

МОИ



А.Ю. Зорин

Условные графические обозначения на электрических схемах

Методическое пособие

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

А.Ю. Зорин

УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

Методическое пособие

по курсам

*«Конструирование электронных устройств»,
«Электронные цепи и микросхемотехника»,
«Цифровые электронные устройства»*

для студентов, обучающихся по направлениям
«Электроника и микроэлектроника»,
«Радиотехника»

6 УДК
621.39.6
3-862

Утверждено учебным управлением МЭИ (ТУ)

Подготовлено на кафедре электронных приборов

Рецензент: докт. техн. наук А.А.Григорьев

Зорин А.Ю.

3-862 Условные графические обозначения на электрических схемах
/ под ред. А.И.Питолина.—М.: Издательский дом МЭИ, 2007. —74 с.

Приводятся основные условные графические обозначения, используемые при выполнении структурных и принципиальных электрических схем в соответствии с требованиями ГОСТ, а также краткие сведения об особенностях их использования.

Для студентов старших курсов факультета электронной техники специальности «Электронные приборы и устройства» и других специальностей при оформлении расчетных заданий, курсовых, бакалаврской и дипломной работ.

ВВЕДЕНИЕ

При документальном оформлении результатов любой научно-технической разработки каждый исполнитель сталкивается с необходимостью выполнять графические и текстовые материалы в соответствии с требованиями ГОСТ. Однако не все разработчики и исполнители достаточно полно представляют себе даже основные правила и особенности использования условных графических обозначений при изготовлении чертежей структурных и принципиальных схем. С этой проблемой практически постоянно сталкиваются, в частности, студенты старших курсов радиотехнических специальностей при подготовке пояснительных записок и чертежей, выполняя расчётные, курсовые и дипломные работы. Эти же трудности испытывают и многие молодые специалисты при выполнении производственных заданий.

Стандарты периодически изменяются, в некоторых случаях достаточно часто и существенно. В некоторых литературных источниках, особенно это касается переводных изданий, структурные и, особенно, принципиальные схемы выполняются с откровенными нарушениями требований ГОСТ. Кроме того, в учебном процессе студенты широко используют различные компьютерные программы для моделирования и проектирования электронных схем (например, «Electronic WorkBench», PCAD и др.). Почти во всех этих программах используются обозначения, не соответствующие отечественным.

Поэтому предлагаемое пособие, представляющее собой адаптированное изложение важных разделов наиболее популярных ГОСТов, на наш взгляд, позволит избежать указанных выше трудностей при оформлении различных учебных работ.

1. ПОЗИЦИОННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

В соответствии с ГОСТ 2.710—81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах» [1] позиционное обозначение каждого элемента или устройства состоит из одно- или двухбуквенного кода (табл.1.1) и порядкового номера элемента (устройства) среди элементов (устройств) данного вида в изделии (например, *VT1*, *VT2* и т. д.; *VD1*, *VD2* и т. д.). При необходимости, например, при изображении устройства (переключатели, реле, микросхемы) разнесенным способом, его частям (секциям, контактными группам, логическим элементам) присваивают условные номера, отделяя их точкой от позиционного обозначения устройства: *K1.2* (вторая группа контактов реле *K1*), *DD12.4* (четвертый элемент цифровой микросхемы *DD12*) и т.д. Чтобы показать принадлежность элемента какому-либо блоку или устройству, позиционное обозначение последнего присоединяют к обозначению элемента через тире: *A1—VT5* (транзистор *VT5* входит в состав устройства *A1*).

Таблица 1.1

Позиционные обозначения элементов и устройств

Устройства и элементы	Буквенный код
Устройства: усилители, приборы телесуправления, лазеры, мазеры: общее обозначение	<i>A</i>
Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или многоразрядные преобразователи, датчики для указания или измерения; общее обозначение	<i>B</i>
Громкоговоритель	<i>BA</i>
Магнитострикционный элемент	<i>BB</i>
Детектор ионизирующих излучений	<i>BD</i>
Сельсин-датчик	<i>BC</i>
Сельсин-приемник	<i>BE</i>
Телефон (капсюль)	<i>BF</i>
Тепловой датчик	<i>BK</i>
Фотоэлемент	<i>BL</i>
Микрофон	<i>BM</i>
Датчик давления	<i>BP</i>
Пьезоэлемент	<i>BQ</i>
Датчик частоты вращения, тахогенератор	<i>BR</i>
Звукосниматель	<i>BS</i>
Датчик скорости	<i>BV</i>
Конденсаторы	<i>C</i>
Микросхемы интегральные, микросборки; общее обозначение	<i>D</i>
Микросхема интегральная аналоговая	<i>DA</i>
Микросхема интегральная цифровая, логический элемент	<i>DD</i>
Устройство хранения информации (памяти)	<i>DS</i>
Устройство задержки	<i>DT</i>
Элементы разные: общее обозначение	<i>E</i>

Устройства и элементы	Буквенный код
Лампа осветительная	<i>EL</i>
Нагревательный элемент	<i>EK</i>
Разрядники, предохранители, устройства защиты; общее обозначение	<i>F</i>
Предохранитель плавкий	<i>FU</i>
Генераторы, источники питания, кварцевые генераторы; общее обозначение	<i>G</i>
Батарея гальванических элементов, аккумуляторов	<i>GB</i>
Устройства индикационные и сигнальные; общее обозначение	<i>H</i>
Прибор звуковой сигнализации	<i>HA</i>
Индикатор символьный	<i>HG</i>
Прибор световой сигнализации	<i>HL</i>
Реле, контакторы, пускатели; общее обозначение	<i>K</i>
Реле электротепловое	<i>KK</i>
Реле времени	<i>KT</i>
Контактор, магнитный пускатель	<i>KM</i>
Катушки индуктивности, дроссели; общее обозначение	<i>L</i>
Двигатели; общее обозначение	<i>M</i>
Приборы измерительные; общее обозначение	<i>P</i>
Амперметр (миллиамперметр, микроамперметр)	<i>PA</i>
Счетчик импульсов	<i>PC</i>
Частотомер	<i>PF</i>
Омметр	<i>PR</i>
Регистрирующий прибор	<i>PS</i>
Измеритель времени действия, часы	<i>PT</i>
Вольтметр	<i>PV</i>
Ваттметр	<i>PW</i>
Резисторы постоянные и переменные; общее обозначение	<i>R</i>
Терморезистор	<i>RK</i>
Шунт измерительный	<i>RS</i>
Варистор	<i>RU</i>
Выключатели, разъединители, короткозамыкатели в силовых цепях (в цепях питания оборудования); общее обозначение	<i>Q</i>
Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных; общее обозначение	<i>S</i>
Выключатель или переключатель	<i>SA</i>
Выключатель кнопочный	<i>SB</i>
Выключатель автоматический	<i>SF</i>
Трансформаторы, автотрансформаторы; общее обозначение	<i>T</i>

Устройства и элементы	Буквенный код
Электромагнитный стабилизатор	<i>TS</i>
Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи; общее обозначение	<i>U</i>
Модулятор	<i>UB</i>
Демодулятор	<i>UR</i>
Дискриминатор	<i>UI</i>
Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	<i>UZ</i>
Приборы полупроводниковые и электровакуумные; общее обозначение	<i>V</i>
Диод, стабилитрон	<i>VD</i>
Транзистор	<i>VT</i>
Тиристор	<i>VS</i>
Прибор электровакуумный	<i>VL</i>
Линии и элементы СВЧ; общее обозначение	<i>W</i>
Ответвитель	<i>WE</i>
Короткозамыкатель	<i>WK</i>
Вентиль	<i>WS</i>
Трансформатор, фазовращатель, неоднородность	<i>WT</i>
Аттенюатор	<i>WU</i>
Антенна	<i>WA</i>
Соединения контактные; общее обозначение	<i>X</i>
Штырь (вилка)	<i>XP</i>
Гнездо (розетка)	<i>XS</i>
Соединение разборное	<i>XT</i>
Соединитель высокочастотный	<i>XW</i>
Устройства механические с электромагнитным приводом; общее обозначение	<i>Y</i>
Электромагнит	<i>YA</i>
Тормоз с электромагнитным приводом	<i>YB</i>
Муфта с электромагнитным приводом	<i>YC</i>
Устройства оконечные, фильтры: общее обозначение	<i>Z</i>
Ограничитель	<i>ZL</i>
Фильтр кварцевый	<i>ZQ</i>

В конце позиционного обозначения элемента (устройства) может быть дополнительная буква, указывающая его функциональное назначение (табл.1.2). Например, *R1F* — резистор защитный, *SB1R* — кнопка сброса.

Таблица 1.2

Функциональное назначение элемента, устройства

Функциональное назначение устройства, элемента	Буквенный код
Вспомогательный	<i>A</i>
Считающий	<i>C</i>
Дифференцирующий	<i>D</i>
Защитный	<i>F</i>
Испытательный	<i>G</i>
Интегрирующий	<i>I</i>
Измерительный	<i>N</i>
Состояние (старт, стоп, ограничение)	<i>Q</i>
Возврат, сброс	<i>R</i>
Запоминающий, записывающий	<i>S</i>
Скорость (ускорение, торможение)	<i>V</i>
Суммирующий	<i>W</i>
Аналоговый	<i>Y</i>
Цифровой	<i>Z</i>
Главный	<i>M</i>
Сигнальный	<i>H</i>
Пропорциональный	<i>P</i>
Синхронизирующий, задерживающий	<i>T</i>
Умножающий	<i>X</i>

2. РЕЗИСТОРЫ

Резистор (*англ. resistor*, от *лат. resisto* — сопротивляюсь) — радиокомпонент, основное назначение которого оказывать активное сопротивление электрическому току. Основные характеристики резистора — номинальное сопротивление и рассеиваемая мощность. Наиболее широко используются постоянные резисторы, реже — переменные, подстроечные, а также резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием внешних факторов.

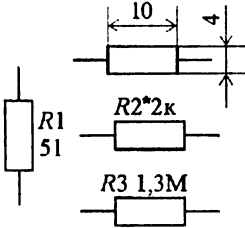


Рис.2.1

Постоянные резисторы бывают проволочными (из провода с высоким и стабильным удельным сопротивлением) и непроволочными (с резистивным элементом, например, в виде тонкой пленки из оксида металла, пиролитического углерода и т. д.). Однако на схемах их обозначают одинаково — в виде прямоугольника с линиями электрической связи, символизирующими выводы резистора (рис. 2.1). Это условное графическое обозначение (УГО) — основа, на которой строятся УГО всех разновидностей резисторов. Указанные на рис. 2.1 размеры УГО резисторов установлены ГОСТом [2] и их следует соблюдать при вычерчивании схем.

На схемах рядом с УГО резистора (по возможности сверху или справа) указывают его условное буквенно-цифровое позиционное обозначение и номинальное сопротивление. Позиционное обозначение состоит из латинской буквы *R* (*Resisto*) и порядкового номера резистора по схеме. Сопротивление от 0 до 999 Ом указывают числом без обозначения единицы измерения (51 Ом → 51), сопротивления от 1 до 999 кОм — числом со строчной буквой *к* (100 кОм → 100 к), сопротивления от 1 до 999 МОм — числом с прописной буквой *М* (150 МОм → 150 М).

Если же позиционное обозначение резистора помечено звездочкой (резистор *R2** на рис.2.1), то это означает, что сопротивление указано ориентировочно и при налаживании устройства его необходимо подобрать по определенной методике.

Номинальную рассеиваемую мощность указывают специальными значками внутри условного графического обозначения (рис. 2.2).

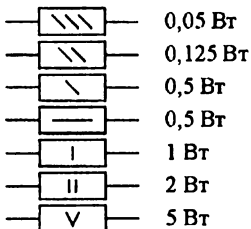


Рис.2.2

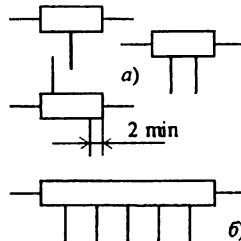


Рис.2.3

Постоянные резисторы могут иметь отводы от резистивного элемента (рис. 2.3, а), причем, если необходимо, то символ резистора вытягивают в длину (рис. 2.3, б).

Переменные резисторы используют для всевозможных регулировок. Как правило, у такого резистора минимум три вывода: два — от резистивного элемента, определяющего номинальное (а практически — максимальное) сопротивление, и один — от перемещающегося по нему токоотъемника — движка. Последний изображают в виде стрелки, перпендикулярной длинной стороне основного условного графического изображения (рис. 2.4, а). Для переменных резисторов в реостатном включении допускается использовать условное графическое изображение рис. 2.4, б. Переменные резисторы с дополнительными отводами обозначаются так, как показано на рис. 2.4, в. Отводы у переменных резисторов показывают так же, как и у постоянных (см. рис. 2.3).

Для регулирования громкости, тембра, уровня в стереофонической аппаратуре, частоты в измерительных генераторах сигналов применяют сдвоенные переменные резисторы. На схемах условных графических изображений входящие в них резисторы стараются расположить возможно ближе друг к другу, а механическую связь показывают либо двумя сплошными линиями, либо одной штриховой (рис. 2.5, а). Если же сделать этого не удастся, т. е. символы резисторов оказываются на удалении один от другого, то механическую связь изображают отрезками штриховой линии (рис. 2.5, б). Принадлежность резисторов к сдвоенному блоку указывают в позиционном обозначении ($R2.1$ — первый резистор сдвоенного переменного резистора $R2$; $R2.2$ — второй).

В бытовой аппаратуре часто применяют переменные резисторы, объе-

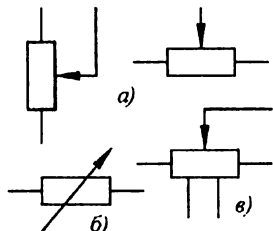


Рис.2.4

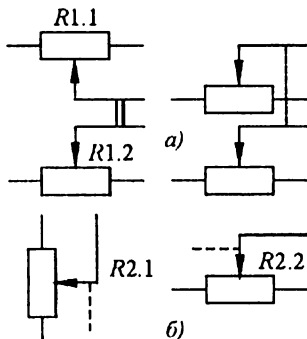


Рис.2.5

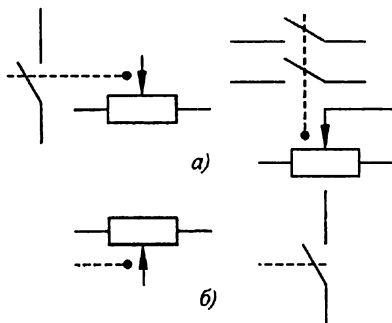


Рис.2.6

диненные с одним или двумя выключателями. Символы их контактов размещают на схемах рядом с условным графическим изображением переменного резистора и соединяют штриховой линией с жирной точкой, которую изображают с той стороны УГО, при перемещении к которой движок воздействует на выключатель, (рис. 2.6, а). При этом имеется в виду, что *контакты замыкаются при движении от точки, а размыкаются при движении к ней*. В случае если УГО резистора и выключателя на схеме удалены один от другого, механическую связь показывают отрезками штриховых линий (рис. 2.6, б).

Подстроечные резисторы — это разновидность переменных. Узел перемещения движка таких резисторов чаще всего приспособлен для управления отверткой и не рассчитан на частые регулировки. УГО подстроечного резистора (рис. 2.7) наглядно отражает его назначение: практически это постоянный резистор с отводом, положение которого можно изменять.

Из резисторов, изменяющих свое сопротивление под действием внешних факторов, наиболее часто используют терморезисторы (обозначение *RK*) и варисторы (*RU*, см. табл.1.1). Общим для условного графического изображения резисторов этой группы является знак нелинейного саморегулирования в виде наклонной линии с изломом внизу (рис. 2.8).

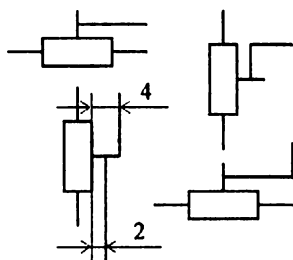


Рис.2.7

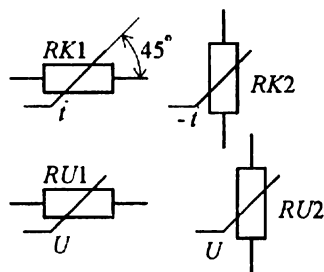


Рис.2.8

Для указания внешних факторов воздействия используют их общепринятые буквенные обозначения: t° (температура), U (напряжение) и т. д.

Знак температурного коэффициента сопротивления терморезисторов указывают только в том случае, если он отрицательный (см. рис. 2.8, резистор RK2).

3. КОНДЕНСАТОРЫ

Наряду с резисторами конденсаторы являются наиболее широко используемыми компонентами электрических цепей. Основные характеристики конденсатора — номинальная ёмкость и номинальное напряжение. Чаще всего в схемах используются постоянные конденсаторы, и гораздо реже — переменные и подстроечные. Отдельной группой стоят конденсаторы, изменяющие свою ёмкость под воздействием внешних факторов.

Общие условные графические обозначения конденсаторов *постоянной ёмкости* приведены на рис. 3.1 и их определяет соответствующий ГОСТ [2].

Номинальное напряжение конденсаторов (кроме так называемых оксидных) на схемах, как правило, не указывают. Только в некоторых случаях, например, в схемах цепей высокого напряжения рядом с обозначением номинальной ёмкости можно указывать и номинальное напряжение (см. рис. 3.1, C4). Для оксидных же конденсаторов (старое название электролитических) и особенно на принципиальных схемах бытовых электронных устройств это давно стало практически обязательным (рис. 3.2).

Подавляющее большинство оксидных конденсаторов — полярные, поэтому включать их в электрическую цепь можно только с соблюдением полярности. Чтобы показать это на схеме, у символа положительной обкладки такого конденсатора ставят знак «+». Обозначение C1 на рис. 3.2 — общее обозначение полярized конденсатора. Иногда используется другое изображение обкладок конденсатора (см. рис. 3.2, C2 и C3).

С технологическими целями или при необходимости уменьшения габаритов в некоторых случаях в один корпус помещают два конденсатора, но выводов делают только три (один из них — общий). Условное графическое обозначение двоянного конденсатора наглядно передает эту идею (см. рис. 3.2, C4).

Для развязки цепей питания высокочастотных устройств по переменному току применяют так называемые *проходные конденсаторы*. У них тоже три вывода: два — от одной обкладки («вход» и «выход»), а третий (чаще в виде винта) — от другой, наружной, которую соединяют с экраном или за-

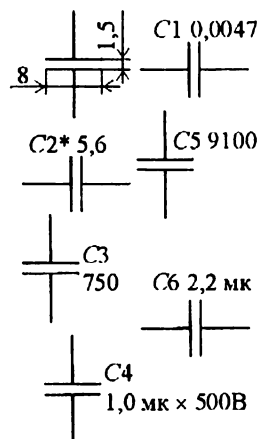


Рис.3.1

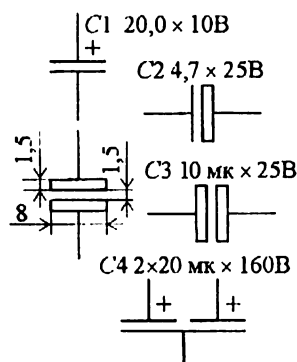


Рис.3.2

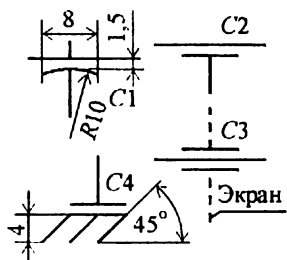


Рис.3.3

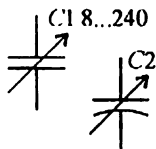


Рис.3.4

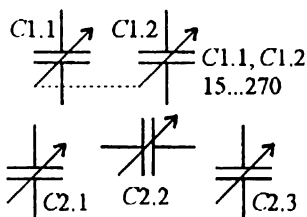


Рис.3.5

регулирования — наклонной стрелкой, пересекающей базовый символ под углом 45° , а возле него часто указывают минимальную и максимальную ёмкость конденсатора (рис. 3.4). Если необходимо обозначить ротор КПЕ, поступают так же, как и в случае проходного конденсатора (см. рис. 3.4, C2).

Для одновременного изменения ёмкости в нескольких цепях (например, в колебательных контурах) используют блоки, состоящие из двух, трех и большего числа КПЕ. Принадлежность КПЕ к одному блоку показывают на схемах штриховой линией механической связи, соединяющей знаки регулирования, и нумерацией секций (через точку в позиционном обозначении, рис. 3.5). При изображении КПЕ блока в разных, далеко отстоящих одна от другой частях схемы механическую связь не показывают, ограничиваясь только соответствующей нумерацией секций (см. рис. 3.5, C2.1, C2.2, C2.3).

Разновидность КПЕ — *подстроечные конденсаторы*. Конструктивно они выполнены так, что их ёмкость можно изменять только с помощью инструмента (чаще всего отвертки). В условном графическом обозначении это показывают знаком подстроечного регулирования — наклонной линией со штрихом на конце (рис. 3.6). Ротор подстроечного конденсатора обозначают, если необходимо, дугой (см. рис. 3.6, C3, C4).

