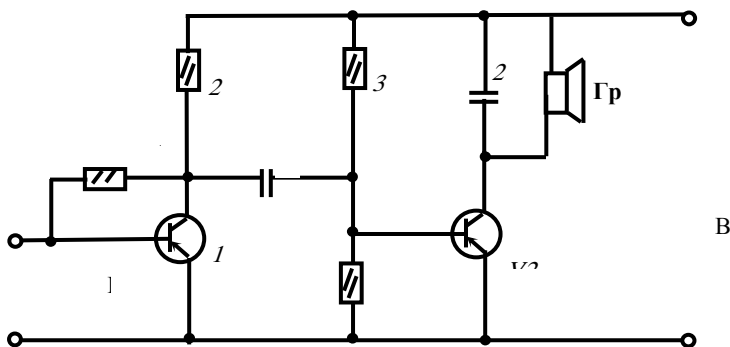
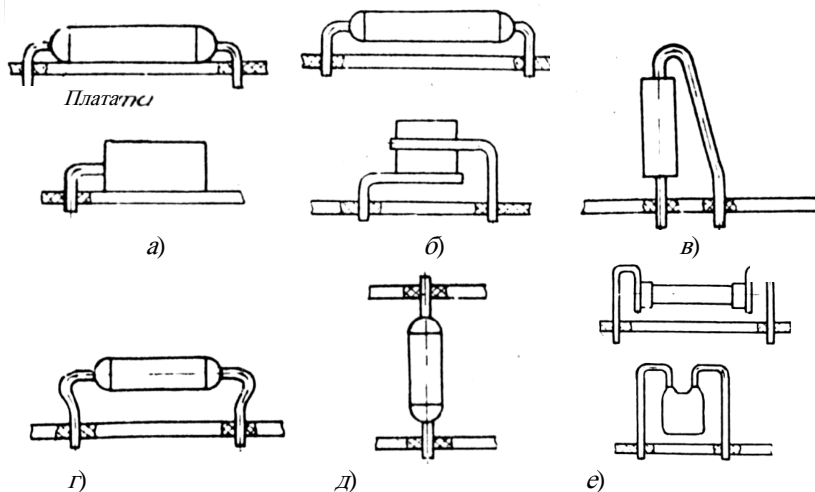


Рис. 10.4. Принципиальная схема УНЧ



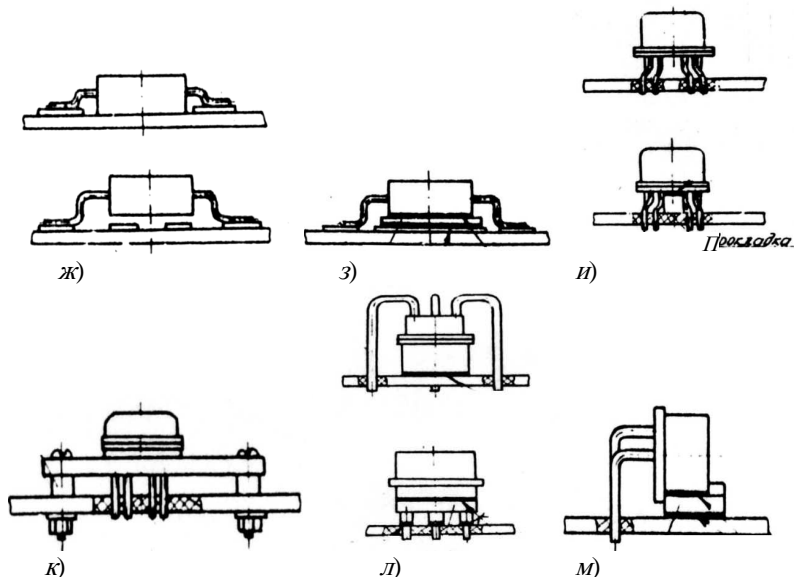


Рис. 10.5. Формовка выводов радиоэлементов:

