

«Практикум по основным логическим элементам»»»

для учащихся 3 года обучения (7-11 кл)

Составил: педагог Черепанов А.А.

г. Комсомольск-на-Амуре

2003г.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Интегральной микросхемой называют миниатюрное электронное устройство, выполняющее определенные функции преобразования и обработки сигналов и содержащее большое число активных и пассивных элементов (от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч) в сравнительно небольшом корпусе. Все микросхемы подразделяют на две группы - аналоговые и цифровые. Аналоговые микросхемы предназначены для работы с непрерывными во времени сигналами. К их числу можно отнести усилители радио-, звуковой и промежуточной частот, операционные усилители, стабилизаторы напряжения и др. Для аналоговых микросхем характерно то, что входная и выходная электрические величины могут иметь любые значения в заданном диапазоне. В цифровых же микросхемах входные и выходные сигналы могут иметь один из двух уровней напряжения: высокий или низкий. В первом случае говорят, что мы имеем дело с высоким логическим уровнем, или логической 1, а во втором - с низким логическим уровнем, или логическим 0. Для микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) серий К133, К155, К555, широко используемых радиолюбителями, в технических условиях указывают напряжение высокого логического уровня не менее 2,4 В, а низкого - не более 0,4 В. Фактически эти напряжения составляют обычно 3,2...3,5 и 0,1...0,2 В. В своих разработках радиолюбители наряду с микросхемами ТТЛ широко используют микросхемы на полевых транзисторах, из которых наибольшее распространение получили серии микросхем КМОП (комплементарные полевые транзисторы со структурой металл-окисел-полупроводник). К ним относятся, например, микросхемы серий К164, К176, К561, К564. Для таких микросхем напряжения, соответствующие высокому и низкому логическим уровням, составляют соответственно 8,6...8,8 и 0,02...0,05 В (при напряжении питания 9 В). Таким образом, в микросхемах ТТЛ и КМОП высокий и низкий уровни напряжений сильно отличаются друг от друга, что упрощает совместную работу микросхем с транзисторами, тиристорами и другими приборами. Почему же уровни напряжений называют логическими? Дело в том, что цифровые микросхемы предназначены для выполнения определенных логических действий над входными сигналами. Например, на выходе цифровой микросхемы должно появиться напряжение высокого уровня в том случае, если напряжение высокого уровня присутствует хотя бы на одном из входов, т.е. данная микросхема выполняет логическую операцию ИЛИ (логическое сложение). Если же логический сигнал на выходе микросхемы должен быть равен произведению логических сигналов на входах микросхемы, то это операция логического умножения. Существует множество других правил обработки сигналов в цифровых микросхемах. Специальная область математики - булева алгебра (по имени английского математика Дж. Буля) - исследует эти законы. Вот почему цифровые микросхемы называют еще и логическими. В основу работы цифровых микросхем положена двоичная система счисления. В этой системе используются две цифры: 0 и 1. Цифра 0 соответствует отсутствию напряжения на выходе логического устройства, 1 - наличию напряжения. Широкое внедрение цифровой техники в радиолюбительское творчество связано с появлением интегральных микросхем. Цифровые устройства, собранные на дискретных транзисторах и диодах, имели значительные габариты и массу, ненадежно работали из-за большого количества элементов и особенно паяных соединений. Интегральные микросхемы, содержащие в своем составе десятки, сотни, тысячи, а в последнее время многие десятки и сотни тысяч и даже миллионы компонентов, позволили по-новому подойти к проектированию и изготовлению цифровых устройств. Надежность отдельной микросхемы мало зависит от количества элементов и близка к надежности одиночного транзистора, а потребляемая мощность в пересчете на отдельный компонент резко уменьшается по мере повышения степени интеграции. В результате на интегральных микросхемах стало возможным собирать сложнейшие устройства, изготовить которые в