вёртывают в шасси. Эту особенность конструкции отражает условное графическое обозначение такого конденсатора (рис. 3.3, C1). Наружную обкладку обозначают короткой дугой, а также одним (C2) или двумя (C3) отрезками прямых линий с выводами от середины. Условное графическое обозначение с позиционным обозначением C3 используют при изображении проходного конденсатора в стенке экрана. С той же целью, что и проходные, применяют опорные конденсаторы. Обкладку, соединяемую с корпусом (шасси), выделяют в обозначении такого конденсатора тремя наклонными линиями, символизирующими «заземление» (см. рис. 3.3, C4).

Конденсаторы переменной ёмкости (КПЕ) предназначены для оперативной регулировки и состоят обычно из статора и ротора. Такие конденсаторы широко использовались, например, для изменения частоты настройки радиовещательных приёмников. Как говорит само название, они допускают многократную регулировку ёмкости в определенных пределах. Это их свойство показывают на схемах знаком

Саморегулируемые конденсаторы (или нелинейные) обладают способностью изменять ёмкость под действием внешних факторов. В радиоэлектронных устройствах часто применяют вариконды (от английских слов *vari(able)* — переменный и *cond(enser)* — ещё одно название конденсатора). Их ёмкость зависит от приложенного к обкладкам напряжения. Буквенный код варикондов — *CU* (*U* — общепринятый символ напряжения, см. табл.1.1), УГО в этом случае — базовый символ конденсатора, перечеркнутый знаком нелинейного саморегулирования с латинской буквой *U* (рис. 3.7, конденсатор *CU1*).

Аналогично построено УГО термоконденсаторов. Буквенный код этой разновидности конденсаторов — *CK* (рис. 3.7, конденсатор *CK2*). Температура среды, естественно, обозначается символом t° .

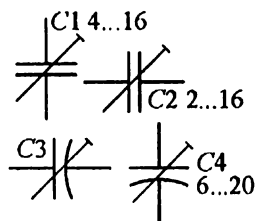


Рис.3.6

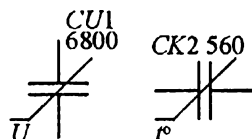


Рис.3.7

4. КАТУШКИ, ДРОССЕЛИ, ТРАНСФОРМАТОРЫ

Независимо от реальной конструкции катушки индуктивности и дроссели изображают на схемах, как показано на рис. 4.1 [3].

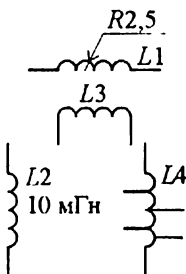


Рис.4.1

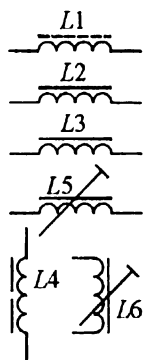


Рис.4.2

Число полуокружностей в условном графическом обозначении катушек и дросселей может быть любым. Чаще количество полуокружностей выбирают равным четырем или же в зависимости от удобства их сопряжения на принципиальных схемах с символами других элементов (конденсаторов, резисторов и т. п.). В зависимости от конфигурации принципиальной схемы выводы обмотки направляют либо в одну сторону (рис. 4.1, $L3$), либо в разные ($L1$, $L2$, $L4$). Если необходимо показать отвод, то линию электрической связи присоединяют в месте сочленения полуокружностей или в середине одной из них ($L4$), причём точка не ставится.

Буквенно-цифровое позиционное обозначение катушек и дросселей состоит из буквы L и порядкового номера по схеме. Рядом (сверху или справа) можно указывать индуктивность, обычно в миллигенри или микрогенри.

Если катушка или дроссель имеет магнитопровод, условное графическое обозначение дополняют его символом — отрезком сплошной или прерывистой линии, располагаемым с «наружной» стороны полуокружностей (рис. 4.2). При этом магнитопроводы из карбонильного железа, альсифера или других магнитодиэлектриков изображают штриховой линией ($L1$), из феррита или ферромагнитного сплава (электротехническая сталь, пермаллой) —

сплошной линией ($L2$). Магнитопроводы из немагнитных материалов (меди, алюминия и др.) обозначают так же, как и ферромагнитные, но рядом с УГО указывают химический символ металла.

Возможность *подстройки индуктивности* изменением положения магнитопровода показывают на схемах знаком подстроечного регулирования, пересекающим условное графическое обозначение катушки под углом 45° (рис. 4.2, $L5$, $L6$). Если необходимо обратить внимание на наличие зазора в ферромагнитном магнитопроводе катушки или дросселя (обычно зазор делают для увеличения магнитного сопротивления, чтобы предотвратить насыщение магнитопровода), символ последнего разывают посередине (см. рис. 4.2, дроссель $L4$).

Для перестройки колебательных контуров иногда используют катушки *переменной индуктивности* — так называемые вариометры. Конструктивно вариометр состоит из двух соединенных последовательно и помещенных одна в другую катушек, одна из которых может изменять свое положение по

отношению к другой (например, при вращении). Символы катушек, составляющих вариометр, располагают на схемах либо параллельно (рис. 4.3, $L1.1$, $L1.2$), либо перпендикулярно друг другу ($L2.1$, $L2.2$) и пересекают знаком регулирования. В качестве вариометров применяют также катушки с подвижными магнитопроводами.

Объединение таких катушек в блок показывают штриховой линией механической связи, соединяющей знаки регулирования (см. рис. 4.4, $L3.1$, $L3.2$).

Символы катушек используют и в построении условных графических обозначений различных трансформаторов. Простейший трансформатор содержит две индуктивно связанные катушки (обмотки). Эту конструктивную особенность, как и в случае с вариометром, показывают, располагая символы обмоток рядом, параллельно (рис. 4.4) и на схемах им присваивают буквенное обозначение катушек — L . Необходимое для обеспечения работоспособности некоторых устройств фазирование обмоток (т. е. порядок подключения выводов) показывают точками, обозначающими их начало (см. рис. 4.4, $L1-L2$, $L7-L8$).

Радиочастотные трансформаторы могут быть как с магнитопроводами, так и без них. Если магнитопровод общий для всех обмоток, его изображают между их символами (см. рис. 4.4, $L5-L6$, $L7-L8$), а если каждая из них имеет свой магнитопровод — над ними ($L9-L10$, $L11-L12$). Возможность подстройки индуктивности изменением положения сердечника показывают знаком подстроечного регулирования, пересекая им либо только УГО магнитопровода ($L9-L10$, $L11-L12$), либо и его, и одновременно символов обмоток ($L7-L8$). Если же необходимо показать регулируемую индуктивную связь между обмотками, их символы пересекают знаком регулирования ($L3-L4$, $L11-L12$).

Трансформаторы, работающие в широкой полосе частот, обозначают буквой T , а их обмотки — римскими цифрами (рис. 4.5). Иногда вместо последних для обозначения обмоток используют условную нумерацию их выводов. Число полуокружностей в символах обмоток трансформаторов может быть любым.

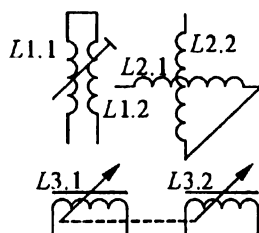


Рис. 4.3

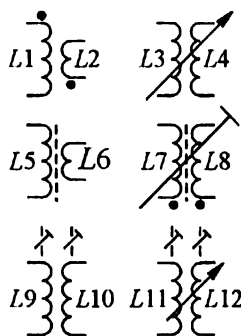


Рис. 4.4

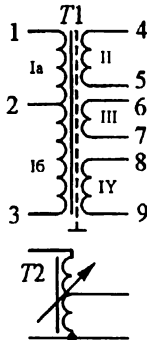


Рис. 4.5

Для уменьшения помех, проникающих из сети, между первичной и вторичными обмотками трансформаторов питания иногда помещают электростатический экран. Он представляет собой незамкнутый виток медной или алюминиевой фольги или один слой тонкого провода, соединяемый с общим проводом устройства. На схемах такой экран изображают штриховой линией (см. рис. 4.5, T1), а соединение с общим проводом — поперечной черточкой на конце вывода экрана. Условное графическое обозначение трансформаторов допускается показывать повернутым на 90° .

Разновидность трансформаторов — автотрансформаторы изображают на схемах, как и катушки с отводами. Возможность плавного регулирования снимаемого с них напряжения показывают знаком регулирования (см. рис. 4.5, T2).

5. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Условные графические обозначения коммутационных изделий [4] — выключателей, переключателей и электромагнитных реле построены на основе символов контактов: замыкающих (рис. 5.1, б), размыкающих (в, г) и переключающих (г, е). Контакты, одновременно замыкающие или размыкающие две цепи, обозначают, как показано на рис. 5.1, ж, и.

За исходное положение замыкающих контактов принято разомкнутое состояние коммутируемой электрической цепи, размыкающих — замкнутое, переключающих — положение, в котором одна из цепей замкнута, другая разомкнута (исключение составляет контакт с нейтральным положением). УГО всех контактов допускается изображать только в зеркальном или повернутом на 90° положениях.

Стандартизованная система УГО предусматривает отражение и таких конструктивных особенностей, как неодновременность срабатывания одного или нескольких контактов в группе, отсутствие или наличие фиксации их в одном из положений. Так, если необходимо показать, что контакт замыкается или размыкается раньше других, символ его подвижной части дополняют коротким штрихом, направленным в сторону срабатывания (рис. 5.2, а, б), а если позже, — штрихом, направленным в обратную сторону (рис. 5.2, в, г). Отсутствие фиксации в замкнутом или разомкнутом положениях (самовозврат) обозначают небольшим треугольником, вершина которого направлена в сторону исходного положения подвижной части контакта (рис. 5.2, д, е), а фиксацию — кружком на символе его неподвижной части (рис. 5.2, ж, и). Последние два УГО используют в тех случаях, если необходимо показать разновидность коммутационного изделия, контакты которого этими свойствами обычно не обладают.

Условное графическое обозначение выключателей (рис. 5.3) строят на основе символов замыкающих и размыкающих контактов. При этом имеется в виду, что контакты фиксируются в обоих положениях, т. е. не имеют самовозврата.

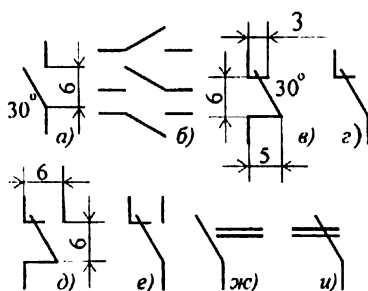


Рис. 5.1

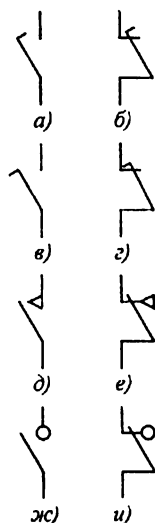


Рис. 5.2

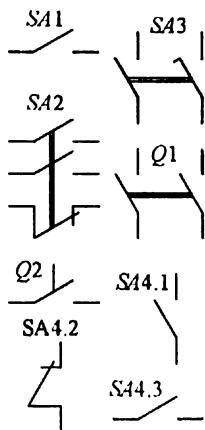


Рис.5.3

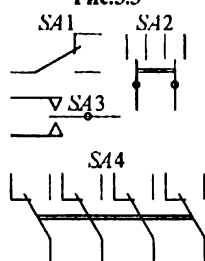


Рис.5.4

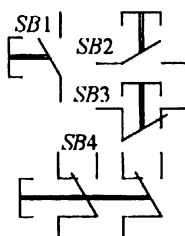


Рис.5.5

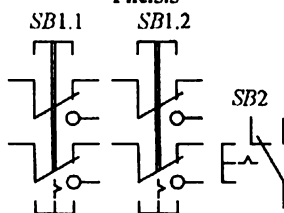


Рис.5.6

Буквенный код изделий этой группы определяется коммутируемой цепью и конструктивным исполнением выключателя. Если последний помещен в цепь управления, сигнализации, измерения, его обозначают латинской буквой *S*, а если в цепь питания — буквой *Q*. Способ управления находит отражение во второй букве кода: кнопочные выключатели и переключатели обозначают буквой *B* (*SB*), автоматические — буквой *F* (*SF*), все остальные — буквой *A* (*SA*).

Если в выключателе несколько контактов, символы их подвижных частей располагают параллельно и соединяют линией механической связи. В качестве примера на рис. 5.3 показано условное графическое обозначение выключателя *SA2*, содержащего один размыкающий и два замыкающих контакта, и *SA3*, состоящего из двух замыкающих контактов, причём один из которых (на рисунке — правый) замыкается позже другого. Выключатели *Q1* и *Q2* служат для коммутации цепей питания. Контакты *Q2* механически связаны с каким-либо органом управления, о чем свидетельствует отрезок штриховой линии. При изображении контактов в разных участках схемы принадлежность их одному коммутационному изделию традиционно отражают в буквенно-цифровом позиционном обозначении (*SA4.1*, *SA4.2*, *SA4.3*).

Аналогично, на основе символа переключающего контакта, строят условные графические обозначения двухпозиционных переключателей (рис. 5.4, *SA1*, *SA4*). Если же переключатель фиксируется не только в крайних, но и в среднем (нейтральном) положении, символ подвижной части контакта помещают между символами неподвижных частей, возможность поворота его в обе стороны показывают точкой (*SA2* на рис. 5.4). Так же поступают и в том случае, если необходимо показать на схеме переключатель, фиксируемый только в среднем положении (см. рис. 5.4, *SA3*).

Отличительный признак УГО кнопочных выключателей и переключателей — символ кнопки, соединенный с обозначением подвижной части контакта линией механической связи (рис. 5.5). При этом если условное графическое обозначение построено на базе основного символа контакта (см. рис. 5.1), то это означает, что выключатель (переключатель) не фиксируется в нажатом положении (при отпускании кнопки возвращается в исходное положение). Если же необходимо показать фиксацию, используют специально предназначенные для этой цели символы контактов с фиксацией (рис. 5.6). Возврат в исходное положение при нажатии другой кнопки переключателя показывают в этом случае знаком фиксирующего механизма, присоединяя его к символу подвижной части контакта со стороны, противоположной символу кнопки (см. рис. 5.6, *SB1.1*, *SB1.2*). Если же возврат происходит при повторном нажатии кнопки, знак фиксирующего механизма изображают взамен линии механической связи (*SB2*).

Многопозиционные переключатели (например, галетные) обозначают, как показано на рис. 5.7. Здесь *SA1* (на 6 положений и 1 направление) и *SA2* (на 4 положения и 2 направления) — переключатели с выводами от подвижных контактов, *SA3* (на 3 положения и 3 направления) — без выводов от них. Условное графическое обозначение отдельных контактных групп изображают на схемах в одинаковом положении, принадлежность к одному переключателю традиционно показывают в позиционном обозначении (см. рис. 5.7, *SA1.1*, *SA1.2*).

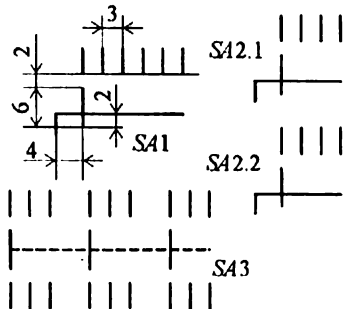


Рис.5.7

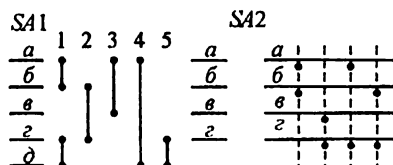


Рис.5.8

Для изображения многопозиционных переключателей со сложной коммутацией ГОСТ предусматривает несколько способов. Два из них показаны на рис. 5.8. Переключатель *SA1* — на 5 положений (они обозначены цифрами; буквы *a—d* введены только для пояснения). В положении 1 соединяются одна с другой цепи *a* и *б*, *г* и *д*, в положениях 2, 3, 4 — соответственно цепи *б* и *г*, *a* и *в*, *a* и *д*, в положении 5 — цепи *a* и *б*, *в* и *г*.

Переключатель *SA2* — на 4 положения. В первом из них замыкаются цепи *a* и *б* (об этом говорят расположенные под ними точки), во втором — цепи *в* и *г*, в третьем — *в* и *г*, в четвертом — *б* и *г*.

6. РЕЛЕ И СОЕДИНИТЕЛИ

Наряду с выключателями и переключателями в радиоэлектронной технике для дистанционного управления и различных развязок широко применяют *электромагнитные реле* (от французского слова *relais*). Электромагнитное реле состоит из электромагнита и одной или нескольких контактных групп. Символы этих обязательных элементов конструкции реле и образуют его условное графическое обозначение [4].

Электромагнит (точнее, его обмотку) изображают на схемах в виде прямоугольника с присоединенными к нему линиями электрической связи, символизирующими выводы. Условное графическое обозначение контактов располагают напротив одной из узких сторон символа обмотки и соединяют с ним линией механической связи (пунктирной линией). Буквенный код реле — буква *K* (*K1* на рис.6.1)

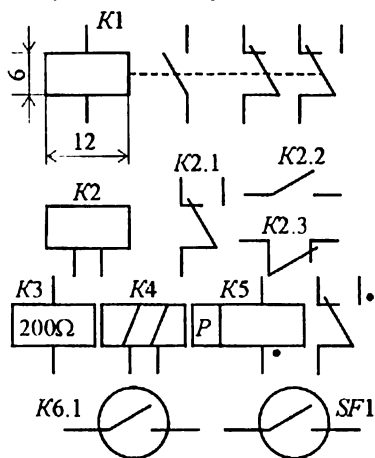


Рис.6.1

Выводы обмотки для удобства допускается изображать с одной стороны (см. рис. 6.1, *K2*), а символы контактов — в разных частях схемы (рядом с УГО коммутируемых элементов). В этом случае принадлежность контактов тому или иному реле указывают обычным образом в позиционном обозначении условным номером контактной группы (*K2.1*, *K2.2*, *K2.3*).

Внутри условного графического обозначения обмотки стандарт допускает указывать ее параметры (см. рис. 6.1, *K3*) или конструктивные особенности. Например, две наклонные линии в символе обмотки реле *K4* означают, что она состоит из двух обмоток.

Поляризованные реле (они обычно управляются изменением направления тока в одной или двух обмотках) выделяют на схемах латинской буквой *P*, вписываемой в дополнительное графическое поле УГО и двумя жирными точками (см. рис. 6.1, *K5*). Эти точки возле одного из выводов обмотки и одного из контактов такого реле означают следующее: контакт, отмеченный точкой, замыкается при подаче напряжения, положительный полюс которого приложен к выделенному таким же образом выводу обмотки. Если необходимо показать, что контакты поляризованного реле остаются замкнутыми и после снятия управляющего напряжения, поступают так же, как и в случае с кнопочными переключателями (см. разд. 5): на символе замыкающего (или размыкающего) контакта изображают небольшой кружок. Существуют так же реле, в которых магнитное поле, создаваемое управляющим током обмот-

ки, воздействует непосредственно на чувствительные к нему (магнитоуправляемые) контакты, заключенные в герметичный корпус (отсюда и название геркон — ГЕРметизированный КОНтакт). Чтобы отличить контакты геркона от других коммутационных изделий в его УГО иногда вводят символ герметичного корпуса — окружность. Принадлежность к конкретному реле указывается в позиционном обозначении (см. рис. 6.1, К6.1). Если же геркон не является частью реле, а управляется постоянным магнитом, его обозначают кодом автоматического выключателя — буквами *SF* (рис. 6.1, *SF1*).

Большую группу коммутационных изделий образуют всевозможные *соединители*. Наиболее широко используют разъемные соединители (штепсельные разъемы, см. рис. 6.2). Код разъемного соединителя — латинская буква *X*. При изображении штырей и гнезд в разных частях схемы в позиционное обозначение первых вводят букву *P* (см. рис. 6.2, *XP1*), вторых — *S* (*XS1*).

Высокочастотные (коаксиальные) соединители и их части обозначают буквами *XW* (см. рис. 6.2, соединитель *XW1*, гнезда *XW2*, *XW3*). Отличительный признак высокочастотного соединителя — окружность с отрезком касательной линии, параллельной линии электрической связи и направленной в сторону соединения (*XW1*). Если же с другими элементами устройства штырь или гнездо соединены коаксиальным кабелем, касательную продляют и в другую сторону (*XW2*, *XW3*). Соединение корпуса соединителя и оплетки коаксиального кабеля с общим проводом (корпусом) устройства показывают присоединением к касательной (без точки!) линии электрической связи со знаком корпуса на конце (*XW3*).

Разборные соединения (с помощью винта или шпильки с гайкой и т. п.) обозначают на схемах буквами *XT*, а изображают — небольшим кружком (см. рис. 6.2; *XT1*, *XT2*, диаметр окружности — 2 мм). Это же условное графическое обозначение используют и в том случае, если необходимо показать контрольную точку.