а – г, е – резисторов, конденсаторов и полупроводниковых приборов;

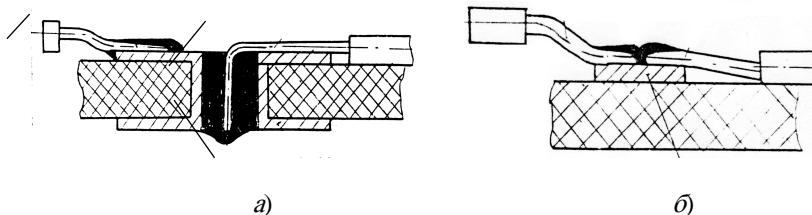
д – при межплатном монтаже; *ж* – планарных выводов; *з* – с теплоотводящей шиной или изоляционной прокладкой; *и* – полупроводниковых приборов и интегральных микросхем без изоляционной прокладки и с прокладкой;

к – на теплоотводах; *л, м* – полупроводниковых приборов

Перед сборкой необходимо проверить наличие комплектующих деталей, элементов согласно принципиальной схеме.

Навесные элементы в изделиях одноплатной конструкции устанавливаются параллельно или перпендикулярно поверхности платы со стороны, противоположной размещению печатных проводников. Корпуса элементов на плате размещаются параллельно или перпендикулярно друг другу. Элементы с надетыми на них электроизоляционными трубками могут соприкасаться друг с другом.

Начинать устанавливать элементы на печатную плату рекомендуется с меньших размеров. Выводы элементов перед установкой на плату изгибаются (формируются). Варианты правильной формовки выводов радиоэлементов представлены на рис. 10.5.



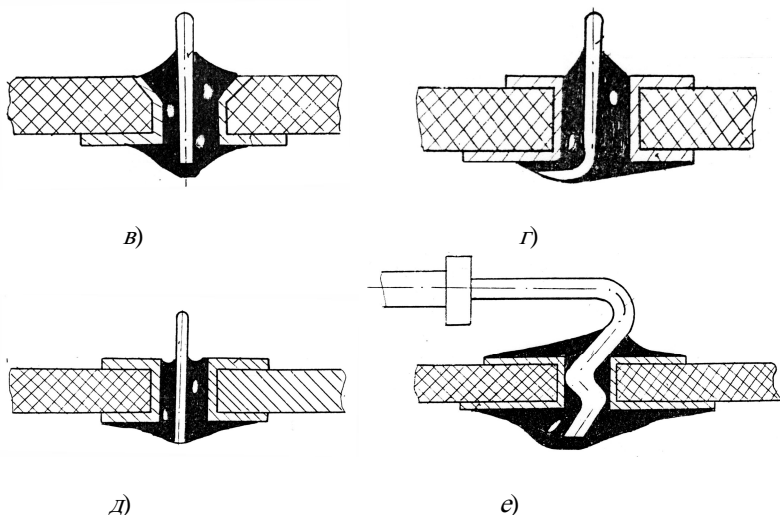


Рис. 10.6. Пайка выводов электрорадиоэлементов в металлизированных отверстиях контактных площадок:

a – соединение вывода в отверстие и жилы внахлестку; *б* – соединение вывода и жилы внахлестку; *в* – без подгибки вывода; *г* – с подгибкой вывода (заливная форма пайки); *д* – без подгибки вывода с неполным заполнением отверстия;

е – пайка вывода, отформованного в "зиг-замок";

1 – вывод; *2* – контактная площадка; *3* – токопроводящая жила

Элементы должны прилегать своими корпусами к плате таким образом, чтобы выводы, припаянные к печатному проводнику, не отрывали проводник от платы при нажатии на корпус элемента.

Варианты пайки выводов к металлизированным контактным отверстиям показаны на рис. 10.6. Пайка выводов к неметаллизированным контактным отверстиям производится аналогичным образом, только отверстие припоем не заполняется.