радиолюбительских условиях без применения микросхем было бы совершенно невозможно. Для построения устройств автоматики и вычислительной техники широкое применение находят цифровые микросхемы серии К 155, которые изготавливают по стандартной технологии биполярных микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Имеется свыше 100 наименований микросхем серии К 155. При всех своих преимуществах - высоком быстродействии, обширной номенклатуре, хорошей помехоустойчивости - эти микросхемы обладают большой потребляемой мощностью. Поэтому им на смену выпускают микросхемы серии К555, принципиальное отличие которых - использование транзисторов с коллекторными переходами, зашунтированными диодами Шоттки. В результате транзисторы микросхем серии К555 не входят в насыщение, что существенно уменьшает задержку выключения транзисторов. К тому же они значительно меньших размеров, что уменьшает емкости их р-n-переходов. В результате при сохранении быстродействия микросхем серии К555 на уровне серии К155 удалось уменьшить ее потребляемую мощность примерно в 4...5 раз. Дальнейшее развитие микросхем серий ТТЛ - разработка микросхем серии КР1533. Основное эксплуатационное отличие их от схем серии К555 - в 1.5...2 раза меньше потребляемая мощность при сохранении и повышении быстродействия. Существует много типов микросхем ТТЛ малой степени интеграции, различающихся по функциональному назначению, нагрузочной способности, схеме выходного каскада. Работа логических элементов этих микросхем достаточно проста. Для элементов И выходной уровень лог. 1 формируется при подаче на все входы элемента уровней лог. 1, для элемента ИЛИ для формирования уровня лог. 1 на выходе достаточно подачи хотя бы на один вход уровня лог. 1. Элементы И-НЕ (основной элемент серий ТТЛ) и ИЛИ-НЕ дополнительно инвертируют выходной сигнал, элемент И-ИЛИ-НЕ состоит из нескольких элементов И, выходы которых подключены к входам элемента ИЛИ-НЕ. По нагрузочной способности микросхемы можно разделить на стандартные (№10 для серий К 155 и КР531 и N = 20 и 40 для микросхем серий К555 и КР1533 соответственно), микросхемы с повышенной нагрузочной способностью (N = 30 и более), микросхемы со специальным выходным каскадом, обеспечивающим значительно более высокую нагрузочную способность в одном из логических состояний. Некоторые типы микросхем выпускают с так называемым «открытым» коллекторным выходом. Отдельно следует отметить специальный класс микросхем с третьим состоянием выходного каскада, называемым также еще «высокоимпедансным», или «Z-состоянием», при котором микросхема отключается по своему выходу от нагрузки. Это, как правило, буферные элементы с относительно большой нагрузочной способностью. На рис 1 приведены графические обозначения микросхем ТТЛ, выполняющих функции И-НЕ - самой многочисленной группы простых логических микросхем. Микросхемы ЛА1 - ЛА4 имеют стандартную для своей серии нагрузочную способность, микросхемы ЛА6 и ЛА12 всех серий, КР1533ЛА21 - КР1533ЛА24 - втрое большую (здесь и далее в тексте в названии оставлена только та его часть, которая определяет тип триггера, счетчика, логического элемента и т. п., если такие же обозначения используются в микросхемах нескольких серий). Микросхемы ЛА7 - ЛА11, ЛА13, КР1533ЛА23 выполнены с открытым коллектором, нагрузочная способность для ЛА7- ЛА11 в состоянии лог. 0 стандартная, для ЛА13 и КР1533ЛА23 - втрое большая. Максимально допустимое напряжение, которое можно подавать на выход микросхемы ЛА11, находящейся в состоянии лог. 1, - 12 В, для остальных - 5,5 В. каждого усилителя 60 мА в состоянии лог. 0 и 40 мА в состоянии лог. 1 при выходном напряжении 2 В, что позволяет работать на линию связи с волновым сопротивлением 50 Ом, нагруженную на конце. Кроме того, гарантируется, что при выходном напряжении 2,7 В в состоянии лог. 1 выходной ток составляет не менее 3 мА. Микросхема КР531ЛА17 (рис.1) - два элемента 4И-НЕ с возможностью перевода выхода в высокоимпедансное состояние при подаче на вход Е лог. 1. При подаче на вход Е лог. 0 выходы активны, допустимые выходные токи составляют 50 мА в состоянии лог. 0 и 32 мА в состоянии лог. 1 при выходном напряжении 2 В, что обеспечивает возможность работы на линию связи с волновым