Передача сигналов на подвижные узлы механизмов часто осуществляется с помощью соединения, состоящего из подвижного контакта (его изображают в виде стрелки) и токопроводящей поверхности, по которой он скользит. Если эта поверхность линейная, ее показывают отрезком прямой линии с выводом в виде ответвления у одного из концов (см. рис. 6.2, *X1*), а если кольцевая или цилиндрическая — окружностью (*X2*).

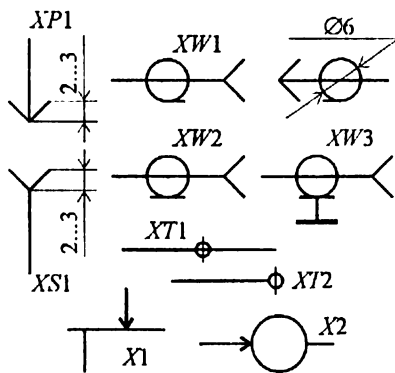


Рис.6.2

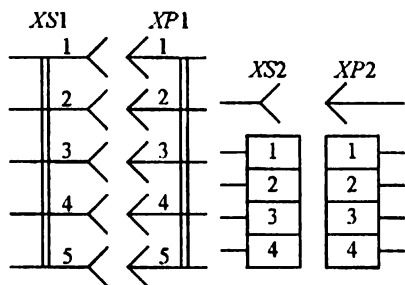


Рис.6.3

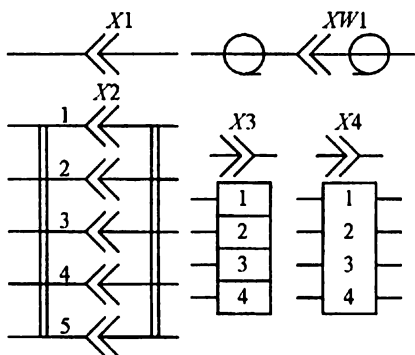


Рис.6.4

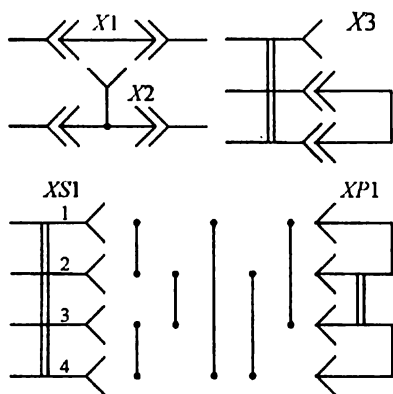


Рис.6.5

дарт допускает обозначать многоконтактный соединитель одним прямоугольником с соответствующими числом линий электрической связи и нумерацией (см. рис. 6.4, X4).

Для коммутации редко переключаемых цепей (делителей напряжения с подборными элементами, первичных обмоток трансформаторов сетевого пи-

Принадлежность штырей или гнезд к одному многоконтактному соединителю показывают на схемах линией механической связи и нумерацией в соответствии с нумерацией на самих соединителях (рис. 6.3, XS1, XP1). При изображении разнесенным способом условное буквенно-цифровое позиционное обозначение контакта составляют из обозначения, присвоенного соответствующей части соединителя и его номера (XS1.1 — первое гнездо розетки XS1; XP5.4 — четвертый штырь вилки XP6 и т. д.).

Для упрощения графических работ стандарт допускает заменять условное графическое обозначение контактов розеток и вилок многоконтактных соединителей небольшими пронумерованными прямоугольниками с соответствующими символами (гнезда или штыри) над ними (см. рис. 6.3, XS2, XP2). Расположение контактов в символах разъемных соединителей может быть любым — здесь все определяется начертанием схемы; неиспользуемые контакты на схемах обычно не показывают.

Аналогично строятся условные графические обозначения многоконтактных разъемных соединителей, изображаемых в состыкованном виде (рис. 6.4). На схемах разъемные соединители в таком виде независимо от числа контактов обозначают одной буквой X (исключение — высокочастотные соединители). В целях еще большего упрощения графики стан-

тания и т. п.) в электронных устройствах применяют перемычки и вставки. Перемычку, предназначенную для замыкания или размыкания цепи, обозначают отрезком линии электрической связи с символами разъемного соединения на концах (рис. 6.5, X1), для переключения — П-образной скобой (X3). Наличие на перемычке контрольного гнезда (или штыря) показывают соответствующим символом (X2).

При обозначении вставок-переключателей, обеспечивающих более сложную коммутацию, используют способ для изображения переключателей. Например, вставка на рис. 6.5, состоящая из розетки XS1 и вилки XP1, работает следующим образом: в положении 1 замыкатели вилки соединяют гнезда 1 и 2, 3 и 4, в положении 2 — гнезда 2 и 3, 1 и 4, в положении 3 — гнезда 2 и 4. 1 и 3.

7. ДИОДЫ, ТИРИСТОРЫ, ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Диоды — простейшие полупроводниковые приборы, основой которых является электронно-дырочный переход (p - n -переход). Как известно, основное свойство p - n -перехода — односторонняя проводимость: от области p (анод) к области n (катод). Это наглядно передает и условное графическое обозначение полупроводникового диода [5]: треугольник (символ анода) вместе с пересекающей его линией электрической связи образуют подобие стрелки, указывающей направление проводимости. Перпендикулярная этой стрелке черточка символизирует катод (рис. 7.1).

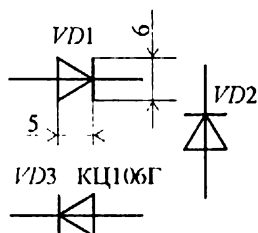


Рис.7.1

Буквенный код диодов — VD . Этим кодом обозначают не только отдельные диоды, но и целые группы, например, выпрямительные столбы (см. рис. 7.1, $VD4$). Исключение составляет однофазный выпрямительный мост, изображаемый в виде квадрата с соответствующим числом выводов и символом диода внутри (рис. 7.2, $VD1$). Полярность выпрямленного мостом напряжения на схемах не указывают, так как ее однозначно определяет символ диода. Однофазные мосты, конструктивно объединенные в одном корпусе, изображают отдельно, показывая принадлежность к одному изделию в позиционном обозначении (см. рис. 7.2, $VD2.1$, $VD2.2$). Рядом с позиционным обозначением диода можно указывать и его тип.

единенные в одном корпусе, изображают отдельно, показывая принадлежность к одному изделию в позиционном обозначении (см. рис. 7.2, $VD2.1$, $VD2.2$). Рядом с позиционным обозначением диода можно указывать и его тип.

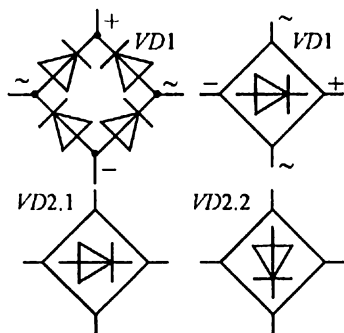


Рис.7.2

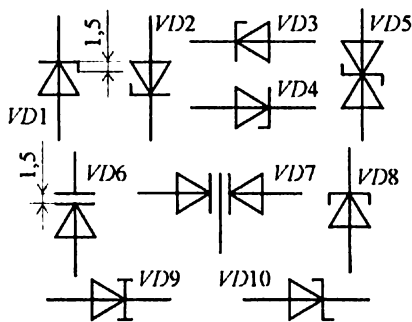


Рис.7.3

На основе базового символа построены и условные графические обозначения полупроводниковых диодов с особыми свойствами. Чтобы показать на схеме стабилитрон, катод дополняют коротким штрихом, направленным в сторону символа анода (рис. 7.3, $VD1$). Следует отметить, что расположение штриха относительно символа анода должно быть неизменным независимо от положения УГО стабилитрона на схеме ($VD2$ — $VD4$). Это относится и к символу двуханодного (двустороннего) стабилитрона ($VD5$).

Аналогично построены условные графические обозначения туннельных диодов, обращенных и диодов Шотки — полупроводниковых приборов, используемых для обработки сигналов в области СВЧ. В символе туннельного диода (см. рис. 7.3, *VD8*) катод дополнен двумя штрихами, направленными в одну сторону (к аноду), в УГО диода Шотки (*VD10*) — в разные стороны; в УГО обращенного диода (*VD9*) — оба штриха касаются катода своей серединой.

Свойство обратно смещенного *p-n*-перехода вести себя как электрическая ёмкость использовано в специальных диодах — варикапах (от слов *vari(able)* — переменный и *cap(acitor)* — конденсатор). Условное графическое обозначение этих приборов наглядно отражает их назначение (рис. 7.3, *VD6*): две параллельные линии воспринимаются как символ конденсатора. Как и конденсаторы переменной ёмкости, для удобства варикапы часто изготавливают в виде блоков (их называют матрицами) с общим катодом и раздельными анодами. Для примера на рис. 7.3 показано УГО матрицы из двух варикапов (*VD7*).

Базовый символ диода использован и в УГО *тиристоров* (от греческого *thyra* — дверь и английского *resistor* — резистор) — полупроводниковых приборов с тремя *p-n*-переходами (структура *p-n-p-n*), используемых в качестве переключающих диодов. Буквенный код этих приборов — *VS*.

Тиристоры с выводами только от крайних слоев структуры называют *динисторами* и обозначают символом диода, перечеркнутым отрезком линии, параллельным катоду (рис. 7.4, *VS1*). Такой же прием использован и при построении УГО симметричного динистора (*VS2*), проводящего ток (после его включения) в обоих направлениях. Тиристоры с дополнительным, третьим выводом (от одного из внутренних слоев структуры) называют тринисторами. Управление по катоду в УГО этих приборов показывают ломаной линией, присоединенной к символу катода (*VS3*), по аноду — линией, продолжающей одну из сторон треугольника, символизирующего анод (*VS4*). Условное графическое обозначение симметричного (двунаправленного) тринистора получают из символа симметричного динистора добавлением третьего вывода (см. рис. 7.4, *VS5*).

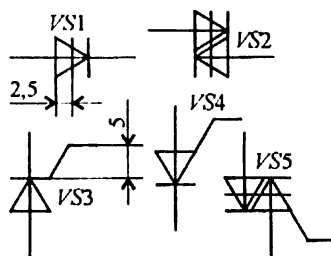


Рис. 7.4

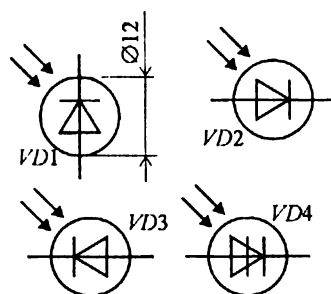


Рис. 7.5

Из диодов, изменяющих свои параметры под действием внешних факторов, наиболее широко применяют *фотодиоды*. Чтобы показать такой полупроводниковый прибор на схеме, базовый символ диода помещают в кружок, а рядом с ним (*слева сверху, независимо от положения УГО*) помещают знак фотоэлектрического эффекта — две наклонные параллельные стрелки, направленные в сторону символа (рис. 7.5, *VD1—VD3*). Подобным образом строятся УГО любого другого полупроводникового диода, управляемого оптическим излучением. На рис. 7.5 в качестве примера показано условное графическое обозначение фотодиода *VD4*.

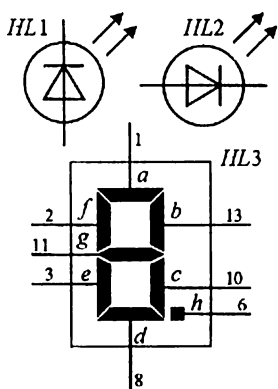


Рис. 7.6

Аналогично строятся условные графические обозначения светоизлучающих диодов, но стрелки, обозначающие оптическое излучение, помещают *справа сверху, независимо от положения УГО* и направляют в противоположную сторону (рис. 7.6). Поскольку светодиоды, излучающие видимый свет, применяют обычно в качестве индикаторов, на схемах их обозначают латинскими буквами *HL*. Стандартный буквенный код *D* используют только для инфракрасных (ИК) светодиодов.

Для отображения цифр, букв и других знаков часто применяют светодиодные знаковые индикаторы. Условные графические обозначения подобных устройств в ГОСТе формально не предусмотрены, но на практике широко используются символы, подобные *HL3*, показанному на рис. 7.6, где изображено УГО семисегментного индикатора для отображения цифр и запятой. Сегменты подобных индикаторов обозначаются строчными буквами латинского алфавита по часовой стрелке, начиная с верхнего. Этот символ наглядно отражает практически реальное расположение светоизлучающих элементов (сегментов) в индикаторе, хотя и не лишен недостатка; он не несет информации о полярности включения в электрическую цепь (поскольку подобные индикаторы выпускают как с общим анодом, так и с общим катодом, то схемы включения будут различаться). Однако особых затруднений это не вызывает, поскольку подключение общего вывода индикаторов обычно указывают на схеме. Буквенный код знаковых индикаторов — *HG*.

Светоизлучающие кристаллы широко используют в оптронах — специальных приборах, применяемых для связи отдельных частей электронных устройств в тех случаях, если необходима их гальваническая развязка. На схемах оптроны обозначают буквой *U* и изображают, как показано на рис. 7.7.

Оптическую связь излучателя (светодиода) и фотоприемника показывают в этом случае двумя стрелками, перпендикулярными к линиям электрической связи — выводам оптрона. Фотоприемником в оптроне могут быть фотодиод (см. рис. 7.7, $U1$), фототиристор $U2$, фоторезистор $U3$ и т. д. Взаимная ориентация символов излучателя и фотоприемника не регламентируется. При необходимости составные части оптрона можно изображать раздельно, но в этом случае знак оптической связи следует замснять знаками оптического излучения и фотоэффекта, а принадлежность частей к одному изделию показывать в позиционном обозначении (см. рис. 7.7, $U4.1$, $U4.2$).

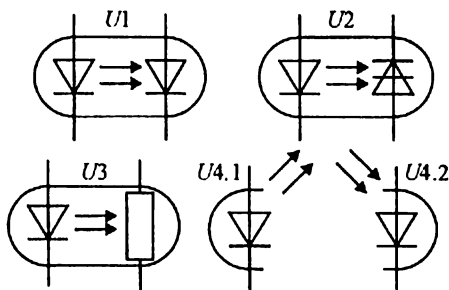


Рис. 7.7

8. ТРАНЗИСТОРЫ

Транзистор (от английских слов *tran(sfer)* — переносить и *(re)sistor* — сопротивление) — полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний. Наиболее распространены так называемые биполярные транзисторы. Электропроводность эмиттера и коллектора всегда одинаковая (p или n), базы — противоположная (n или p). Иными словами, биполярный транзистор содержит два p - n -перехода: один из них соединяет базу с эмиттером (эмиттерный переход), другой — с коллектором (коллекторный переход).

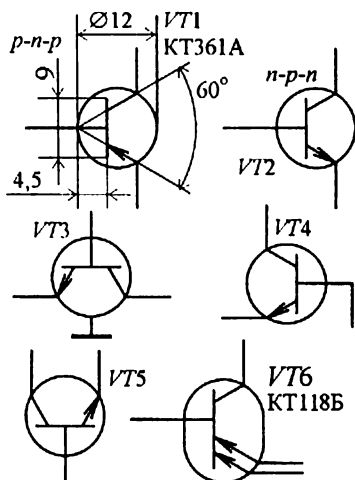


Рис.8.1

Буквенный код транзисторов — латинские буквы *VT*. На схемах эти полупроводниковые приборы обозначают, как показано на рис. 8.1 [5]. Здесь короткая черточка с линией от середины символизирует базу, две наклонные линии, проведенные к ее краям под углом 60° , — эмиттер и коллектор. Об электропроводности базы судят по символу эмиттера: если его стрелка направлена к базе (см. рис. 8.1, *VT1*), то это означает, что эмиттер имеет электропроводность типа p , а база — типа n ; если же стрелка направлена в противоположную сторону (*VT2*), электропроводность эмиттера и базы обратная.

Знать электропроводность эмиттера базы и коллектора необходимо для того, чтобы правильно подключить транзистор к источнику питания. В справочниках эту информацию приводят в виде структурной формулы. Транзистор, база которого имеет электропроводимость типа n , обозначают формулой p - n - p , а транзистор с базой, имеющей электропроводность типа p - n - p . В первом случае на базу и коллектор следует подавать отрицательное по отношению к эмиттеру напряжение, во втором — положительное.

Для наглядности условное графическое обозначение *дискретного транзистора* обычно помещают в кружок, символизирующий его корпус. Иногда металлический корпус соединяют с одним из выводов транзистора. На схемах это показывается точкой в месте пересечения соответствующего вывода с символом корпуса. Если же корпус снабжен отдельным выводом, линию-вывод допускается присоединять к кружку без точки (*VT3* на рис. 8.1). В целях повышения информативности схем рядом с позиционным обозначением транзистора допускается указывать его тип.

Линии электрической связи, идущие от эмиттера и коллектора проводят в одном из двух направлений: перпендикулярно или параллельно выводу базы ($VT3—VT5$). Излом вывода базы допускается лишь на некотором расстоянии от символа корпуса ($VT4$).

Транзистор может иметь несколько эмиттерных областей (эмиттеров). В этом случае символы эмиттеров обычно изображают с одной стороны символа базы, а окружность обозначения корпуса заменяют овалом (рис. 8.1, $VT6$).

Стандарт допускает изображать транзисторы и без символа корпуса, например, при изображении бескорпусных транзисторов или когда на схеме необходимо показать транзисторы, входящие в состав сборки транзисторов или интегральной схемы.

Поскольку буквенный код VT предусмотрен для обозначения транзисторов, выполненных в виде самостоятельного прибора, транзисторы сборок обозначают одним из следующих способов: либо используют код VT и присваивают им порядковые номера наряду с другими транзисторами (В этом случае на поле схемы помещают такую, например, запись: $VT1-VT4 K159HT1$), либо используют код аналоговых микросхем (DA) и указывают принадлежность транзисторов в сборке в позиционном обозначении (рис. 8.2, $DA1.1$, $DA1.2$). У выводов таких транзисторов, как правило, приводят условную нумерацию, присвоенную выводам корпуса, в котором выполнена матрица.

Без символа корпуса изображают на схемах и транзисторы аналоговых и цифровых микросхем (для примера на рис. 8.2 показаны транзисторы структуры $n-p-n$ с тремя и четырьмя эмиттерами).

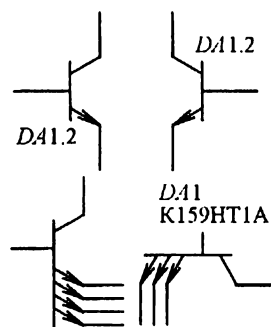


Рис.8.2

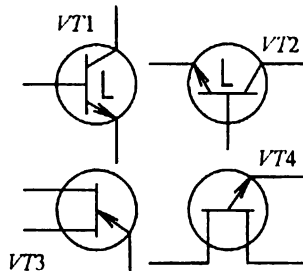


Рис.8.3

Условные графические обозначения некоторых разновидностей биполярных транзисторов получают введением в основной символ специальных знаков. Так, чтобы изобразить лавинный транзистор, между символами эмиттера и коллектора помещают знак эффекта лавинного пробоя (см. рис. 8.3, $VT1$, $VT2$). При повороте УГО положение этого знака должно оставаться неизменным.

Иначе построено УГО однопереходного транзистора: у него один $p-n$ -переход, но два вывода базы. Символ эмиттера в УГО этого транзистора про-

водят к середине символа базы (рис. 8.3, $VT3$, $VT4$). Об электропроводности последней судят по символу эмиттера (направлению стрелки).

На символ однопереходного транзистора похоже УГО большой группы транзисторов с p - n -переходом, получивших название *полевых*. Основа такого транзистора — созданный в полупроводнике и снабженный двумя выводами (исток и сток) канал с электропроводностью n или p -типа. Сопротивлением канала управляет третий электрод — затвор. Канал изображают так же, как и базу биполярного транзистора, но помещают в середине кружка-корпуса (рис. 8.4, $VT1$), символы истока и стока присоединяют к нему с одной стороны, затвора — с другой стороны на продолжении линии истока. Электропроводность канала указывают стрелкой на символе затвора (на рис. 8.4 условное графическое обозначение $VT1$ символизирует транзистор с каналом n -типа, $VT2$ — с каналом p -типа).

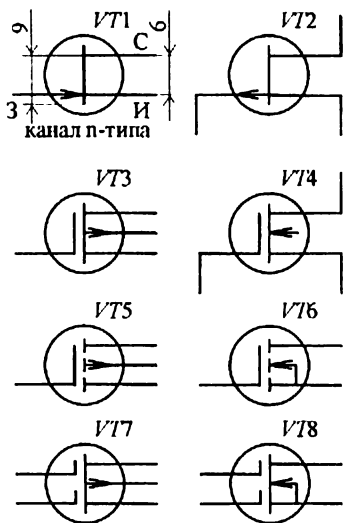


Рис.8.4

зывают внутри УГО без точки ($VT7$, $VT8$).

В полевом транзисторе может быть несколько затворов. Изображают их более короткими черточками, причем линию-вывод первого затвора обязательно помещают на продолжении линии истока ($VT9$).