При необходимости проверить исправность транзисторов с помощью цифрового мультиметра. После сборки УНЧ и контроля пайки необходимо проверить работоспособность усилителя. Для проверки усилителя к плате необходимо припаять четыре проводника с контактами: два к выходным площадкам платы и два – к площадкам питания; подключить выходные проводники к любому малогабаритному динамику; подать питание на усилитель от контактов "+9 В" и "-9 В"; касаясь пальцами входных площадок платы усилителя, убедиться в наличии шума возбуждения в динамике. При наличии шума схема собрана правильно.

10.5. СБОРКА МУЛЬТИВИБРАТОРА С УНЧ

Это задание выполняется самостоятельно. Из предложенных деталей собрать мультивибратор с УНЧ. Принципиальная схема мультивибратора представлена на рис. 10.7.

Проверка работоспособности мультивибратора производится с помощью подачи питания 9 В (источник питания Актаком АТН-1535) на мультивибратор. При правильно собранной схеме динамик издаёт прерывистый звук.

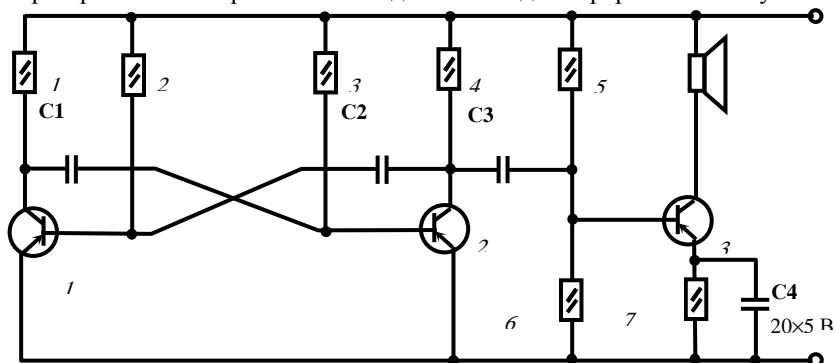


Рис. 10.7. Схема мультивибратора с УНЧ

10.6. СБОРКА ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ

Это задание также выполняется самостоятельно. Внешний вид собранного фильтра представлен на рис. 10.8.

Принципиальная схема и монтажная плата представлены на рис. 10.9 и 10.10, соответственно.



Рис. 10.8. Фильтр НЧ (внешний вид)

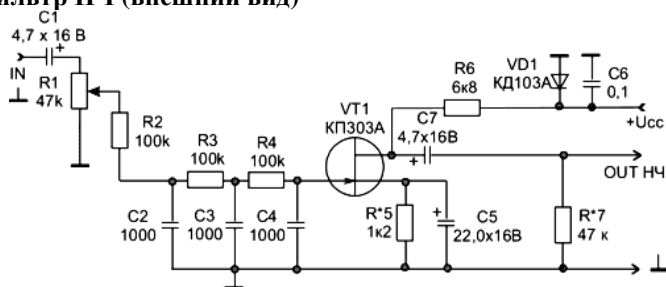


Рис. 10.9. Принципиальная схема фильтра НЧ

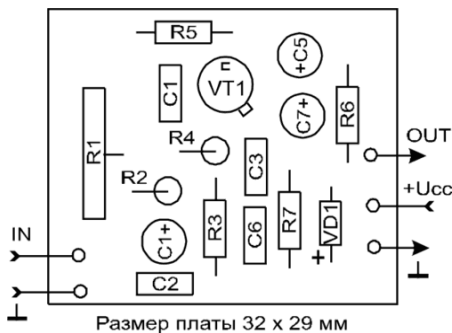


Рис. 10.10. Монтажная плата фильтра

Для проверки работоспособности фильтра на его вход с выхода генератора произвольной формы Актаком АНР-3121 подаётся синусоидальный сигнал амплитудой 0,5 В, питание на фильтр подаётся от источника питания Актаком АТН-1535 ($U_{пит} = 12$ В). Изменяя частоту генератора в пределах 20...500 Гц, наблюдаем изменение амплитуды синусоидального сигнала на выходе фильтра с помощью цифрового осциллографа Актаком АСК-3106. При увеличении частоты исходного сигнала свыше 400 Гц на выходе фильтра амплитуда сигнала должна значительно снизиться. По полученным результатам сделать выводы.