сопротивлением 75 Ом. Дополнительно гарантируется, что при выходном напряжении 2,7 В в состоянии лог. 1 выходной ток составляет не менее 3 мА. Входные токи микросхем КР531ЛА12, КР531ЛА13, КР531ЛА16, КР531ЛА17 по сигнальным входам в состоянии лог. 0-4 мА, по входам Е - 2 мА. Микросхема К155ЛА18 (рис1) выполнена с открытым коллектором, ее выходное напряжение в состоянии лог. 0 не более 0,5 В при выходном втекающем токе 100 мА и не более 0,8 В при токе 300 мА. Максимальное напряжение на выходе в состоянии лог. 1 — 30 В, что позволяет коммутировать нагрузку мощностью до 9 Вт - электромагнитные реле, маломощные электродвигатели. Лампы накаливания, однако, можно использовать на номинальный ток не более 60 мА, так как сопротивление нити лампы в холодном

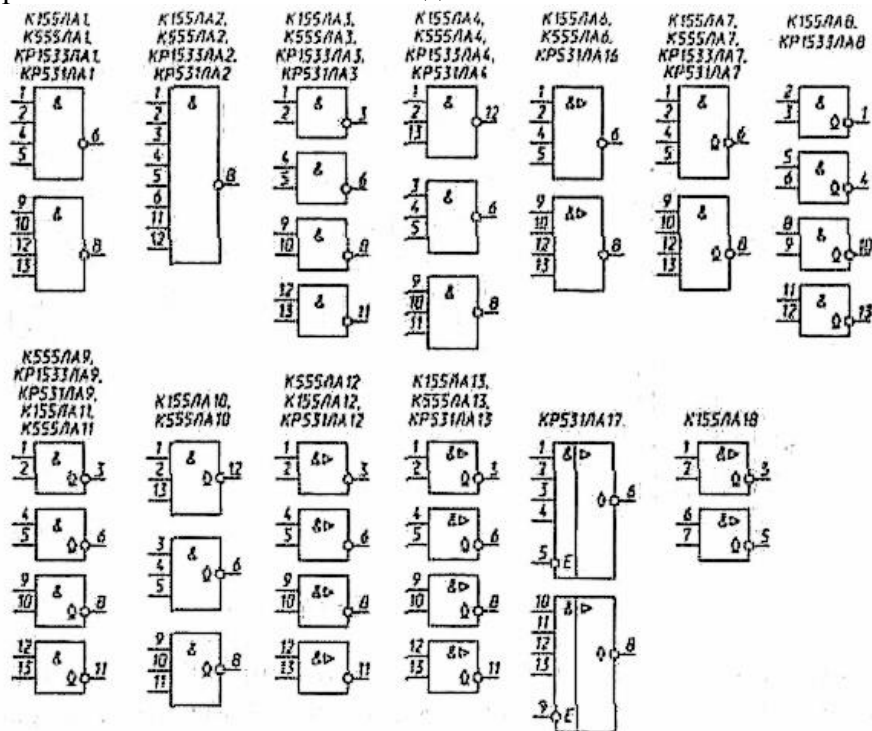


рис 1

На рис. 2 приведены графические обозначения микросхем, выполняющих функцию ИЛИ-НЕ. На входах микросхем К155ЛЕ2, К155ЛЕ3 установлены дополнительные элементы И, позволяющие стробировать входные сигналы. Нагрузочная способность микросхем ЛЕ1 - ЛЕ4, КР531ЛЕ7 стандартная для соответствующей серии, микросхем К155ЛЕ5 и К155ЛЕ6 в состоянии лог. 0-48 мА, что соответствует $N = 30$, в состоянии лог. 1 - выше. Микросхема К155ЛЕ5 может обеспечить при выходном напряжении 2,4 В вытекающий ток 2,4 мА, микросхема К155ЛЕ6 - 13,2 мА. Для микросхемы К155ЛЕ6