Линии-выводы полевого транзистора допускается изгибать лишь на некотором расстоянии от символа корпуса (см. рис. 8.4, $VT2$). В некоторых типах полевых транзисторов корпус может быть соединен с одним из электродов или иметь самостоятельный вывод (например, транзисторы типа КП303).

Из транзисторов, управляемых внешними факторами, широкое применение находят *фототранзисторы*. В качестве примера на рис. 8.5 показаны

В условном графическом обозначении полевых транзисторов с изолированным затвором (его изображают черточкой, параллельной символу канала с выводом на продолжении линии истока) электропроводность канала показывают стрелкой, помещенной между символами истока и стока. Если стрелка направлена к каналу, то это значит, что изображен транзистор с каналом n -типа, а если в противоположную сторону (см. рис. 8.4, $VT3$) — с каналом p -типа. Аналогично поступают при наличии вывода от подложки ($VT4$), а также при изображении полевого транзистора с так называемым индуцированным каналом, символ которого — три коротких штриха (см. рис. 8.4, $VT5$, $VT6$). Если подложка соединена с одним из электродов (обычно с истоком), это пока-

условные графические обозначения фототранзисторов с выводом базы ($VT1$, $VT2$) и без него ($VT3$). Наряду с другими полупроводниковыми приборами, действие которых основано на фотоэлектрическом эффекте, фототранзисторы могут входить в состав оптронов. УГО фототранзистора в этом случае вместе с УГО излучателя (обычно светодиода) заключают в объединяющий их символ корпуса, а знак фотоэффекта — две наклонные стрелки заменяют стрелками, перпендикулярными символу базы.

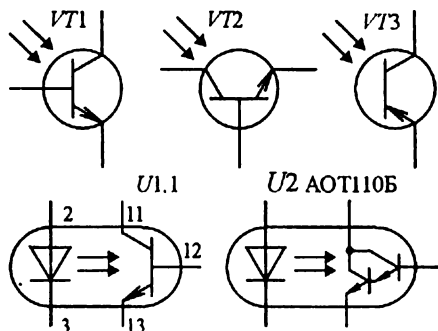


Рис.8.5

Для примера на рис. 8.5 изображена одна из оптопар сдвоенного оптрона (об этом говорит позиционное обозначение $U1.1$). Аналогично строится УГО оптрона с составным транзистором ($U2$).

9. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ, ИОННЫЕ ПРИБОРЫ, ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Электронными лампами называют большую группу приборов, действие которых основано на использовании электрических явлений в вакууме. Буквенный код электровакуумных приборов — *VL*. Рядом с позиционным обозначением прибора, как правило, указывают его тип.

Обязательный элемент большинства электровакуумных приборов — баллон, чаще всего стеклянный. Однако он может быть и металлическим, керамическим, металлокерамическим и др. На принципиальных схемах баллон изображают в виде окружности или овала [6].

В простейшей лампе — диоде — всего два электрода: катод и анод. Первый служит для эмиссии электронов, второй — для их сбора.

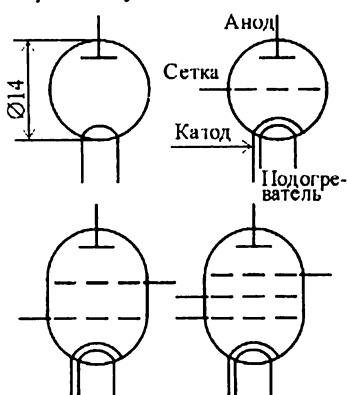


Рис.9.1

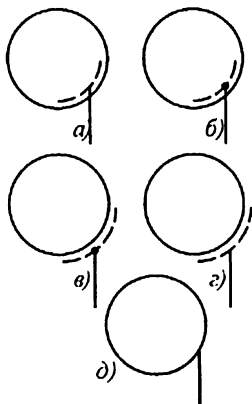


Рис.9.2

Различают катоды прямого накала (электроны испускает сама раскаленная токком нить накала) и косвенного (электроны эмитирует подогреваемый нитью накала и изолированный от нее специальный электрод). В УГО электронных ламп катод прямого накала и подогреватель катода косвенного накала изображают одинаково — маленькой дужкой с параллельными линиями-выводами от концов (рис. 9.1, *VL1*, *VL2*), катод косвенного накала — дужкой несколько большего радиуса с одним выводом, анод — короткой черточкой с линией-выводом от середины.

В электронных лампах, предназначенных для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний, кроме катода и анода, имеются электроды, называемые сетками. Единственная в лампе или первая (ближайшая к катоду) сетка обычно называется управляющей. Изменяя ее потенциал по отношению к катоду, можно управлять потоком электронов, летящих к аноду. Вторая — экранирующая (она, в частности, выполняет функции электростатического экрана, уменьшающего проходную ёмкость), третья — антидинаatronная или защитная (собирает «вторичные» электроны, выбитые из анода). На схемах сетки

изображают штриховыми линиями, перпендикулярными оси, проходящей

через символы катода и анода (см. рис. 9.1, *VL2*—*VL4*).

Иногда внутреннюю часть баллона покрывают электропроводящим слоем, предохраняющим лампу от воздействия внешних электрических полей или экранирующим ее собственное поле. На схемах такой экран обычно изображают штриховой дугой с линией-выводом без точки (рис. 9.2, *а*) или с точкой (рис. 9.2, *б*). Наружный экран (обычно съемный) обозначают аналогично, но за пределами символа баллона (рис. 9.2, *в*, *г*). Если же экраном служит сам металлический баллон, его изображают так, как показано на рис. 9.2, *д*.

Часто в одном баллоне размещают несколько электронных ламп (рис. 9.3, *VL1*). Входящие в такую комбинированную лампу приборы иногда используют в разных каскадах радиоэлектронного устройства, поэтому и на схемах их приходится изображать отдельно и далеко друг от друга. Чтобы не спутать УГО частей такой лампы с символами самостоятельных приборов, их баллоны вычерчивают не полностью, а принадлежность к электронному прибору показывают в позиционном обозначении (см. рис. 9.3, *VL2.1*, *VL2.2*). Общий подогреватель изображают в этом случае в одной из частей.

Для удобства монтажа возле символов электродов на схемах обычно указывают цифры, обозначающие условные номера выводов на цоколе лампы.

Условные графические обозначения электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) существенно отличаются от рассмотренных. Общим для них является только символ подогревного катода. Все остальное, начиная с формы УГО баллона, отражает специфику этой группы приборов.

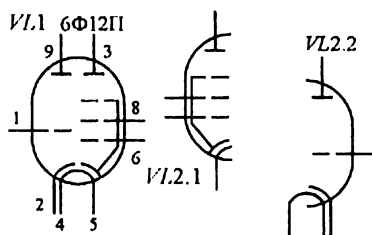


Рис. 9.3

отклоняющие
пластины

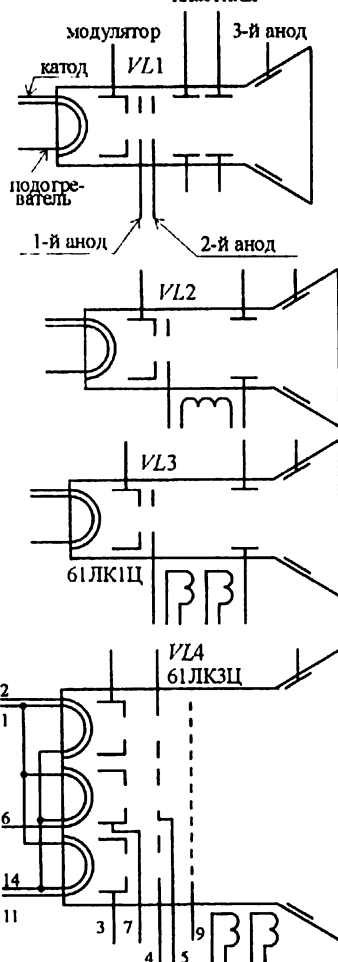


Рис. 9.4

Символ баллона ЭЛТ упрощенно воспроизводит ее форму (рис. 9.4). Графическое обозначение подогревного катода помещают в торце его узкой части, остальных электродов — в определенной последовательности по обе стороны от оси симметрии. Первым после катода изображают управляющий электрод — модулятор. Символ модулятора также напоминает его устройство в осевом сечении. Далее следуют УГО ускоряющего и фокусирующего электродов, называемых также анодами (соответственно 1-й и 2-й). Обозначают их одинаково — двумя штрихами, к одному из которых присоединена линия-вывод. Имеющийся в некоторых ЭЛТ 3-й анод изображают двумя расходящимися линиями.

Для отклонения электронного луча в вертикальном и горизонтальном направлениях в осциллографических ЭЛТ обычно используют две пары пластин, расположенных перпендикулярно одна другой. УГО осциллографической трубки с электростатическим отклонением и фокусировкой луча показано на рис. 9.4 (VL1).

Фокусировать электронный луч можно также с помощью постоянного магнита или электромагнита. На схемах это показывают символом первого (упрощенно воспроизводят форму подковообразного магнита) или второго (электромагнит в подобном случае изображают как катушку индуктивности, состоящую из трех полуокружностей), помещенным с наружной стороны контура баллона напротив места, отведенного для символа фокусирующего электрода (см. рис. 9.4, VL2).

В телевизионных ЭЛТ (кинескопах) магниты и электромагниты используют и для отклонения луча. Кадровые и строчные катушки отклоняющих систем обозначают одинаково — в виде катушек из двух полуокружностей, расположенных напротив того места, где в ЭЛТ с электростатическим отклонением луча изображают отклоняющие пластины. В качестве примера на рис. 9.4 (VL3) показано УГО типичного черно-белого кинескопа с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча. УГО цветного кинескопа, содержащего тройной комплект катодов косвенного накала, модуляторов и ускоряющих электродов, строят аналогично, увеличив символ баллона до нужного размера (см. рис. 9.4, VL4).

В отличие от электровакуумных, баллоны *ионных приборов* заполнены каким-либо газом. Наличие его показывают жирной точкой, помещаемой обычно в правой части символа баллона.

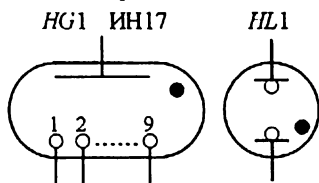


Рис.9.5

В ионных приборах часто применяют так называемые холодные катоды (эмиссия электронов из них происходит под действием ионов газа), изображаемые на схемах небольшим кружком с линией-выводом. Такие катоды в виде стилизованных арабских цифр или букв и знаков используются в газораз-

рядных индикаторах (буквенный код — *HG*). Условное графическое обозначение газоразрядного индикатора (рис. 9.5, *HG1*) состоит из символа баллона, анода и определенного числа холодных катодов, рядом с которыми указаны соответствующие цифры. В целях упрощения допускается изображать не все катоды, а только первые два и последний, заменяя отсутствующие штриховой линией.

Электроды неоновых ламп (их чаще всего используют в качестве световых индикаторов) при работе в цепях переменного тока попеременно выполняют функции холодного катода и анода (в зависимости от направления тока). Такие комбинированные электроды обозначают символом, совмещающим в себе характерные черты как того, так и другого (см. рис. 9.5, *HL1*).

Из других источников света часто приходится иметь дело с лампами накаливания и газоразрядными импульсными лампами (их применяют, например, в фотовспышках, устройствах иллюминации и т. п.). Лампы накаливания изображают на схемах в виде перечеркнутого крест-накрест кружка, символизирующего ее баллон, с двумя выводами (рис. 9.6) [7]. В зависимости от выполняемой функции такой источник света обозначают либо буквами *EL* (осветительная лампа), либо *HL* (индикаторная).

В связи с введением знаков спектрального состава излучения лампы накаливания стали изображать несколько иначе (рис. 9.6, *EL1*). Здесь прямой крестик в центре символа баллона говорит о том, что это — источник видимого излучения. Невидимое, например, инфракрасное излучение обозначают косым крестом и латинскими буквами *IR* (*Infra-Red* — инфракрасный). Именно такой источник изображен на рис. 9.6 под позиционным обозначением *E1*.

Условные графические обозначения газоразрядных импульсных ламп строят из символов баллона, анода, холодного катода (или комбинированного электрода) и поджигающего электрода (линия с изломом на конце). Кроме того, в центре баллона помещают знак спектра излучения, а справа от него — одну-три точки, обозначающие в данном случае не только газовое наполнение, но и давление (одна точка — низкое, две — высокое, три — сверхвысокое). Характер излучения показывают знаком, упрощенно воспроизводящим осциллограмму импульса. Для примера на рис. 9.6 изображено УГО импульсной газоразрядной лампы низкого давления с простыми электродами и внешним поджигом (*EL2*), и подобного прибора высокого давления с комбинированными электродами и внутренним поджигом (*EL3*).

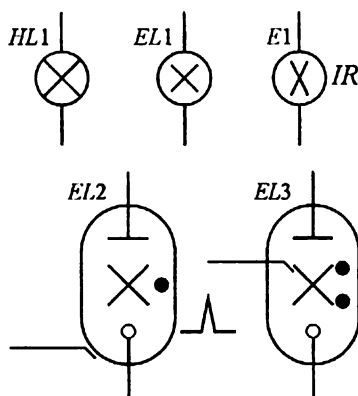


Рис.9.6

10. АКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Акустическими (точнее — электроакустическими) называют приборы, преобразующие энергию электрических колебаний в энергию звуковых или механических колебаний и наоборот. УГО этих приборов построены на основе общих символов, установленных стандартом для каждого их вида [8], основной буквенный код — буква *В* (исключение составляют приборы звуковой сигнализации).

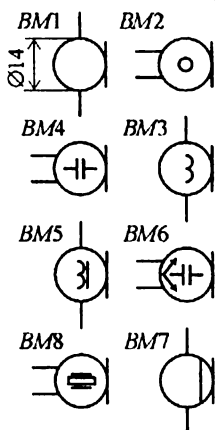


Рис.10.1

Для обозначения микрофона (код — *ВМ*) используют символ, упрощенно передающий устройство одного из первых угольных микрофонов (преобразование звука в электрические колебания происходило в нем в результате изменения контакта угольных шарика и мембраны). Профильный рисунок этих двух частей микрофона и стал его первым символом. В настоящее время этот символ (рис. 10.1, *ВМ1*) используют в качестве базового УГО микрофона. Линии выводов направляют либо в разные стороны (*ВМ1*), либо в одну сторону (*ВМ2*).

Принцип действия и другие особенности микрофонов указывают специальными знаками. Так, уже упоминавшийся угольный микрофон выделяют на схемах небольшим кружком в средней части символа (рис. 10.1, *ВМ2*), электродинамический — символом катушки из двух полуокружностей (*ВМ3*), электромагнитный — таким же значком, дополненным символом магнитопровода (*ВМ5*), электростатический (конденсаторный) — символом конденсатора (*ВМ4*). Чтобы изобразить на схеме стереофонический микрофон, в УГО вводят знак стереофонического прибора — две взаимно перпендикулярные стрелки (*ВМ6*). Такие микрофоны показывают с необходимым числом выводов, увеличивая, если нужно размеры символа.

На основе общего символа этой группы акустических приборов построены УГО и ларингофонов — специальных микрофонов, прикладываемых к шее около гортани и предназначенных для телефонных переговоров в шумных условиях (самолетах, танках и т. п.). Отличительный признак ларингофона — хорда, параллельная символу мембраны (*ВМ7*). Способ преобразования звука в электрические колебания в УГО ларингофона указывают теми же знаками, что и в случае обычных микрофонов. Для примера на рис. 10.1 (*ВМ8*) приведено УГО пьезоэлектрического ларингофона (символ пьезоэлектрического преобразователя — узкий светлый прямоугольник с двумя короткими черточками, обозначающими обкладки пьезоэлемента).

Условное графическое обозначение акустических приборов, преобразующих электрические колебания в звук — телефонов и головок громкого-

ворителей — построены на основе базовых символов, упрощенно воспроизводящих их боковую проекцию (см. соответственно рис. 10.2 и 10.3).

Код телефонов — *BF*, головок громкоговорителей — *BA*. Как и в случае с микрофонами, выводы этих акустических приборов допускается направлять как в одну, так и в разные стороны (см. рис. 10.2, *BF1*, *BF2*; рис. 10.3, *BA1*, *BA2*). Для указания принципа действия и других особенностей используют те же знаки (размеры символов в этом случае увеличивают примерно вдвое). Желая подчеркнуть, что телефон снабжен оголовьем, к основному УГО добавляют небольшую дужку (см. рис. 10.2, *BF3*). Стерефонический телефон изображают с необходимым числом выводов (*BF6*).

Рядом с позиционным обозначением динамической головки обычно указывают ее тип (см. рис. 10.3, *BA2*).

Общий символ головки громкоговорителя используют для обозначения абонентских громкоговорителей, а также целых акустических систем, содержащих несколько головок. Возможность регулирования громкости звучания (например, в абонентском громкоговори-теле) показывают стрелкой, пересекающей символ под углом 45° (см. рис. 10.3, *BA5*). Головку, выполняющую поочередно функции громкоговорителя и микрофона (так ее нередко используют в малогабаритной аппаратуре симплексной связи), изображают на схемах со знаком обратимости преобразования — двухсторонней стрелкой на оси симметрии (см. рис. 10.3, *B1*).

Условные графические обозначения головок, используемых в звукозаписи, базируются на основе общего символа. Способ записи (механический, магнитный, оптический) и назначение головки (запись, воспроизведение, стирание) обозначают в символах этой группы приборов специальными знаками.

Так, головки для магнитной записи (код — *B*) — тем же УГО с символом магнитного прибора — незамкнутым кольцом (рис. 10.4, *B1*). Назначение головки показывают стрелкой: если она служит для воспроизведения, стрелку направляют в сторону выводов (см. рис. 10.4, *B1*, *B4*; рис. 10.5, *BS1*—*BS4*), а если для записи — в сторону суженной части символа (рис. 10.4, *B2*). Универсальную головку, используемую как для записи, так и для воспроизведения, обозначают двунаправленной стрелкой (рис. 10.4, *B2*), а головку, предназначенную для стирания — знаком в виде крестика внутри УГО (см. рис. 10.4, *B3*).

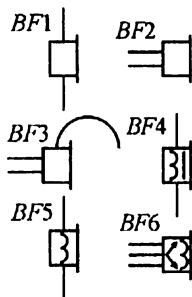


Рис.10.2

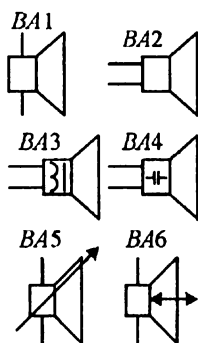


Рис.10.3

Аналогично поступают и с УГО стереофонической магнитной головки, но, учитывая, что она, по сути дела, состоит из двух самостоятельных головок, ее нередко изображают двумя аналогичными символами, заключенными в контур из штриховых (экран) или штрих пунктирных линий. Число записываемых или воспроизводимых дорожек показывают соответствующей цифрой с выносной линией, касающейся знака магнитного прибора (см. рис. 10.4, B4).

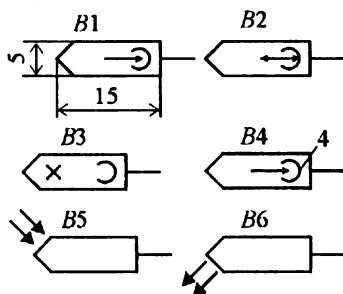


Рис.10.4

звукоснимателя или рекордера (рис. 10.5)

Принцип действия механической головки (звукоснимателя, рекордера) показывают теми же знаками, что и в рассмотренных выше УГО. Для примера на рис. 10.5 изображены УГО электродинамической (BS2) и пьезоэлектрической (BS3) головок звукоснимателя. При необходимости (например, если головка — стереофоническая и число ее выводов больше двух) размеры символа допускается увеличить до нужных размеров.

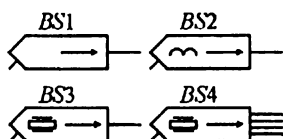


Рис.10.5

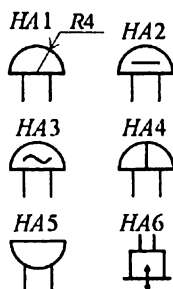


Рис.10.6

О назначении *оптических головок* (обозначение — *B*) судят по параллельным стрелкам, помещенным вблизи суженной части УГО. Если они направлены к нему, то это значит, что головка — воспроизводящая (см. рис. 10.4, B5), а если от него — записывающая (B6).

Головки для механической записи и воспроизведения звука (буквенный код — BS) изображают стандартным УГО, но с коротким штрихом, символизирующим иглу

К акустическим приборам относятся также всевозможные электрические звонки, гонги, сирены, гудки, зуммеры — устройства звуковой сигнализации (буквенный код — HA), а также ультразвуковые гидрофоны (головки приборов для работы под водой).