10.7. ОСОБЕННОСТИ ПАЙКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

При пайке интегральных микросхем (ИМС) в основном применяются те же правила и приёмы, что и при пайке дискретных элементов. Однако необходимо учитывать следующие особенности при монтаже микросхем:

- корпуса ИМС более чувствительны к механическим воздействиям, легко ломаются, поэтому при их монтаже нужно соблюдать особую осторожность;
- ИМС более чувствительны к перегреву, а их выводы очень короткие, следовательно, время пайки должно быть как можно меньше, а мощность паяльника – не более 25 Вт;
- ИМС более чувствительны к статическому напряжению, особенно микросхемы, изготовленные по МОП- и КМОП-технологии, поэтому обязательно заземление паяльника и/или использование заземляющего браслета;
- выводы ИМС, как правило, не формируются.

Наибольшие затруднения вызывает демонтаж ИМС с печатной платы, так как при этом необходимо одновременно расплавлять припой на всех выводах ИМС (или с одной стороны корпуса). Для этого используют следующие способы и приспособления:

- паяльник с помпой для удаления припоя с места пайки; с его помощью поочередно освобождают все выводы ИМС от припоя и удаляют микросхему с платы;
- паяльник с широкой рабочей частью или со специальной насадкой на рабочую часть, позволяющей одновременно прогревать выводы с одной стороны корпуса; после расплавления припоя микросхему *аккуратно* поддевают отверткой или специальной лопаткой до выхода выводов из монтажных отверстий, затем таким же образом выпаивают вторую сторону корпуса;

– игла от медицинского шприца с подходящим диаметром, которая надевается на вывод ИМС и проходит в монтажное отверстие. Обычным паяльником расплавляют припой на первом выводе микросхемы

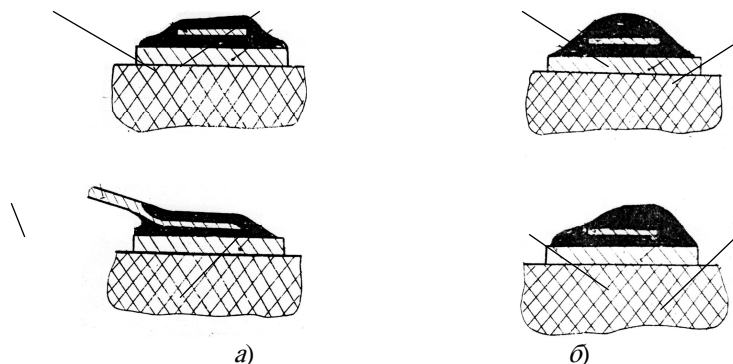


Рис. 10.11. Соединение планарного вывода ИМС на контактной площадке:

а – скелетная форма пайки; *б* – заливная форма пайки;

1 – вывод; *2* – контактная площадка

Когда припой расплавится, на вывод через монтажное отверстие надевают иглу и остужают. Припой не прилипает к материалу иглы, и после остывания вывод остаётся свободным от припоя. Затем аналогичную операцию проводят со всеми выводами ИМС.

Выводы ИМС бывают двух типов: круглые – паяются в отверстия; планарные (плоские, прямоугольные) – паяются на контактные площадки. Способы пайки таких выводов показаны на рис. 10.11.

При необходимости формовки вывода нужно иметь в виду, что участок вывода на расстоянии 1 мм от корпуса не должен подвергаться деформации, допустимый радиус изгиба прямоугольного вывода – не менее двух его толщин, круглого – не менее двух диаметров.