Общее УГО электрического звонка — стилизованный профильный рисунок его звучащего элемента — колокольчика с обозначением HA1 (рис. 10.6). Звонок постоянного тока на схемах выделяют символом постоянного тока — отрезком прямой линии (см. рис. 10.6, HA2), переменного — отрезком синусоиды (HA3). Электрический ударный звонок (гонг) изображают основным символом, перечеркнутым линией, параллельной выводам (HA4).

Маломощные источники звука — зуммеры (их используют, например, для вызова абонентов в полевых телефонах) обозначают полукругом с линиями-выводами от круглой части (*HA5*).

В основу УГО ультразвукового гидрофона положен несколько увеличенный (по отношению к изображенному рис. 10.2) символ телефона. Возможность излучения и приема ультразвуковых колебаний указывают двухсторонней стрелкой, пересекающей противоположную выводам сторону символа.

11. ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ, ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В современной радиотехнике и электронике широко используются приборы, действие которых основано на так называемом пьезоэлектрическом эффекте. Различают прямой пьезоэлектрический эффект (возникновение электрических зарядов на поверхности тела, подвергнутого механической деформации) и обратный (деформация тела под действием электрического поля). Оба эффекта всегда сопутствуют друг другу.

Простейший пьезоэлемент представляет собой пластинку из пьезоэлектрического материала с двумя обкладками. Стилизованный профильный рисунок такого элемента и лег в основу его УГО *BQ1* [9], показанного на рис. 11.1. Прямоугольник символизирует здесь пьезопластинку, а две короткие черточки с присоединенными к ним выводам — обкладки.

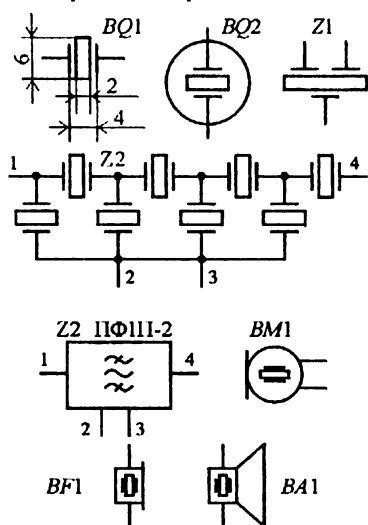


Рис.11.1

Если к обкладкам пьезоэлемента подвести переменное напряжение, то вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта его пластинка начнет колебаться с частотой напряжения. При равенстве частот этого напряжения и собственных механических колебаний наступает резонанс, и амплитуда колебаний резко возрастает, что, в свою очередь, ведет к увеличению амплитуды напряжения на обкладках (прямой пьезоэлектрический эффект). Иными словами, в этом случае пьезоэлемент (его называют резонатором) ведет себя, как настроенный на определенную частоту колебательный контур, причем контур с достаточно высокой добротностью. Это свойство и обуславливает применение пьезоэлектрических резонаторов в тех случаях, когда не-

обходима высокая стабильность частоты. В качестве резонаторов используют пластины (стержни, кольца), вырезанные определенным образом из кристаллов кварца, турмалина или изготовленные из некоторых других материалов.

Буквенный код пьезоэлементов и резонаторов — латинские буквы *BQ*.

Для защиты от влияния окружающей среды резонаторы нередко помещают в герметичный корпус. На схемах его изображают в виде кружка, охватывающего основное УГО (см. рис. 11.1, *BQ2*).

На основе пьезоэлектрических резонаторов изготовляют всевозможные *полосовые фильтры* (буквенный код — *Z* или *ZQ*, если фильтр на основе кварцевых резонаторов). В простейшем случае — это пластинка в виде диска

из пьезокерамики, на одну из сторон которой нанесены не одна, а две обкладки. Такой пьезоэлемент ведет себя как система из двух резонаторов с сильной механической связью и ярко выраженными селективными свойствами. Конструктивная особенность подобного пьезоэлемента наглядно отражена и в его УГО (см. рис. 11.1, Z1), которое отличается от рассмотренного выше (BQ1) числом символов обкладок с одной стороны.

Полосовой фильтр можно получить, соединив определенным образом несколько отдельных резонаторов (см. рис. 11.1, Z2). Но обычно полосовой фильтр изображают упрощенно — квадратом или прямоугольником с необходимым числом выводов и знаком полосового фильтра в виде трех отрезков синусоиды, два из которых перечеркнуты косыми штрихами (см. рис. 11.1, нижний Z2).

Пьезоэлектрические преобразователи находят широкое применение в звукотехнике: в звукоснимателях электропроигрывающих устройств, микрофонах, головках громкоговорителей. Принцип действия этих приборов показывают символом пьезоэлектрического эффекта, отличающимся от основного УГО только меньшими размерами и отсутствием выводов от обкладок (см. рис. 10.5 — BS3, рис. 11.1, BS1, BM1, BF1, BA1).

Пьезоэлектрические преобразователи используют также в ультразвуковых линиях задержки — устройствах, задерживающих проходящий через них электрический сигнал на определенное время. Они содержат два преобразователя, разделенных твердой или жидкой средой, в которой ультразвуковые колебания распространяются с относительно небольшой и стабильной скоростью. Один из преобразователей служит для возбуждения в среде продольных механических колебаний, другой — для преобразования дошедших до него колебаний снова в электрический сигнал. Поскольку специальный буквенный код для линий задержки стандартом не установлен, их можно обозначать буквой *E*.

Условное графическое обозначение пьезоэлектрической линии задержки построено на основе двух символов пьезоэлементов, объединенных знаком временной задержки — отрезком прямой линии с засечками на концах и помещенным над ней математическим обозначением временного интервала Δt (рис. 11.2, E1). Допускается вместо букв указывать конкретное значение задержки (например, 64 μ s). Линии задержки и полосовые фильтры изготовляют также на основе магнитострикцион-

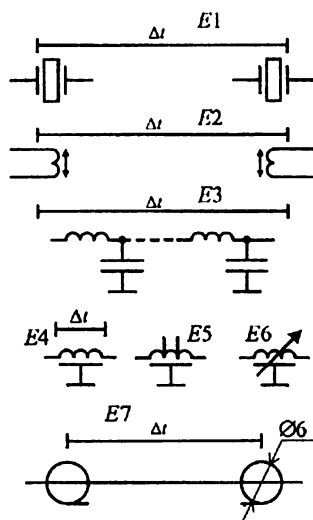


Рис.11.2

ных материалов (никель, пермаллой, ферриты и т. п.), изменяющих размеры и форму при намагничивании, и, наоборот, намагниченность при механических деформациях. Магнитострикционные преобразователи, устанавливаемые на входе и выходе фильтров (их называют электромеханическими) и ультразвуковых линий задержки, состоят из обмотки и магнитопровода, изготовленного из одного из указанных материалов, поэтому их УГО напоминает символ катушки с магнитопроводом, только последний изображают в виде двунаправленной стрелки. Из двух таких символов, объединенных знаком временной задержки, и состоит УГО ультразвуковой магнитострикционной линии задержки (см. рис. 11.2, *E2*).

Для задержки сигналов применяют и *искусственные линии*, составленные из большого числа соединенных определенным образом катушек и конденсаторов. В целях упрощения такие устройства обозначают на схемах либо символами двух крайних ячеек, заменяя остальные штриховой линией (см. рис. 11.2, *E3*), либо еще более простым УГО (*E4*), в котором три полукружности символизируют все катушки линии, а параллельная им прямая с линией-ответвлением — все конденсаторы. В последнем случае знак временной задержки допускается не указывать. Это удобно при изображении линии задержки с отводами (*E5*) и с плавным регулированием (*E6*).

Линией задержки может служить отрезок коаксиального кабеля (её в этом случае называют линией с распределенными параметрами — индуктивностью и ёмкостью и она почти всегда присутствует в конструкции осциллографа). Такую линию задержки изображают в виде отрезка прямой со знаками коаксиальной линии на концах и временной задержки над ними (*E7*).

Для контроля электрических и неэлектрических величин в технике используют различные *измерительные приборы*. Их общий код — латинская буква *P*, общее УГО — окружность с двумя разнонаправленными выводами (рис. 11.3) [10]. Назначение измерительного прибора показывают, вписывая в символ международное обозначение единицы измеряемой величины и вводя в позиционное обозначение вторую букву (см. разд. 1). Аналогично, чтобы показать прибор для измерения физической величины в кратных или долях единицах, в кружок вписывают их международное обозначение (*mA* — миллиамперметр, μA — микроамперметр, *kV* — киловольтметр, *mV* — милливольтметр, *MΩ* — мегометр и т. д.). Для обозначения приборов, измеряющих силу тока, в код вводят букву *A* (см. рис. 11.3, *PA1—PA5*), напряжение — *V*, сопротивление — *R*, мощность — *W*, частоту — *F*, число импульсов — *C*, время — *T*. При необходимости рядом с выводами указывают полярность включения прибора, а рядом с позиционным обозначением указывают его тип.

Общепринятые обозначения физических величин используют при построении условных графических обозначений таких приборов, как фазомер — φ , волномер — λ , термометр — t° , тахометр — *n*. Специального кода для

этих приборов не установлено, поэтому в их позиционном обозначении указывают только одну букву *P* (см. рис. 11.3, *P1-P4*).

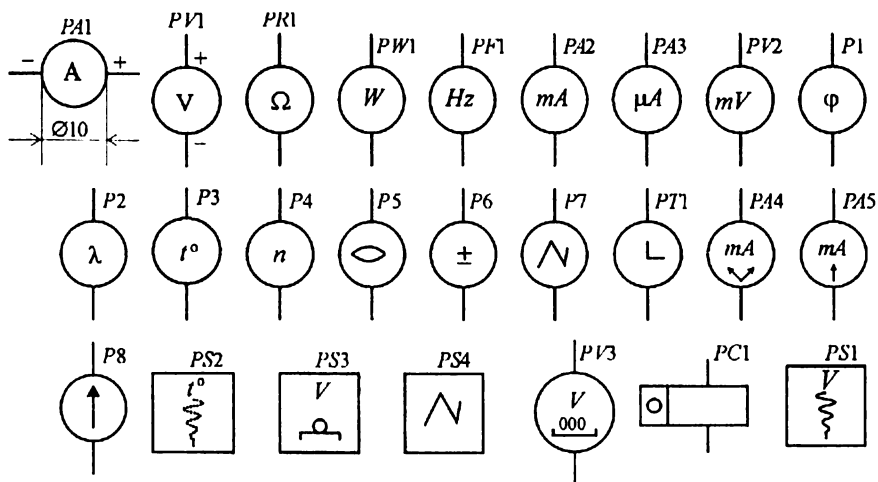


Рис.11.3

Знаком в виде профильного рисунка двояковыпуклой линзы обозначают на схемах уровнемер (см. рис. 11.3, *P5*), знаком «±» — индикатор полярности (*P6*), зигзагообразной линией — осциллоскоп (*P7*), знаком в виде прямого уголка — вторичные электрические часы *PT1* (первичные часы выделяют вторым кружком, concentричным с основным).

Особенности измерительного прибора показывают значками, помещаемыми в нижней части кружка.

Одной стрелкой, не касающейся кружка, обозначают гальванометр (*P8*). Прибор с цифровым отсчетом выделяют знаком в виде трех нулей, охватываемых снизу прямой скобкой, а чтобы этот знак уместился в кружке, диаметр последнего увеличивают до нужного размера (см. рис. 11.3, *PV3*).

Электромеханический счетчик импульсов изображают на схемах символом, похожим на УГО поляризованного реле (см. разд. 6), в дополнительное поле которого помещен маленький кружок (*PC1* на рис. 11.3).

В основу УГО *измерительных регистрирующих приборов* (буквенный код — *PS*) положен квадрат 12×12 мм. Регистрируемую величину и в этом случае указывают одним из рассмотренных выше способов. В нижней части квадрата обычно помещают знак, характеризующий вид записи измеряемой величины: извилистой линией — непрерывную запись (см. рис. 11.3, *PS1*), такой же линией с пробелами — запись с точечной регистрацией (*PS2*), кружком со скобкой — печать с цифровой регистрацией (*PS3*), осциллограф — зигзагообразной линией, аналогичной осциллоскопу (*PS4*).

Квадрат, но чуть меньших размеров (10×10 мм), используют и для обозначения *преобразователей неэлектрических величин в электрические*. Принадлежность к этому виду устройств отражают точка и стрелка на нижней части квадрата, показывающая направление преобразования (рис. 11.4), и код в позиционном обозначении, начинающийся с буквы *В*. При этом в общем случае внутри символа указывают только измеряемую величину или единицу ее измерения (*ВР1* — датчик давления; вместо буквы *Р* можно указать *Ра*). Если же необходимо указать конкретную величину, в которую преобразуется контролируемая, квадрат делят диагональю на две части, и в ту из них, которая граничит с линией-выводом, вписывают обозначение выходного параметра. С учетом сказанного на рис. 11.4 *ВК1* — преобразователь температуры в ток, а *ВР1* — датчик, преобразующий частоту вращения в пропорциональное с/н напряжение.

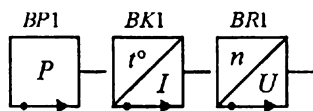


Рис.11.4

Если же необходимо указать конкретную величину, в которую преобразуется контролируемая, квадрат делят диагональю на две части, и в ту из них, которая граничит с линией-выводом, вписывают обозначение выходного параметра. С учетом сказанного на рис. 11.4 *ВК1* — преобразователь температуры в ток, а *ВР1* — датчик, преобразующий частоту вращения в пропорциональное с/н напряжение.

12. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, ЛИНИИ СВЯЗИ

Для автономного питания радиоэлектронной аппаратуры широко используют электрохимические источники тока — *гальванические элементы и аккумуляторы*. Буквенный код элементов питания — *G*. УГО [11] напоминает символ конденсатора постоянной ёмкости — параллельные линии разной длины: короткая обозначает отрицательный полюс, длинная — положительный (рис. 12.1, *G1*). Знаки полярности на схемах можно не указывать.

Поскольку для питания приборов чаще всего требуется напряжение, большее того, что обеспечивает один элемент или аккумулятор, их соединяют в батарею. Буквенный код в этом случае — *GB*. Батарею обозначают упрощенно: изображают только крайние элементы, а наличие остальных показывают штриховой линией (см. рис. 12.1, *GB1*). ГОСТ допускает изображать батарею и совсем просто — символом одного элемента (*GB2* на рис. 12.1). Рядом с позиционным обозначением в любом случае указывают напряжение батареи.

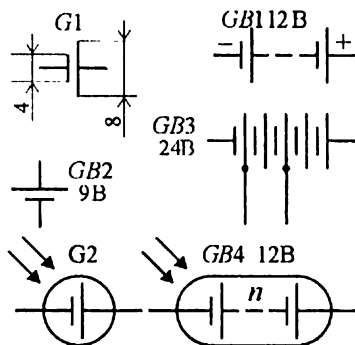


Рис.12.1

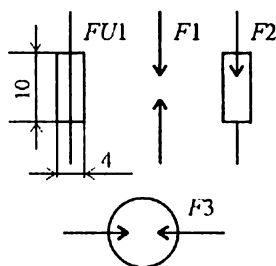


Рис.12.2

Отводы от части элементов показывают линиями электрической связи, продолжающими черточки, которые обозначают их положительные полюсы (см. рис. 12.1, *GB3*). В местах присоединения линий-отводов к символам положительных полюсов ставят точки.

На основе символа электрохимического элемента строятся УГО так называемых солнечных фотоэлементов и батарей. Отличительные признаки УГО этих источников тока — корпус в виде кружка или овала и знак фотоэлектрического эффекта (см. рис. 12.1, *G2*, *GB4*). На месте буквы *n* в УГО солнечной батареи можно указывать число образующих ее элементов.

Для защиты от перегрузок по току или коротких замыканий в нагрузке в электронных устройствах часто используют плавкие *предохранители*. Код этих устройств — латинские буквы *FU*. УГО [12] напоминает постоянный резистор (и имеет те же размеры 4×10 мм), отличие заключается только в

проходящей через весь прямоугольник линии, символизирующей сгорающую при перегрузке металлическую нить (рис. 12.2, $FU1$). Рядом с УГО предохранителя, как правило, указывают ток, на который он рассчитан, а иногда и его тип.

В аппаратуре с высоковольтным питанием для защиты некоторых элементов от опасных для них перенапряжений применяют *разрядники* (код — буква F). В простейшем случае — это два электрода, установленных на изоляционном основании на определенном расстоянии один от другого (иногда технологически это печатный проводник, разделенный на две части просечкой в печатной плате насквозь). Символ искрового промежутка — две встречно направленные стрелки (см. рис. 12.2, $F1$). Если же такое устройство выполнено в виде самостоятельного изделия, используют УГО, показанное на рис. 12.2 под позиционным обозначением $F2$. УГО вакуумного разрядника получают, заключая символ искрового промежутка в символ баллона электровакуумного прибора ($F3$).

В устройствах автоматики и телемеханики, в бытовой радиоаппаратуре для привода различных механизмов применяют *электродвигатели*. В бытовых магнитофонах и проигрывателях — это чаще всего асинхронные двигатели переменного тока и коллекторные двигатели постоянного тока.

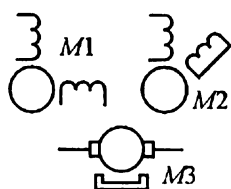


Рис.12.3

Первые из них обычно имеют короткозамкнутый ротор в виде так называемой «беличьей клетки» и статор с двумя обмотками: рабочей (или основной) и фазосдвигающей (последовательно с ней включают конденсатор, благодаря чему создается вращающееся магнитное поле). УГО такого двигателя состоит из окружности (ротор) и двух статорных обмоток (рис. 12.3, $M1$). Символ основной обмотки помещают над ротором, а фазосдвигающей — справа от него, под

углом 90° к символу основной. Рядом с УГО обычно указывают тип двигателя [13].

Если необходимый сдвиг фазы создается короткозамкнутым витком на полюсе статора, его изображают в виде замкнутой накоротко обмотки, развернутой по отношению к символу основной на угол 45° (см. рис. 12.3, $M2$).

В электродвигателях постоянного тока на статоре устанавливают постоянные магниты, а обмотку размещают на роторе. Для автоматической коммутации ее секций при вращении ротора используют узел, состоящий из двух щеток и нескольких пластин. Все эти особенности конструкции отражены и в УГО коллекторного двигателя, показанном на рис. 12.3 ($M3$): здесь окружность, как и ранее, символизирует ротор, касающиеся его узкие прямоугольники — щетки, а светлая П-образная скобка — постоянные магниты на статоре.

Линии электрической связи (ЛЭС) символизируют на схемах реальные электрические соединения между радиокомпонентами и узлами [14]. Для удобства прослеживания этих соединений на схемах ЛЭС чертят, как правило, только в горизонтальном и вертикальном направлениях. Исключение составляют лишь схемы некоторых функциональных узлов, начертание которых давно стало традиционным (измерительные и выпрямительные мосты, мультивибраторы и т. п.).

Для удобства чтения схем символы элементов стараются расположить и сориентировать таким образом, чтобы ЛЭС имели возможно меньшее число изломов и пересечений. Если же избежать пересечения не удастся, его делают под углом 90° (рис. 12.4, а), изменяя при необходимости направление одной из ЛЭС. В местах пересечений, символизирующих электрическое соединение в виде пайки, сварки, скрутки ставят жирные точки (см. рис. 12.4, б). Аналогично поступают и в тех случаях, когда необходимо показать ответвления от той или иной ЛЭС (см. рис. 12.4, в). Ответвляющиеся ЛЭС допускается проводить на чертеже под углами, кратными 15° . Использовать в качестве точек присоединения ЛЭС элементы УГО, имеющие вид точки (например, переключателей с нейтральным средним положением), излома линий (контакты кнопок и переключателей) и их пересечений (выводы эмиттера и коллектора в местах пересечения с окружностью корпуса и т. п.), нельзя.

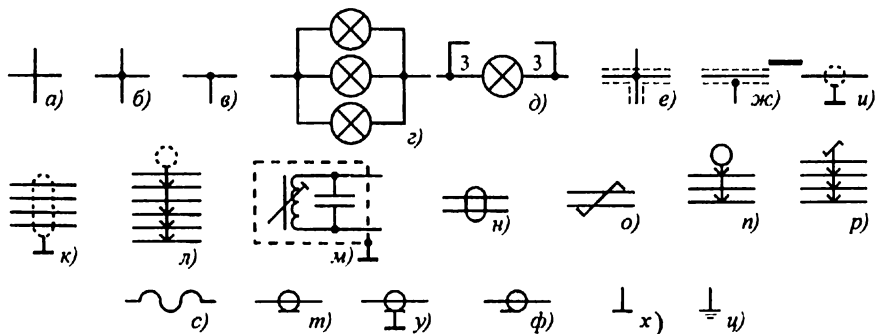


Рис.12.4

При изображении ЛЭС с ответвлениями в несколько параллельных идентичных цепей (рис. 12.4, з) можно использовать следующий прием: показать на схеме лишь одну цепь, а наличие остальных указать Г-образными ответвлениями, рядом с которыми указать общее число параллельных цепей, включая изображенную (см. рис. 12.4, д).

Необходимость экранирования того или иного соединения показывают штриховыми линиями по обе стороны от ЛЭС (см. рис. 12.4, е, ж) или небольшим штриховым кружком (см. рис. 12.4, и). Ответвление от линии, сим-

волизирующей экранирующую оплетку, допускается изображать как с точкой, так и без нее. Соединение с общим проводом устройства (корпусом) показывают отрезком утолщенной линии на конце ответвления (см. рис. 12.4, *и, х*).

Если в общий экран помещены несколько проводов, соответствующие ЛЭС объединяют знаком, изображенным на рис. 12.4, *к*. Если же разместить эти ЛЭС рядом не удастся, поступают, как показано на рис. 12.4, *л*: от символа экрана проводят линию со стрелками, указывающими на те из них, которые находятся в общем экране. Экран, в который заключены детали того или иного устройства, изображают в виде замкнутого контура, охватывающего их символы (см. рис. 12.4, *м*).

Аналогичные приемы используют и в случаях, если группа ЛЭС символизирует соединение многопроводным кабелем или скрученными проводами. Знак кабеля в виде овала применяют для объединения идущих рядом ЛЭС (см. рис. 12.4, *н*), кружок со стрелками — для объединения ЛЭС, перемежающихся другими (см. рис. 12.4, *п*). Точно так же применяют знак скрутки — наклонную линию с засечками на концах (см. рис. 12.4, *о, р*).

Линию электрической связи, символизирующую гибкое соединение (например, гибкий провод, соединяющий измерительный прибор со щупом), изображают волнистой линией (см. рис. 12.4, *с*).

Для передачи сигналов на высоких частотах используют коаксиальные кабели (см. рис. 12.4, *т*). Поскольку знак коаксиальной структуры практически символизирует внешний проводник, от него, как и от символа экранирования, при необходимости делают ответвление (см. рис. 12.4, *у*). В обозначении ЛЭС, выполненной коаксиальным кабелем лишь частично, знак видоизменяют: касательную к кружку направляют только в его сторону. Пример, показанный на рис. 12.4, *ф*, означает, что коаксиальная структура в данном случае имеется левее знака.

Число ЛЭС на принципиальных схемах сложных электронных устройств очень часто бывает большим. Если к тому же они идут параллельно одна другой и неоднократно меняют направление, то иногда проследить связь между элементами становится очень трудно. Для облегчения чтения схем ГОСТ рекомендует разбивать параллельно идущие ЛЭС на подгруппы из трех линий каждая (считая сверху) и отделять их увеличенными интервалами (рис. 12.5, *а*).

Однако и этого иногда оказывается недостаточно, если к тому же большое число параллельных ЛЭС сильно загромождает схему и увеличивают её размеры. В подобном случае можно слить параллельные ЛЭС в одну утолщенную линию групповой связи (ЛГС). При выполнении принципиальных схем автоматизированным способом допускается линию групповой связи не утолщать. У входа и выхода из ЛГС каждой ЛЭС присваивается порядковый номер (рис. 12.5, *б*). Чтобы не спутать эти линии с ЛЭС, просто пересекающей ЛГС, расстояние между соседними линиями, отходящими в разные стороны, должно быть не меньше 2 мм.

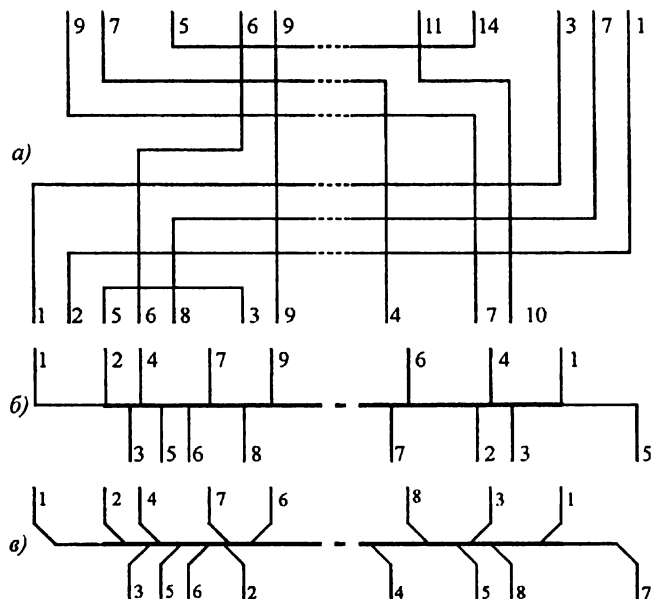


Рис.12.5

Для облегчения поиска отдельных ЛЭС допускается показывать их направление с помощью излома под углом 45° (рис. 12.5, в). При этом точка излома должна быть удалена от ЛГС не менее чем на 3 мм, а наклонные участки соседних ЛЭС, изображенных по одну сторону от нее, не должны иметь пересечений и общих точек.

13. ОБОЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Условные графические обозначения общего применения [15] широко используются при выполнении различных структурных и принципиальных схем для повышения их информативности.

Для обозначения рода тока и напряжения используют символы, изображенные на рис. 13.1. Их помещают над линиями электрической связи, если необходимо дать характеристику входного, выходного или управляющего сигналов, используют в качестве составной части некоторых УГО для принципиальных и структурных схем.

—   3  50 Гц 220 В

а)

б)

в)

   10 кГц

г)

д)

е)

ж)

з)

и)

к)

л)

м)

Рис.13.1

Постоянные ток и напряжение обозначают короткой горизонтальной черточкой (рис. 13.1, а) или двумя параллельными, одна из которых штриховая, переменные — отрезком синусоиды (см. рис. 13.1, б). Рядом с последним знаком можно поместить параметры переменного тока — число фаз, частоту, напряжение (см. рис. 13.1, в).

Если на схеме необходимо указать различные диапазоны или полосы частот, то знаком «~» (см. рис. 13.1, б) обозначают ток низкой частоты, а для токов средних (например, звуковых) и высоких (ультразвуковых и радиочастот) используют символы, составленные соответственно из двух (см. рис. 13.1, г) и трех (см. рис. 13.1, д) синусоид. Это рекомендации, и ГОСТ допускает применять общее УГО (см. рис. 13.1, б) для обозначения любых частот, но с указанием их конкретного значения (см. рис. 13.1, в).

Знаки в виде двух и трех синусоид используют в УГО для структурных и функциональных схем. Если в символе, состоящем из двух синусоид, коротким штрихом перечеркнута верхняя (см. рис. 13.1, ж), то это означает, что полоса частот ограничена сверху (фильтрация нижних частот, ФНЧ), а если нижняя (см. рис. 13.1, з) — снизу (фильтрация верхних частот, ФВЧ). Одновременно зачеркнутые верхняя и нижняя синусоиды в символе высоких частот (см. рис. 13.1, и) обозначают пропускание полосы частот, ограниченной как сверху, так и снизу, а средняя (см. рис. 13.1, л) — подавление сигнала в полосе частот.

На схемах можно встретить также знак, изображенный на рис. 13.1, м. Его используют в том случае, когда необходимо подчеркнуть, что данный прибор или аппарат пригоден для работы как на постоянном, так и на переменном токе. На схемах также широко используют знаки, отображающие форму сигнала в характерных точках устройства. Например, знак, напоминающий осциллограмму импульса с заполнением, обозначает радиоимпульс. Наиболее часто применяемые для этого символы приведены на рис. 13.2.

Знаки (рис. 13.2, а) и (рис. 13.2, б) — обозначают соответственно положительный и отрицательный прямоугольные импульсы, следующие за ними (см. рис. 13.2, в, г) — остроугольные импульсы разной полярности. Похожим знаком, но с разными по времени «фронтом» и «срезом», обозначают пилообразный импульс (д), а символом в виде равнобедренной трапеции (е) — транзисторный. Два следующих знака используют в тех случаях, когда необходимо показать импульс с крутым фронтом (ж) или спадом (и). Для повышения информативности этих символов их нередко дополняют такими характеристиками, как длительность и амплитуда импульсов (см. рис. 13.2, а), граничные уровни напряжений и др.

Для характеристики сигналов можно использовать и любые другие знаки, важно только, чтобы они, как требует ГОСТ, упрощенно воспроизводили осциллограммы соответствующих реальных сигналов.

Часто применяют в схемах знаки в виде различных стрелок. Стрелками с углом при вершине 60° обозначают направление передачи электромагнитной энергии, например, в символах антенн, направление преобразования в символах измерительных датчиков, а также в УГО различных устройств на структурных схемах. Одна такая стрелка (рис. 13.3, а) указывает на передачу энергии в одном направлении; две разнонаправленные (б) — в обоих направлениях одновременно, две встречные (в) — в обоих направлениях одновременно. Примерно такой же смысл имеют острые стрелки в символах звукопередатчика, магнитной головки, громкоговорителя-микрофона и т. п. (см., например, рис. 10.3—10.5).

Иной смысл имеет наклонная стрелка, пересекающая УГО какого-либо элемента под углом 45° . Это — знак регулирования. С его помощью строят общие УГО регулируемых (переменных) резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности и т. д. Располагают его всегда одинаково. Желая подчеркнуть характеристику или способ регулирования, справа от стрелки помещают дополнительные знаки, например, параллельную ей черточку, обозначающую плавное регулирование, символическое изображение ступеньки, указывающей на ступенчатое регулирование (допускается приводить число ступеней регулировки), математическую запись условий, при которых допускается регулирование.

Способ регулирования обозначают знаком в виде кружка. Если регулировка осуществляется ручкой управления, выведенной наружу, кружок ря-

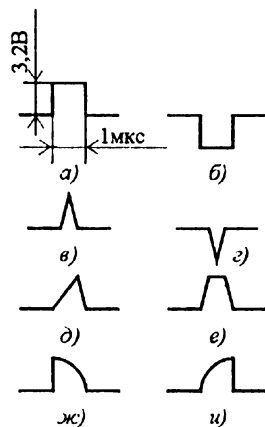


Рис.13.2

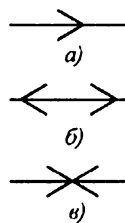


Рис.13.3

дом со стрелкой зачерняют целиком. Если для воздействия на выведенный наружу орган управления необходим специальный инструмент (отвертка, торцевой ключ), его делят вертикальной чертой и одну половину зачерняют, а если регулировочный орган расположен внутри прибора и также требует применения инструмента — делят вертикальной чертой пополам. При необходимости над этим знаком помещают дуговую стрелку, указывающую направление регулирования, при котором происходит *возрастание* регулируемой величины.

Знак нелинейного регулирования также изображается наклонённой под углом 45° стрелкой, но с изломом у основания. Рядом с изломом допускается указывать в математической форме закон изменения регулируемой величины, например, $\log$.

Похожим знаком с изломом, но без стрелки, выделяют на схемах элементы, параметры которых нелинейно изменяются под действием внешних факторов (температуры, давления, напряжения, тока и т. д.). Под полочкой этого знака (или рядом с ней) указывают общепринятое буквенное обозначение физической величины, вызывающей изменение регулируемого параметра. Пример использования этого знака — на рис.2.8.

Еще один знак регулирования — наклонную линию с засечкой на конце — используют для выделения подстроечных элементов, регулируемых при налаживании прибора, при контроле его в процессе эксплуатации и т. д. Этот знак был приведён на рис.2.7.

Знаки в виде острых стрелок используют также, например, при построении УГО акустических головок (см. разд. 10), антенн, магнитострикционных элементов. Двумя параллельными стрелками обозначают фотоэлектрический эффект и оптическое излучение (см. разд. 7).

На принципиальных схемах нередко приходится изображать механические связи между элементами. Стрелками в подобных случаях показывают направление движения и его характер. Прямолinéйное перемещение в одном направлении указывают стрелкой, ориентированной в соответствующую сторону, в обоих направлениях или возвратно-поступательное движение — обоюдоострой стрелкой. Если необходимо подчеркнуть, что движение в ту или другую сторону ограничено, на конце стрелки делают засечку и указывают над ней длину перемещения. Вращательное движение изображают дугообразными стрелками, назначение которых аналогично, но применительно к иному характеру движения.

Стрелки, символизирующие направление и характер движения, используют совместно с линиями механической связи между элементами. На принципиальных схемах их обычно изображают штриховыми линиями, реже — двумя параллельными сплошными. Комбинацией из дугообразной и прямой стрелок обозначают винтовое движение.

Некоторые УГО элементов привода и управляющих устройств показаны на рис. 13.4.

Первые два символа (рис.13.4, а, б) — ручной привод (см. разд. 5), осуществляемый нажатием на кнопку. Если же управляемый элемент приводится в действие вытягиванием или поворотом кнопки, используют знаки, изображенные соответственно на рис. 13.5, в и г (линию механической связи можно обозначать, как уже было сказано, штриховой или двумя сплошными линиями). Символом, изображенным на рис.13.4, д обозначают ножной привод (педаль), знаком рис.13.4, е — фиксацию привода в нажатом (вытянутом или повернутом) положении.

В УГО других видов привода использованы элементы соответствующих базовых символов или запоминающиеся знаки. Так, если в нем применен электромагнит, то линию механической связи присоединяют к символу электромагнита (см. рис. 13.4, ж), а если электродвигатель — к предельно упрощенному символу такого устройства.

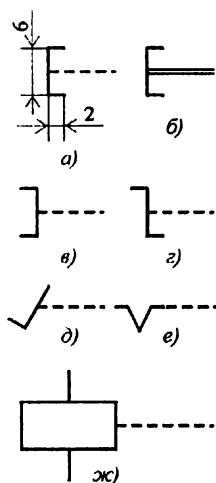


Рис.13.4

14. УСТРОЙСТВА СВЯЗИ

В схемах устройств связи используют УГО, символизирующие отдельные функциональные части [16]. Такими частями могут быть и функциональные группы элементов (например, преобразователи частоты, фильтры и т. п.), и устройства (блоки питания, записывающее или воспроизводящее устройство и т. п.). Ниже приводятся УГО, которые используются также в структурных и функциональных схемах других электронных устройств.

Функциональные части изображают в виде квадратов, прямоугольников или треугольников. Для большей наглядности внутри этих общих обозначений помещают различные знаки, придающие частным УГО индивидуальность и мнемоничность.

Большинство символов устройств связи построено на основе квадрата 12×12 мм (рис. 14.1). Рассмотрим, как на его основе строятся УГО различных генераторов электрических колебаний. Отличительный признак этих устройств — латинская буква *G*, которая является и буквенным кодом в позиционных обозначениях (см. табл.1.1). Если нужно указать форму генерируемых колебаний, в квадрат помещают знаки, упрощенно воспроизводящие их осциллограммы (см. разд. 13). На рис.14.1 генератор синусоидальных колебаний — *G2*, пилообразных — *G3*, а прямоугольных — *G4*.

Чтобы отличить генераторы звуковой и радиочастоты от устройств, вырабатывающих ток низкой частоты, вместо одного символа синусоиды изображают соответственно два (*G5* на рис.14.1) или три таких символа (*G6* на рис.14.1). Можно указать под обозначением формы колебаний даже значение частоты (*G7* на рис.14.1).

Возможность перестройки генератора по частоте показывают стрелкой, пересекающей либо само УГО (*G8* на рис.14.1; рядом со стрелкой в этом случае указана букву *f*), либо символ формы колебаний (*G9* на рис.14.1). Генератор, стабилизированный кварцевым резонатором, выделяют на схемах символом пьезоэлектрического элемента (*G10* на рис.14.1), генератор шума (*G11* на рис.14.1) — буквами *kT* (*k* — постоянная Больцмана, *T* — абсолютная температура).

Позиционное обозначение УГО усилителей — буквенный код *A*. Знак усиления — небольшой равносторонний треугольник, вершина которого указывает направление передачи сигнала (рис. 14.2, *A1*). Такой же треугольник, но со стороной 12 мм (*A2* на рис.14.2), часто используют в качестве самостоятельного символа усилителей. Знаки, характеризующие вид усилителя или принцип его работы, разрешается указывать только в этом обозначении. Для примера на рис. 14.2 (*A3* на рис.14.2) приведено УГО так называемого магнитного усилителя (цепочка полуокружностей символизирует его обмотки).

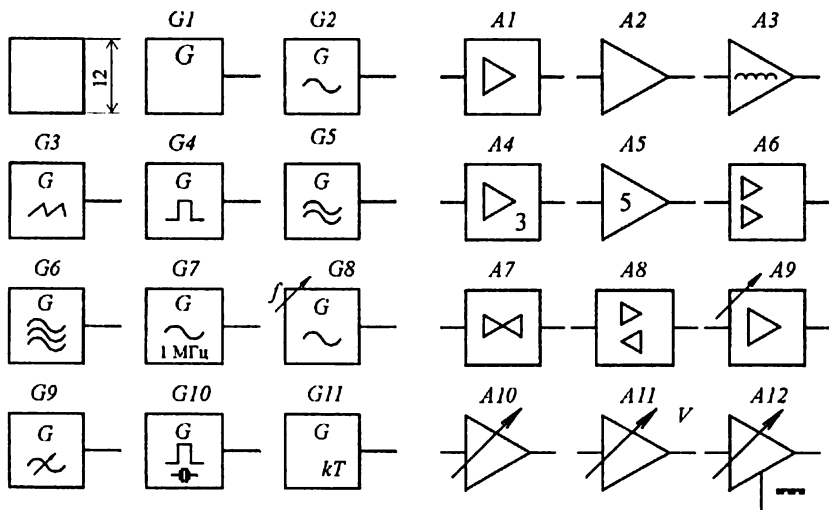


Рис.14.1

Рис.14.2

Стандарт предусматривает при необходимости возможность отображения в УГО усилителей числа каскадов, особенностей выходного каскада, способности передачи сигнала в обоих направлениях (такие усилители применяют, например, в переговорных устройствах), возможности регулировки усиления и т. д. Число каскадов указывают соответствующими цифрами. На рис.14.2 — *A4* — трехкаскадный усилитель, *A5* — пятикаскадный. Для обозначения двухтактного усилителя используют два знака усиления, помещая их один над другим (см. рис.14.2, *A6*). Такими же знаками, но направленными встречно, выделяют на схемах усилители, способные передавать сигнал в обоих направлениях, причем в случае, если усилитель двухпроводный, их располагают на одной линии (*A7* на рис.14.2), а если четырехпроводный — разносят по вертикали (*A8* на рис.14.2).

Регулируемые усилители обозначают любым из основных символов, пересекая его знаком регулирования — стрелкой (*A9*, *A10* на рис.14.2). Рядом со стрелкой можно указывать буквенное обозначение регулируемой величины. Например, усилитель с регулируемым выходным напряжением — *A11*. Если усиление регулируется электронным способом, УГО дополняют еще одним (управляющим) выводом, рядом с которым указывают вид регулирующего сигнала. На рис.14.2 усилитель с внешним управлением постоянным током — *A12*.

Общее условное графическое обозначение частотных фильтров — квадрат с перечеркнутым символом синусоиды (буквенный код — *Z*, см

табл.1.1). Такое УГО (рис. 14.3, Z1) используют в тех случаях, когда важно показать именно наличие фильтра в цепи сигнала.

Более информативны остальные УГО, изображенные на рис.14.3 (знаки, используемые при их построении, подробно рассмотрены в разд. 13). Здесь Z2 и Z3 — фильтры соответственно нижних и верхних частот, Z4 и Z5 — соответственно полосовой и режекторный фильтры. От символов фильтров следует отличать УГО подавителя радиочастотных помех Z6, в котором знаки синусоид пересечены крестом.

Позиционные обозначения УГО устройств, предназначенных для ограничения сигнала — буквенный код ZL. Работа этих устройств заключается в выделении его части сигнала, лежащего ниже или выше определенного уровня или заключенного между ними. Уровни ограничения указывают отрезками горизонтальных прямых, пересекающих синусоиду — символ сигнала в соответствующих местах. УГО ограничителей больших и малых напряжений, а также двустороннего ограничителя показаны на рис. 14.4 (ZL1, ZL2 и ZL3).

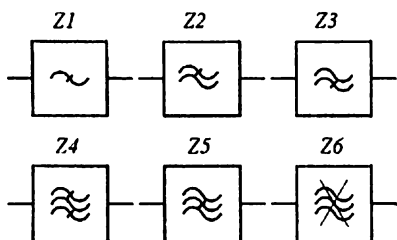


Рис.14.3

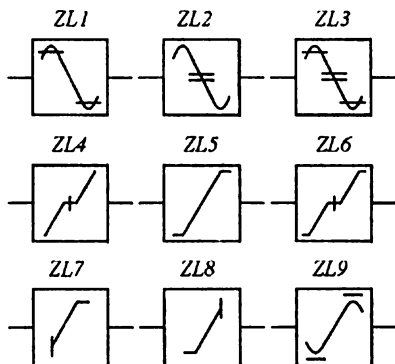


Рис.14.4

Устройства, предназначенные для ограничения минимальных и максимальных значений сигнала (или и тех, и других), обозначают иначе. Знак такого ограничения — вертикальная черточка, пересекающая наклонную линию (символ сигнала) с горизонтальными полочками (уровни ограничения) в середине (ограничитель минимума) или на концах (ограничители максимумов). Изображенный на рис. 14.4 символ ZL4 обозначает ограничитель минимальных значений амплитуды, ZL5 — максимальных, ZL6 — и тех, и других. Если же необходимо показать ограничитель только максимальных положительных значений сигнала, знак ограничения изображают на нижнем конце наклонной линии (ZL7 на рис.14.4), а если только отрицательных — на верхнем (ZL8 на рис.14.4). Ограничения амплитуды без искажения формы сигнала (например, за счет действия АРУ) показывают знаком синусоиды с горизонтальными черточками, не касающимися ее (ZL9 на рис.14.4).