10.8. СБОРКА ФОРМИРОВАТЕЛЯ И ГЕНЕРАТОРА ИМПУЛЬСОВ НА ИМС

Задание № 1. В качестве примера пайки ИМС предлагается собрать формирователь импульсов на D-триггере (микросхема К155ТМ2). Принципиальная схема формирователя представлена на рис. 10.12, а монтажная – на рис. 10.13.

Задание № 2. После усвоения приёмов пайки микросхем и правильного выполнения задания по сборке формирователя импульсов необходимо выполнить сборку генератора прямоугольных импульсов на микросхеме К155ЛА3. Принципиальная схема генератора представлена на рисунке 10.14, а монтажная – на рис. 10.15.

Правильность выполнения заданий проверяет преподаватель с помощью подключения собранных схем к источнику питания.

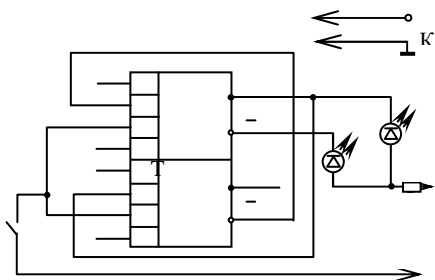


Рис. 10.12. Принципиальная схема формирователя импульсов на ИМС К155ТМ2

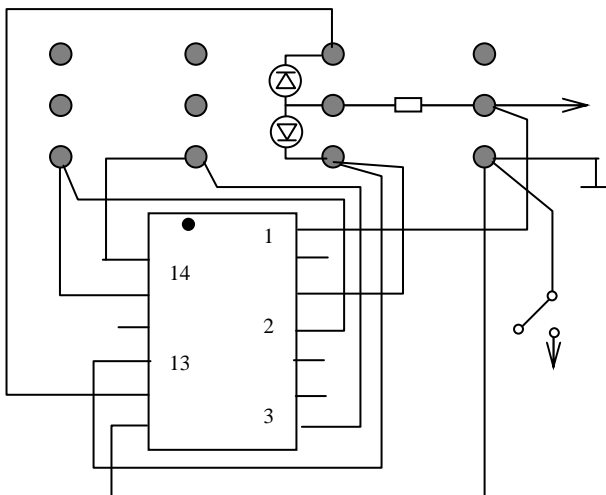


Рис. 10.13. Монтажная схема формирователя импульсов на ИМС К155ТМ2

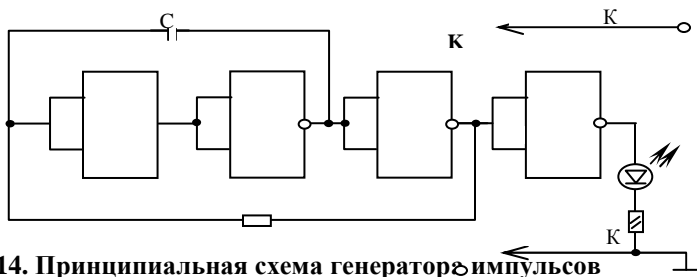


Рис 10.14. Принципиальная схема генератора импульсов

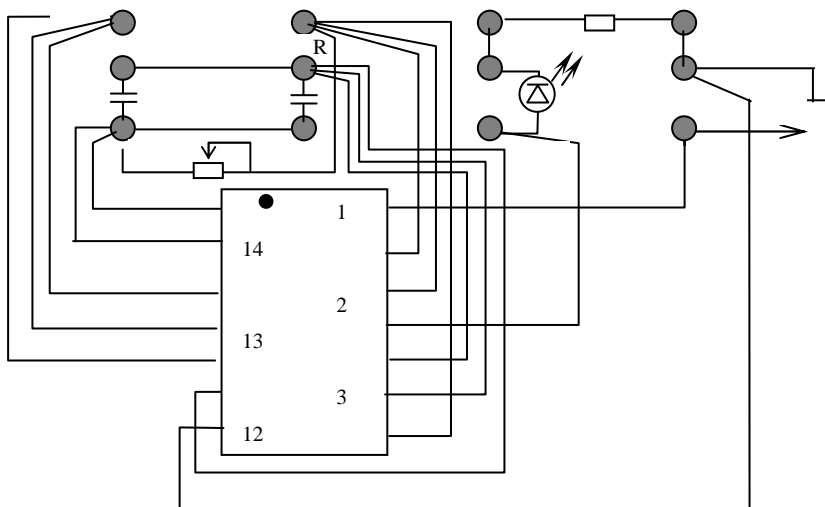


Рис. 10.15. Монтажная схема генератора импульсов

10.9. СБОРКА ИНДИКАТОРА УРОВНЯ СИГНАЛА

Из предложенного радиоконструктора необходимо самостоятельно собрать индикатор уровня сигнала. Принципиальная схема изображена на рис. 10.16.

Монтажная схема радиоконструктора изображена на рис. 10.17.

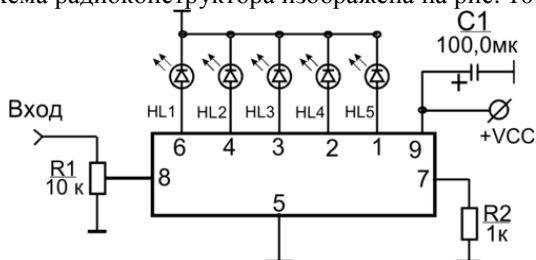
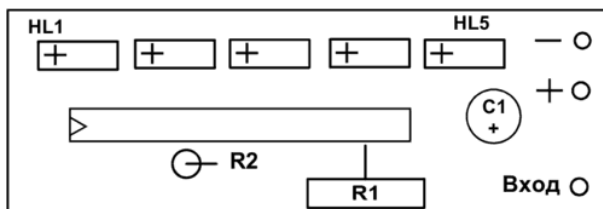


Рис. 10.16. Принципиальная схема индикатора уровня сигнала



Размер платы 80 x 30 мм

Рис. 10.17. Монтажная плата радиоконструктора

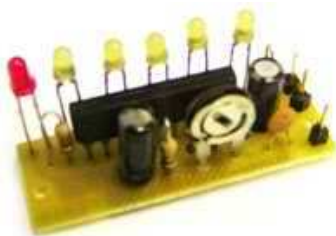


Рис. 10.18. Внешний вид собранного индикатора

Внешний вид собранного индикатора со встроенными светодиодами изображён на рис. 10.18.

Работоспособность собранного индикатора проверяют подключением его к источнику питания 15 В (Актаком АТН-1535), на вход индикатора необходимо подать синусоидальный сигнал с выхода генератора сигналов произвольной формы Актаком АНР-3121 с частотой 2 Гц. Параллельно к выходам индикатора необходимо подключить вольтметр Актаком АВЕ-1106 для дополнительного контроля работоспособности устройства. Изменяя уровень сигнала на выходе генератора от 2 до 13 В с дискретностью 1 В, зафиксировать состояние светодиодов собранного индикатора. Сделать вывод об отображении уровня выходного сигнала и работоспособности схемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные теоретические основы диагностических методов и аппаратных средств, применяемых в практической медицине и лабораторных исследованиях, по мнению авторов, помогут студентам старших курсов специальностей "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и "Биотехнические и медицинские аппараты и системы" получить дополнительную информацию, необходимую для успешного решения широкого круга задач при разработке и проектировании радиоэлектронной и, в частности, медицинской диагностической, терапевтической и лабораторной техники.