Отличительный признак корректоров — две линии с полочками на концах (рис. 14.5, A1): наклонная символизирует искажение, а вертикальная — коррекцию искажения. Корректируемые параметры указывают общепринятыми буквенными обозначениями физических величин, обозначениями единиц их измерения или специальными знаками. Например, частотный корректор выделяют буквой f (A2 на рис.14.5), фазовый — греческой буквой φ (A3), выравниватель времени задержки — обозначением Δt (A4), затухания — обозначением единицы его измерения dB (A5 на рис.14.5). Например, частотную коррекцию с подъемом АЧХ в области высших частот показывают дужкой четвертой четверти окружности (A6 на рис.14.5), а со спадом — первой (A7 на рис.14.5). Символ искажения в двух последних случаях не изображают.

В условных графических обозначениях устройств для сжатия динамического диапазона (т.е. нелинейного уменьшения разницы больших и малых амплитуд) — компрессоров (рис. 14.5, A8) — используют предельно упрощенный график зависимости амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного: наклонная линия символизирует сужение динамического диапазона. В экспандерах (расширителях динамического диапазона) решается обратная задача, поэтому график в их УГО (A9 на рис.14.5) имеет противоположный характер.

На основе квадрата построены УГО и таких функциональных частей устройств связи, как attenuаторы, линии задержки, фазовращатели и т. п. (буквенный код — A). Отличительный признак attenuатора — вписанное в квадрат международное обозначение логарифмической единицы — децибела (рис. 14.6, A1), фазовращателя — общепринятое обозначение угла — греческая буква φ (A4). Если необходимо указать на схеме величину вносимого устройством затухания или сдвига фаз, над линией выхода помещают соответствующую надпись (A2, A3, A5).

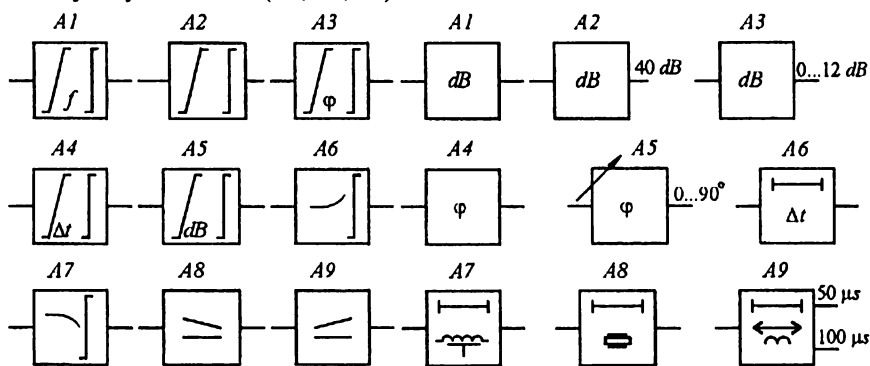


Рис.14.5

Рис.14.6

Общее условное графическое обозначение линий задержки — квадрат с символом временной задержки, состоящим из отрезка горизонтальной прямой с засечками на концах и общепринятого обозначения временного интервала Δt (A6). В УГО конкретных устройств на месте этих букв можно изображать знаки, характеризующие их конструктивные особенности. Для примера на рис. 14.6 показаны символы электромагнитной линии задержки с распределенными параметрами A7 и двух ультразвуковых: с пьезоэлектрическими A8) и магнитострикционными преобразователями A9. У линий задержки может быть несколько выходов. В частности наличие двух выходов у символа A9 говорит именно об этом. При необходимости время задержки указывают и у символов линий с одним выходом или внутри УГО вместо Δt .

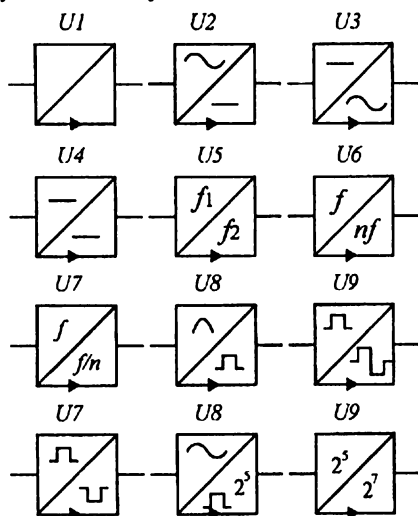


Рис.14.7

шифруются общие УГО преобразователя частоты U6 (сигнал частотой f_1 преобразуется им в сигнал частотой f_2), символах умножителей U6 и делителей частоты U7. Частоту выходного сигнала выражают через частоту входного с помощью коэффициентов n и $1/n$ соответственно (где n — целое число).

Остальные условные графические обозначения, изображенные на рис. 14.7, символизируют следующие устройства: U8 — формирователь прямоугольных импульсов, U9 — преобразователь однополярных (в данном случае — положительных) импульсов в двухполярные, U10 — инвертор импульсов, U11 — преобразователь переменного тока в сигналы пятизначного бинарного кода, U12 — преобразователь сигналов пятизначного бинарного кода в сигналы семизначного (обозначение прямоугольного импульса в подобных случаях допускается не показывать).

В технике средств связи широко применяют всевозможные преобразователи электрических величин в электрические (код — буква U, см. табл.1.1). Общее УГО этой группы устройств — квадрат, разделенный диагональю на две части, со стрелкой на нижней стороне, указывающей направление преобразования (рис.14.7, U1). В левом треугольнике помещают знаки, характеризующие преобразуемый сигнал, в правом — преобразованный. Таким образом устройство U2 — преобразователь переменного тока в постоянный (выпрямитель!), U3 — постоянного в переменный, U4 — постоянного в постоянный ток. Аналогично рас-

Модуляторы, демодуляторы (детекторы), частотные дискриминаторы и другие подобные устройства обозначают на схемах символами, показанными на рис. 14.8 ($U1$, $U2$). Первый из них используют в качестве общего УГО, второй — в качестве основы для построения УГО конкретных устройств. Вместо букв A и B (над выводами) второго символа помещают знаки, характеризующие соответственно модулирующий и модулированный сигналы (для модуляторов) или модулированный и демодулированный (для демодуляторов), на месте буквы C — обозначение несущей частоты. Дополнительные знаки (например, символы звуковой и радиочастоты) указывают внутри УГО на месте букв a , $в$, $с$.

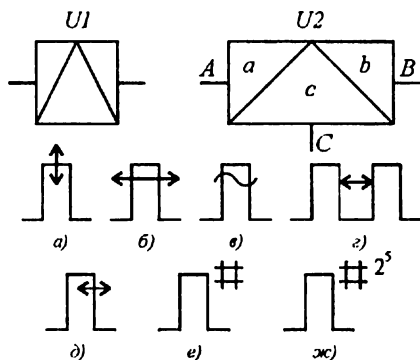


Рис.14.8

За основу знаков вида модуляции при импульсной передаче принято упрощенное изображение прямоугольного импульса. Амплитудную модуляцию выделяют двунаправленной вертикальной стрелкой (см. рис. 14.8, a), фазовую — такой же горизонтальной ($б$), частотную — символом синусоиды ($в$). Двунаправленную стрелку используют также для обозначения временной ($г$) и широтной ($д$) модуляции. Признаком импульсно-кодовой модуляции служит знак в виде ячейки прямоугольной сетки ($е$), рядом с которым при необходимости указывают и сам код (для примера на рис. 14.8, $ж$ показано обозначение пятизначного бинарного кода).

15. ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

К элементам цифровой техники относят устройства или части устройств, реализующие функцию или систему функций алгебры логики. Буквенный код элементов цифровой техники — буквы *DD*.

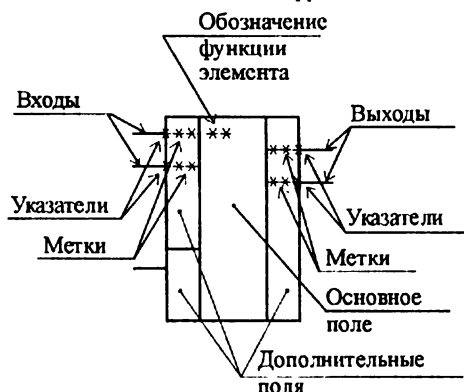


Рис.15.1

Условные графические обозначения элементов цифровой техники строят на основе прямоугольника [17]. В общем виде УГО может содержать основное и одно или два дополнительных поля, расположенных по обе стороны от основного (рис. 15.1, а). Размер УГО по ширине зависит от наличия дополнительных полей и количества помещаемых в них знаков обозначения функции элемента: по высоте — от числа выводов, интервалов между ними и числа строк информации в ос-

новном и дополнительном полях. Согласно стандарту ЕСКД ширина основного поля должна быть не менее 10, дополнительных — не менее 5 мм (при большом числе знаков в метках и обозначении функции элемента эти размеры соответственно увеличивают). Расстояние между выводами — 5 мм или кратно этой величине; между выводом и горизонтальной стороной УГО (или границей зоны) — не менее 2,5 мм и кратно этой величине. При разделении групп выводов величина интервала должна быть не менее 10 и кратно 5 мм.

Выводы элементов цифровой техники делятся на входы, выходы, двунаправленные выводы и выводы, не несущие информации (например, для подключения питания, внешних *РС*-цепей и т. п.). Входы изображают слева, выходы — справа, остальные выводы — с любой стороны УГО. При необходимости допускается поворачивать УГО на угол 90° по часовой стрелке, т. е. располагать входы сверху, а выходы — снизу.

Функциональное назначение элемента цифровой техники указывают в верхней части основного поля УГО. Его составляют из прописных букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков, записываемых без пробелов (число знаков в обозначении функции не ограничивается). Обозначения основных функций и их производных приведены в табл. 15.1. В эту таблицу включены также обозначения элементов, не выполняющих функций алгебры логики, но применяемых в логических цепях и условно отнесенных к устройствам цифровой техники: генераторов, формирователей, ключей, наборов элементов и т. п. Для обозначения мультивибраторов, кроме указанного в таблице сочетания *G1*, можно использовать символ в виде прямоугольного

импульса положительной полярности; триггеров Шмитта — символ, напоминающий прямоугольную петлю гистерезиса. Знак «*» ставят перед обозначением функции в том случае, если все выводы элемента являются нелогическими (наборы транзисторов, диодов, резисторов и т. д.).

Таблица 15.1

Обозначения основных функций

Логическая функция	Код	Логическая функция	Код
Вычислитель	<i>CP</i>	Регистр: общее обозначение	<i>RG</i>
Вычислительное устройство (центральный процессор)	<i>CPU</i>	со сдвигом слева направо	<i>RG →</i>
Процессор	<i>P</i>	со сдвигом справа налево	<i>RG ←</i>
Секция процессора	<i>PS</i>	с реверсивным сдвигом	<i>RG ↔</i>
Память	<i>M</i>	Счетчик двоичный	<i>CT2</i>
Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ):		Дешифратор	<i>DC</i>
с произвольным доступом	<i>RAM</i>	Шифратор	<i>CD</i>
с последоват. доступом	<i>SAM</i>	Преобразователь	<i>XY</i>
Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)	<i>ROM</i>	Сравнение	<i>= =</i>
ПЗУ с возможностью программирования:		Мультиплексор	<i>MUX</i>
однократного	<i>PROM</i>	Демultipлексор	<i>DMX</i>
многократного	<i>RPMOM</i>	Мультиплексор-селектор	<i>MS</i>
Управление	<i>CO</i>	Селектор	<i>SL</i>
Перенос	<i>CR</i>	Генератор: общее обознач.	<i>G</i>
Прерывание	<i>INR</i>	непрерывной послед. имп.	<i>GN</i>
Передача	<i>TF</i>	одиночного импульса	<i>GI</i>
Прием	<i>RC</i>	синусоидального сигнала	<i>GSIN</i>
Ввод-вывод последовательн.	<i>IOS</i>	Триггер: общее обозначение	<i>T</i>
Ввод-вывод параллельный	<i>IOP</i>	двухступенчатый	<i>TT</i>
Арифметика	<i>A</i>	Шмитта	<i>TN</i>
Суммирование	<i>SM</i> или Σ	Формирователь: общее обозначение	<i>FF</i>
Вычитание	<i>SUB</i>	логического 0	<i>L0</i>
Умножение	<i>MPL</i>	логической 1	<i>FL1</i>
Деление	<i>DIV</i>	Ключ	<i>SW</i>
Логика	<i>L</i>	Модулятор	<i>MD</i>
Логическое И	<i>&</i> или <i>И</i>	Демодулятор	<i>DM</i>
Логическое ИЛИ	≥ 1 или <i>1</i>	Нелогические элементы:	
Исключающее ИЛИ	$= 1$	стабилизатор напряжения	<i>*STU</i>
Повторитель	<i>1</i>	набор:	
		резисторов	<i>*R</i>
		диодов	<i>*D</i>
		транзисторов	<i>*T</i>
		индикаторов	<i>*H</i>

Обозначение функции элемента можно дополнить его технической характеристикой. Например, набор резисторов сопротивлением 100 Ом можно обозначить **R100*, оперативную память ёмкостью — *RAM16K*, оперативную память динамического типа 256 Кбайт — *RAMD256 K*, оперативную память с

последовательным доступом и сохранением информации после отключения питания — *SAMS*.

Если необходимо указать сложную функцию, используют комбинированное обозначение, составленное из приведенных в таблице более простых. Например, двоичный счетчик с дешифратором обозначают сочетанием *CT2DC*, управление памятью — сочетанием *COM*, управление записью — *COWR*, счетчик команд — *CTIN* и т. п.

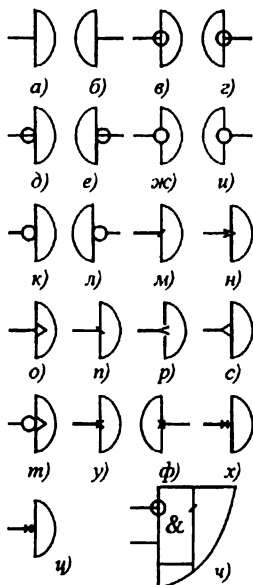


Рис.15.2

Выводы элементов подразделяют на статические и динамические, которые, в свою очередь, могут быть прямыми и инверсными. Прямые статические выводы изображают линиями электрической связи, присоединяемыми к основному или дополнительному полю УГО без каких-либо знаков (рис. 15.2: *а* — статический вход, *б* — статический выход), инверсные — линией с кружком на конце (*в*, *д*, *ж*, *к* — входы; *г*, *е*, *и*, *л* — выходы; предпочтительными являются обозначения *в*, *г*). Отличительным признаком динамического вывода (входа) — косая черточка, стрелка или треугольник. Прямые динамические входы обозначают, как показано на рис. 15.2, *м*—*о*; предпочтительные символы — *м*, *н*. Обозначения инверсных выводов — на рис. 15.2, *п*—*т* (предпочтительные — *п*, *р*). Выводы, не несущие логической информации, выделяют крестиком, который наносят либо в месте присоединения к УГО (*у*, *ф*), либо в непосредственной близости от него (*х*, *ц*). Предпочтительными являются обозначения *у*, *ф*.

Если необходимо указать характер воздействия группы сигналов, указатель можно поместить не в месте присоединения выводов, а на линии, разделяющей основное и дополнительное поля (см. рис. 15.2, *ч*).

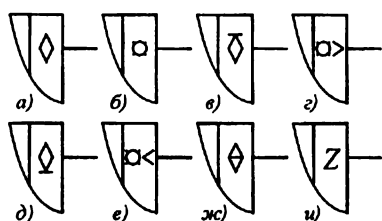


Рис.15.3

Метки выводов элементов цифровой техники приведены в табл. 15.1.

Назначение выводов показывают метками в дополнительных полях. Как и обозначения функций, их составляют из латинских букв, арабских цифр и специальных знаков. Число знаков в метке также не ограничивается, поэтому ширину дополнительного поля выбирают такой, чтобы в нем уместились все знаки самой длинной метки. Обозначения основных

Так называемые открытые выводы элементов помечают одним из специальных знаков: ромбиком (рис. 15.3, *а*) или кружком с четырьмя лучами (рис. 15.3, *б*). Если необходимо указать, что данный вывод соединен с коллектором транзистора структуры *p-n-p*, эмиттером транзистора *n-p-n*, стоком полевого транзистора с *p*-каналом или истоком транзистора с *n*-каналом, ромбик снабжают черточкой сверху (*в*), а кружок — уголком, обращенным к нему раскрытым (*г*). Если вывод соединен с коллектором *n-p-n*-транзистора, или с эмиттером *p-n-p*-транзистора, или стоком полевого транзистора с каналом *n*-типа, или истоком полевого транзистора с каналом *p*-типа черточку у ромбика помещают снизу (*д*), а вершину уголка направляют в сторону кружка (*е*). Если в основном поле УГО логического элемента присутствует комбинация $\&\Diamond$ ($1\Diamond$), это означает монтажное «И» («ИЛИ»). Вывод с так называемым третьим состоянием или состоянием высокого импеданса (*Z*-состоянием) обозначают ромбиком с черточкой внутри (*ж*) или латинской буквой *Z* (*и*).

Метки сложных функций выводов составляют из простых. Например, чтобы указать функцию записи *WR* в память *M*, используют сочетание *WRM*, разрешение *E* записи — *EWR*, разрешение считывания *RD* — *ERD*, строб *C* записи — *CWR*, чтение из памяти — *RWM*, выбор *SE* данных *D* — *SED* и т. д. В качестве меток выводов можно использовать и обозначения функций (а также их комбинации) из табл. 15.1.

Для нумерации разрядов в группах выводов к обозначениям метки добавляют цифры, соответствующие их номерам. Например, информационный вход нулевого разряда обозначают *D0*, первого — *D1* и т. п. Если при этом весовые коэффициенты разрядов определены однозначно, то вместо номера разряда можно указать его весовой коэффициент из ряда P^n , где *P* — основание системы счисления, а *n* — номер разряда. Для двоичной системы счисления такой ряд весов имеет вид $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$ или 1, 2, 4, 8 и т. д. Поэтому нулевой разряд можно обозначить *D1* или просто 1, первый — *D2* или 2, второй — *D4* или 4, третий — *D8* или 8 и т. д. Для уменьшения числа знаков в метке допускается вместо весового коэффициента указывать степень его основания. Чтобы отличить последнюю от цифр, обозначающих номер или весовой коэффициент, перед ней ставят стрелку, направленную вверх. Например, информационный вход с весовым коэффициентом $128 (2^7)$ можно обозначить $D\uparrow 7$ или $\uparrow 7$.

Выводы элементов могут быть логически равнозначными, т. е. взаимозаменяемыми без изменения функции элемента, и неравнозначными. Если все выводы равнозначны и их функции однозначно определяются функцией элемента, УГО изображают без дополнительных полей, а выводы — на одинаковом расстоянии один от другого. Для примера на рис. 15.4, *а* показано УГО одного из таких элементов — элемента «2И-НЕ».

Логически равнозначные выводы можно графически объединить в группу, присвоив каждой из них метку, условно обозначающую либо взаимно-

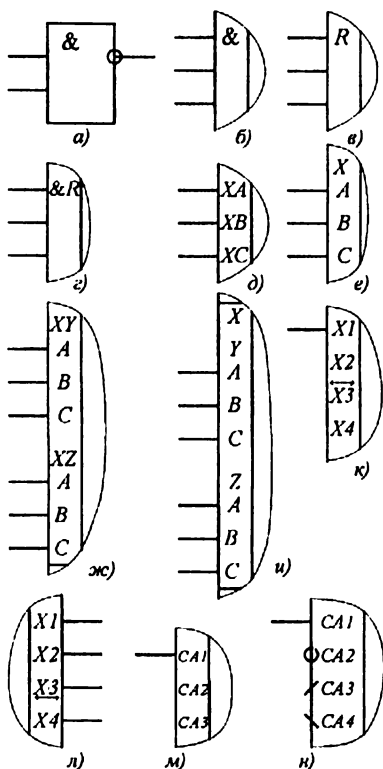


Рис.15.4

связь выводов в группе, либо их функциональное назначение, либо и то и другое. Помещают такую метку обычно на уровне первого сверху вывода группы. Например, знак & у верхнего вывода фрагмента УГО, показанного на рис. 15.4, б, означает, что все три вывода элемента объединены логической функцией «И»; буква R (рис. 15.4, в) говорит о том, что каждый из выводов служит для установки элемента в состояние «0»; метка &R (рис. 15.4, г) — о том, что выводы объединены логикой «И» и предназначены для установки в это же состояние.