В заключение следует подчеркнуть, что разработка новых методов и современной аппаратуры является актуальной и социально значимой задачей современного приборостроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердников, А.В. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Часть I. Технические методы и аппараты для экспресс-диагностики : учебное пособие / А.В. Бердников, М.В. Семко, Ю.А. Широкова. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. – 176 с.
2. www.focus.ti.com.
3. Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника : учебник для ВУЗов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – М. : Высшая школа, 2008. – 798 с.
4. Акимов, О.С. Радиоматериалы и элементная база радиоэлектронных средств : учебное пособие / О.С. Акимов. – Тамбов : ТВВАИИ, 2001. – 246 с.
5. Белевцев, А.Т. Монтаж радиоаппаратуры и приборов / А.Т. Белевцев. – М. : Высш. школа, 1975. – 424 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1.СИСТЕМНЫЕ БЛОК-СХЕМЫ УСТРОЙСТВ С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	5
1.1. Цифровой тонометр	5
1.2. Цифровой стетоскоп	5
1.3. Монитор пациента	8
1.4. Компьютерный томограф	11
2.СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ДЛЯ ОДНОКРИСТАЛЬНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	11
2.1. Внутрисхемные эмуляторы	11
2.2. Симуляторы	13
2.3. Платы разработки и отладки	14
2.4. Эмуляторы ПЗУ	17
3. ПРИНЦИПЫ ОБОЗНАЧЕНИЯ И МАРКИРОВКА РЕЗИСТОРОВ	18
3.1. Маркировка отечественных резисторов	18
3.2. Особенности маркировки зарубежных резисторов	25
3.3. Практическая расшифровка маркировки реальных резисторов	27
4.ПРИНЦИПЫ ОБОЗНАЧЕНИЯ И МАРКИРОВКА КОНДЕНСАТОРОВ	28
4.1. Маркировка отечественных конденсаторов	28
4.2. Особенности маркировки конденсаторов	32
4.3. Особенности маркировки зарубежных конденсаторов	34
4.4.Практическая расшифровка маркировки реальных конденсаторов	35
5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСПРАВНОСТИ ПАССИВНЫХ РАДИОКОМПОНЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ СЕРВИСНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	36
5.1. Принципы определения работоспособности пассивных радиокомпонентов	36
5.2. Порядок проведения измерений и определения годности пассивных радиокомпонентов к эксплуатации	38

6.МАРКИРОВКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ	41
6.1.Теоретические сведения о маркировке полупроводниковых приборов	41
6.2. Практическая расшифровка маркировки полупроводниковых приборов	44
6.3.Определение годности полупроводниковых приборов к эксплуатации с помощью сервисных измерительных приборов	45
7. МАРКИРОВКА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ	50
7.1. Маркировка отечественных микросхем	50
7.2.Практическая расшифровка маркировки и изучение конструкций гибридных интегральных схем	56
7.3.Практическая расшифровка маркировки и изучение конструкций полупроводниковых ИМС	57
8.ПРИНЦИПЫ ОБОЗНАЧЕНИЙ И МАРКИРОВКА ТРАНСФОРМАТОРОВ	57
8.1. Маркировка трансформаторов	57
8.2. Методика расчёта параметров трансформаторов питания	59
8.3. Расшифровка маркировки и расчёт параметров реальных трансформаторов питания	64
9. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАЙКЕ И МОНТАЖЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ (РЭО)	67
9.1. Основные монтажные материалы	67
9.2. Техническая документация при электромонтаже	68
9.3. Подготовка проводов и радиодеталей к монтажу	69
9.4. Технология пайки электрических соединений внутриблочного монтажа радиоэлектронных изделий	73
10. ПРАКТИЧЕСКОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ НАВЕСНОГО МОНТАЖА СОЕДИНЕНИЙ	77
10.1. Лужение и пайка проводов и выводов различными видами соединений. Выполнение навесного монтажа	77
10.2. Изготовление и ремонт печатных плат	78
10.3. Особенности ремонта плат с печатным монтажом	82
10.4. Сборка усилителя низкой частоты	84
10.5. Сборка мультивибратора с УНЧ	87
10.6. Сборка фильтра нижних частот	88
10.7. Особенности пайки интегральных микросхем	89
10.8. Сборка формирователя и генератора импульсов на ИМС ...	90
10.9. Сборка индикатора уровня сигнала	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ	94