Если несколько соседних меток содержат часть, отражающую одну и ту же функцию (например, функцию X в метках выводов на рис. 15.4, д), то эту часть можно вынести в так называемую групповую метку. Располагают её над группой меток, к которым она относится (рис. 15.4, е). Группы меток и выводов обособляют либо увеличенным (но кратным 5 мм) интервалом (рис. 15.4, ж), либо заключением в дополнительные поле или зону.

Из нескольких групповых меток, содержащих общую часть (рис. 15.4, ж),

может быть выделена метка более высокого порядка, которую помещают над группами и отделяют интервалом (рис. 15.4, и). Группы выводов, относящиеся к такой метке, обязательно помещают в зону.

Двунаправленные выводы (они выполняют роли как приемников, так и источников информации) обозначают меткой в виде двунаправленной стрелки или знака «>» (рис. 15.4, к, л.). При этом метки входных функций располагают над этим знаком, а выходных — под ним.

В случае если вывод элемента имеет несколько функциональных значений и (или) взаимосвязей, их обозначают соответствующими метками, помещаемыми одна под другой (рис. 15.4, м). При необходимости напротив каждой метки (на внешней стороне дополнительного поля) наносят указатели, определяющие условие выполнения функций, обозначенных метками. Для примера на рис. 15.4, н изображен фрагмент УГО элемента с выводом, на котором сигнал с уровнем «1» выполняет функцию CA1, с уровнем «0» — функцию CA2, а при переходе с уровня «0» на уровень «1» и наоборот — соответственно функции CA3 и CA4.

Примеры условных графических обозначений некоторых элементов цифровой техники приведены на рис. 15.5.

Под позиционным обозначением *DD1* здесь представлен двухвходовый логический элемент «И-НЕ». Знак в виде ромбика с черточкой внизу означает, что элемент имеет открытый коллекторный выход структуры *n-p-n*.

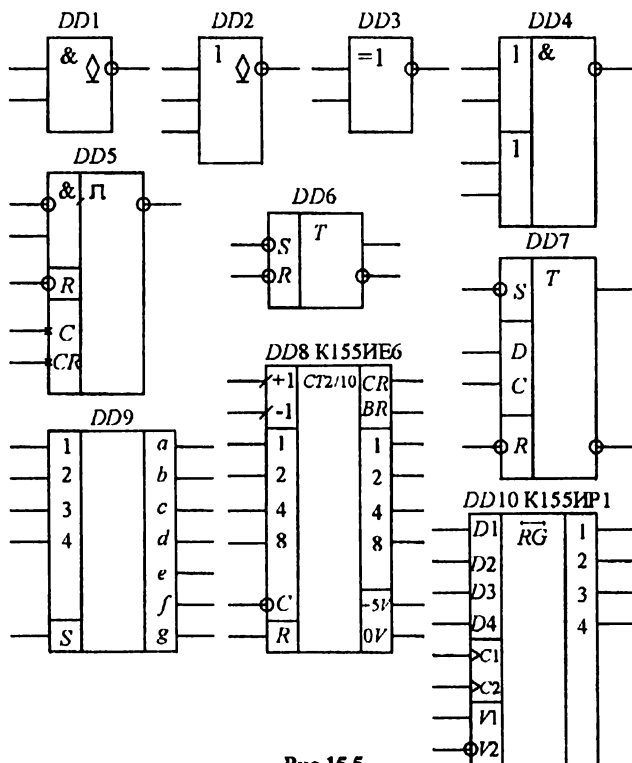


Рис.15.5

Элемент *DD2* — трехвходовый «ИЛИ-НЕ», *DD3* — двухвходовый элемент «исключающее ИЛИ», *DD4* — элемент «2ИЛИ-И-НЕ».

Позиционное обозначение *DD5* на рис. 15.5 принадлежит одновибратору. У данного одновибратора два (прямой и инверсный) динамических (косая черта на границе основного и дополнительного полей) входа запуска, объединенных по «И» (знак &), вход «Сброс» (*R*) и два выхода (прямой и инверсный). Частотоподающие *RC*-элементы подключают к выводам *C* и *RC*, помеченным крестиками.

Условные графические обозначения триггеров *DD6*, *DD7* представлены на рис. 15.5. Триггер *DD6* является *RS*-триггером со статическими инверсными-

ми входами R (установка в нулевое состояние) и S (в единичное) и двумя выходами: прямым и инверсным. Второе УГО символизирует D -триггер с установкой по инверсным входам R и S , с динамическим входом C , реагирующим на изменение сигнала с уровня логического «0» на уровень логической «1», и такими же, что и у предыдущего триггера, выходами.

Под позиционным обозначением $DD8$ изображено УГО двоично-десятичного реверсивного счетчика. Прямые динамические входы $+1$ и -1 предназначены для подачи тактовых импульсов соответственно при прямом и обратном счете, прямой статический вход R служит для установки счетчика в состояние «0», инверсный вход C — для предварительной записи информации, поступающей на входы в коде 1-2-4-8. В таком же коде снимается информация и с выходов счетчика. Сигнал на выводе CR появляется при прямом счете одновременно с переходом счетчика в состояние 0 (после 9), на выводе BR — при обратном счете (после 1). Напряжение питания подают на выводы $0V$ и $+5V$. Номера, указанные над линиями выводов счетчика, соответствуют номерам выводов микросхемы $K155IE6$ (тип микросхемы обычно указывают рядом с позиционным обозначением, как в данном примере).

Элемент $DD9$ — дешифратор состояний счетчика, преобразующий сигналы в двоичном коде 1-2-4-8 в сигналы управления семисегментным индикатором (метки — латинские строчные буквы $a-g$ — соответствуют общепринятым обозначениям сегментов, метка h соответствует разделителю разрядов). Вход S предназначен для гашения индицируемого знака.

Условное графическое обозначение $DD10$ на рис. 15.5 обозначает четырехразрядный регистр сдвига типа $K155IP1$, позволяющий записывать последовательную и параллельную информацию, сдвигать и считывать ее в том же виде. Для сдвига вправо: $V1$ — вход последовательного кода, $C1$ — тактовые импульсы. При этом $V2$ и $D1-D4$ должны быть равны «0». Для записи параллельного кода: $V2 = 1$, $C2 = 0$, а $V1$ и $C1$ — любые значения.

К числу выводов, не несущих логическую информацию, относят выводы питания, выводы электродов транзисторов (например, в наборах транзисторов), выводы для подключения внешних частотозадающих элементов (резисторов, конденсаторов, кварцевых резонаторов и т. п.).

Вывод питания в общем случае обозначают латинской буквой U . Если питающих напряжений несколько, их условно нумеруют и указывают каждое у своего вывода. Вместо буквы можно указать номинальное значение напряжения и его полярность (см. рис. 15.5, $DD8$). Общий вывод помечают нулевым напряжением $0V$.

Выводы коллектора, эмиттера и базы обозначают соответственно латинскими буквами K , E и B , причем, если это эмиттер структуры $p-n-p$, справа от буквы E изображают знак « $>$ » (или стрелку, направленную вправо), а если структуры $n-p-n$ — знак « $<$ » (или стрелку влево).

Вывод для подключения резистора помечают буквой R , конденсатора — C , катушки — L , кварцевого резонатора — буквами BQ .

Существуют некоторые специфические приемы, используемые при вычерчивании схем устройств цифровой техники. Например, если устройство содержит несколько одинаковых элементов с большим числом выводов одного и того же функционального назначения, можно один из элементов начертить полностью, а остальные изобразить упрощенно, с меньшим числом выводов. В зоне сокращаемой группы выводов указывают одну под другой метки первого и последнего из них, а линии электрической связи объединяют в одну групповую.

Цифровые интегральные микросхемы нередко содержат по несколько одинаковых логических или иных элементов. УГО таких элементов можно изображать как совмещенным, так и разнесенным способом. В последнем случае их изображают в соответствующих местах схемы (поворачивая при необходимости на 90°), а принадлежность к той или иной микросхеме указывают, как обычно, в позиционном обозначении.

Элементы, изображаемые в одной колонке, допускается разделять линиями электрической связи. Контурные линии УГО в этом случае вычерчивают не полностью. Расстояние между концами контурных линий УГО и линиями электрической связи должно быть не менее 1 мм.

16. ЭЛЕМЕНТЫ АНАЛОГОВОЙ ТЕХНИКИ

К элементам аналоговой техники относятся всевозможные усилители (в том числе суммирующие, интегрирующие, дифференцирующие и т. п.), функциональные преобразователи, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, электронные ключи, коммутаторы и т. п. Многие из этих устройств выпускаются в виде интегральных микросхем, потому их код в позиционных обозначениях на схеме — латинские буквы *DA*. Рядом с позиционным обозначением обычно указывают тип элемента, а возле выводов — их номера (часто говорят — «цоколевку»).

Условные графические обозначения изделий этой группы построены аналогично символам элементов цифровой техники: как и последние, кроме основного, они могут содержать одно или два дополнительных поля, их размеры также определяются числом выводов, числом знаков в метках и обозначении функции и т. п. Входы элементов аналоговой техники располагают слева, выходы — справа. При необходимости УГО изображают повернутым на 90° по часовой стрелке (входы — сверху, выходы — снизу). Прямые входы и выходы обозначают линиями, присоединяемыми к контуру УГО без каких-либо знаков, инверсные — с кружком в месте присоединения (см. рис.15.2).

Как и в цифровой технике, в основном поле УГО элемента аналоговой техники указывают его функциональное назначение. Обозначение функции может состоять из букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков. Обозначения наиболее часто встречающихся функций приведены в табл. 16.1.

Таблица 16.1

Условное обозначение некоторых функций

Наименований функции	Код
Детектирование	<i>DK</i>
Деление	<i>X:Y</i> или <i>x:y</i>
Деление частоты	<i>:FR</i> или <i>:fr</i>
Дифференцирование	<i>D/DT</i> или <i>d/dt</i>
Интегрирование	<i>int</i> или $\int$
Логарифмирование	<i>LOG</i> или <i>log</i>
Замыкание	<i>SWM</i>
Размыкание	<i>SWB</i>
Переключение	<i>SWT</i>
Преобразование	<i>XY</i> или <i>x/y</i>
Сравнение	<i>=</i>
Суммирование	<i>SM</i>
Тригонометрические функции (например, тангенс)	<i>TG</i> или <i>tg</i>

Наименований функции	Код
Умножение	XU или xu
Формирование	F
Усиление	$>$ или $\triangleright$
Преобразование цифроаналоговое	$\#/\wedge$
Преобразование аналого-цифровое	$\wedge/\#$

Символы сложных функций комбинируют из простых, располагая их в последовательности обработки сигнала. Допускается использовать обозначения для элементов цифровой техники (см. табл.15.1).

Назначение выводов указывают метками, помещаемыми в дополнительных полях. Обозначения некоторых основных меток приведены в табл. 16.2.

Таблица 16.2

Обозначение некоторых выводов аналоговых устройств

Метка вывода	Код
Начальное значение интегрирования	I
Установка начального значения	S
Установка в состояние 0	R
Поддержание текущего значения сигнала	H
Строб, такт	C
Пуск	ST
Балансировка (коррекция 0)	NC
Коррекция частотная	FC
Питание:	
от источника напряжения (общее обозначение)	U
от источника напряжением -15 В	$-15U$
Общий вывод	$0V$

Часть из них допускается использовать и в качестве дополнительных характеристик элемента (в этом случае их помещают после символа функции) или сигналов (например, знаки аналогового и цифрового сигналов изображают над выводами элемента, чтобы отличить вид сигнала).

Общее обозначение усилителя показано на рис. 16.1 ($DA1$). О том, что это — усилитель, говорит знак в виде треугольника. Слева от него (на месте буквы f) указывают функцию, выполняемую усилителем (например, дифференцирование, логарифмирование), справа (на месте буквы m) — коэффициент усиления (если он общий для всех выходных сигналов). На месте меток W_1 — W_n записывают весовые коэффициенты входных сигналов, а меток

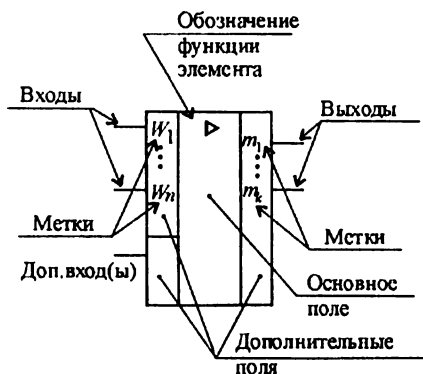


Рис.16.1

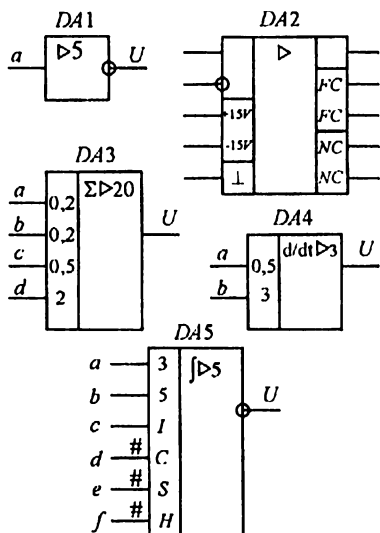


Рис.16.2

$m_1—m_k$ — частные коэффициенты усиления сигналов, снимаемых с соответствующих выходов.

Если коэффициент усиления всех сигналов одинаков, в основном поле можно указать его значение. Если же коэффициент усиления равен 1 или настолько велик, что знание конкретной величины не имеет значения, его допускается не указывать (в последнем случае можно вписать знак бесконечности ∞ или прописную букву M).

С учетом сказанного, УГО с позиционным обозначением DA1 на рис. 16.2 обозначает инвертирующий усилитель с коэффициентом усиления 5.

Под позиционным обозначением DA2 изображено УГО так называемого операционного усилителя. У него один выход и два входа: прямой (или неинвертирующий, так как фаза выходного сигнала совпадает с фазой сигнала, поданного на этот вход) и инверсный (инвертирующий; фаза выходного сигнала сдвинута на 180° относительно сигнала на этом входе). Выводы с метками « $-15V$ » и « $+15V$ » предназначены для подключения двуполярного источника питания $\pm 15V$, с метками FC — для подсоединения цепи, корректирующей АЧХ усилителя, выводы NC

— для подключения элементов балансировки по постоянному току, вывод металлического корпуса (метка в виде $\perp$; желательно не путать с общим выводом, который должен обозначаться OV) — для соединения с общим проводом устройства, в которое входит операционный усилитель.

Отличительный признак суммирующего усилителя — буквы SM или общепринятый символ математической суммы — греческая буква Σ . Для примера на рис. 16.2 изображен суммирующий усилитель DA3 с коэффициентом усиления 20. С учётом указанных весовых коэффициентов напряжение

на выходе должно быть равно $U = 20(0,2a + 0,2b + 0,5c + 2d) = 4a + 4b + 10c + 40d$.

Позиционное обозначение $DA4$ на рис. 16.2 принадлежит дифференцирующему усилителю с общим коэффициентом усиления 3 и двумя входами с весовыми коэффициентами 0,5 и 3 соответственно. Его выходное напряжение определяется формулой $U = 3 \frac{d}{dt}(0,5a + 3b)$.

Элементы аналоговой техники могут управляться цифровыми сигналами. Чтобы отличить выводы, предназначенные для этой цели, над ними помещают знак цифровой информации в виде двойного креста #. На рис. 16.2 изображен интегрирующий усилитель $DA5$, управляемый цифровыми сигналами. У него два аналоговых входа a и b с весовыми коэффициентами 3 и 5, вход для подачи сигнала начального значения интегрирования I , три входа цифрового управления (C — для подачи тактирующего импульса, S — для установки начального значения, H — для поддержания текущей величины сигнала) и инверсный выход. При уровне сигнала d , соответствующем лог. «1», а сигналов e и f — лог. «0», выходное напряжение равно

$$U = -50 \left[C_{I=0} + \int_0^t (3a + 5b) dt \right].$$

На рис. 16.3 приведены условные графические обозначения некоторых функциональных преобразователей — устройств, осуществляющих перемножение, деление и другие действия над аналоговыми сигналами. Для примера изображены УГО перемножителя ($DA1$; $U = 5ab$), делителя ($DA2$; $U = a/b$). В обозначении функции деления использовать косую черту вместо двоеточия не разрешается.

Общее УГО преобразователя сигналов из одного вида в другой $DA3$ показано на рис. 16.3. Вместо букв x и y в основное поле могут быть вписаны обозначения обрабатываемой информации, например, напряжение (U), частота (f), длительность импульса (τ) и т. п., а также ее вид (аналоговая или цифровая). Примеры УГО этой группы приведены с позиционными обозначениями $DA4$ (преобразователь напряжения в частоту), $DA5$ и $DA6$ (соответственно аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи).

В основном поле УГО электронных ключей и коммутаторов вместо буквенного кода (табл. 16.1) можно помещать символы соответствующей группы контактов (замыкающих, размыкающих и переключающих), что придает

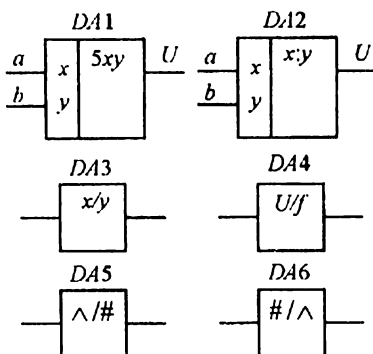


Рис.16.3

УГО большую наглядность, как это показано на рис. 16.4. Поскольку подобные устройства обычно управляются цифровыми сигналами, неотъемлемой частью их УГО являются входы для этих сигналов. Так, через электронные ключи *DA1* аналоговый сигнал проходит в любом направлении при подаче на цифровой вход (обозначен #) напряжения логической «1» и не проходит, если это напряжение имеет уровень «0», в ключах *DA2* — наоборот, проходит при уровне «0» и не проходит при уровне «1».

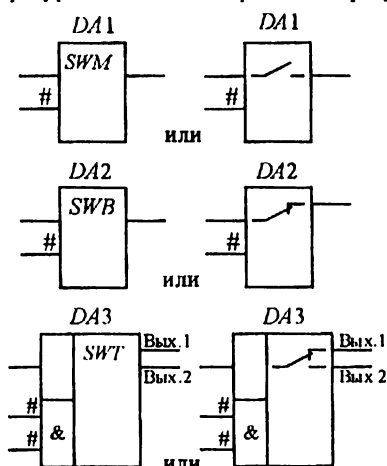


Рис.16.4

Электронный коммутатор *DA3* управляется цифровыми сигналами через логический элемент «И» (об этом свидетельствует знак & в зоне дополнительного поля, к которой присоединены выводы с символами цифрового сигнала). В этом случае при поступлении на оба управляющих входа напряжений с уровнем 1 аналоговый сигнал проходит на выход 2, а при всех других значениях цифровых сигналов — на выход 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.710–81. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
2. ГОСТ 2.728–74. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы; конденсаторы.
3. ГОСТ 2.723–68. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.
4. ГОСТ 2.755–87 (взамен ГОСТ 2.755–74). Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения.
5. ГОСТ 2.730–73. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.
6. ГОСТ 2.731–81. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные.
7. ГОСТ 2.732–68. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.
8. ГОСТ 2.741–68. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические.
9. ГОСТ 2.736–68. Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные; линии задержки.
10. ГОСТ 2.729–68. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные.
11. ГОСТ 2.742–68. Обозначения условные графические в схемах. Источники тока электрохимические.
12. ГОСТ 2.727–68. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники; предохранители.
13. ГОСТ 2.722–68. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.
14. ГОСТ 2.751–73. Обозначения условные графические в схемах. Электрические связи, провода, кабели и шины.
15. ГОСТ 2.721–74. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
16. ГОСТ 2.737–68. Обозначения условные графические в схемах. Устройства связи.
17. ГОСТ 2.743–91, (взамен ГОСТ 2.743–82). Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПОЗИЦИОННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	4
2. РЕЗИСТОРЫ	8
3. КОНДЕНСАТОРЫ	11
4. КАТУШКИ, ДРОССЕЛИ, ТРАНСФОРМАТОРЫ.....	14
5. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ	17
6. РЕЛЕ И СОЕДИНИТЕЛИ.....	20
7. ДИОДЫ, ТИРИСТОРЫ, ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ.....	24
8. ТРАНЗИСТОРЫ.....	28
9. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ, ИОННЫЕ ПРИБОРЫ, ИСТОЧНИКИ СВЕТА	32
10. АКУСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ	36
11. ПЬЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ, ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА	40
12. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, ЛИНИИ СВЯЗИ...	45
13. ОБОЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ	50
14. УСТРОЙСТВА СВЯЗИ	54
15. ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ	60
16. ЭЛЕМЕНТЫ АНАЛОГОВОЙ ТЕХНИКИ.....	68
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	73

Для заметок