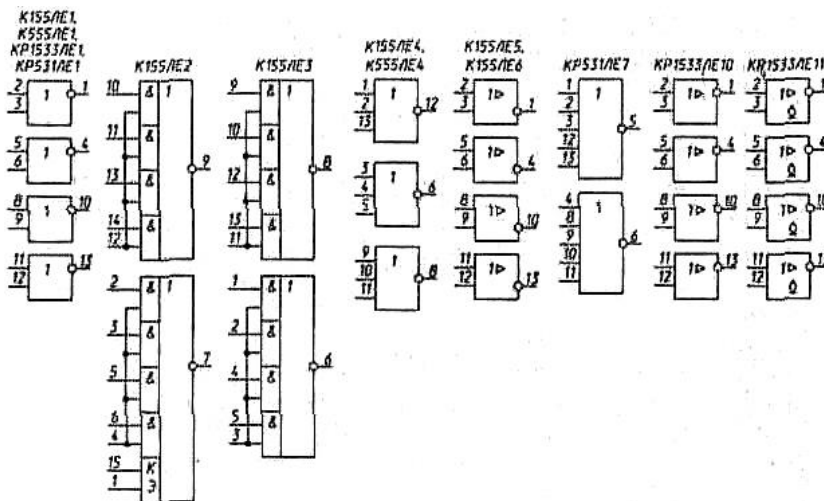


Рис2

На рис.3 приведены графические обозначения микросхем, выполняющих функцию И. Микросхемы ЛИ1, ЛИ3, ЛИ6 имеют стандартную для своих серий нагрузочную способность, микросхемы ЛИ2 и ЛИ4 выполнены с открытым коллектором, их нагрузочная способность в состоянии лог. 0 стандартная, в состоянии лог. 1 допускается подача напряжения 5,5 В. Микросхема К155ЛИ5 выполнена с открытым коллектором, ее нагрузочная способность такая же, как у К155ЛА18. Микросхемы КР1533ЛИ8 и КР1533ЛИ10 имеют нагрузочную способность втрое большую стандартной для микросхем этой серии.

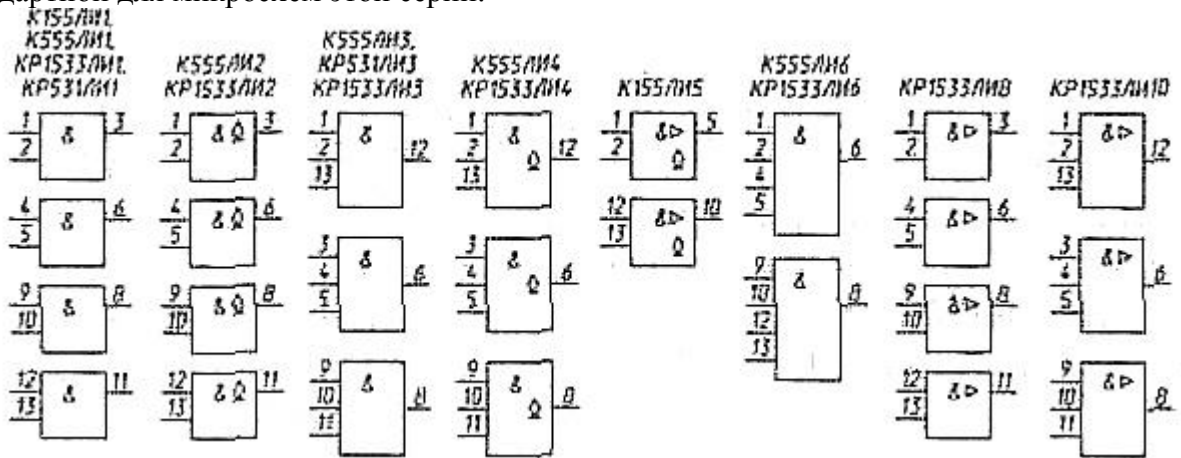


Рис.3

На рис. 4 приведены графические обозначения микросхем, выполняющих функцию ИЛИ. Микросхема ЛЛ1 имеет стандартную нагрузочную способность, микросхема К155ЛЛ2 выполнена с открытым коллектором и имеет нагрузочную способность такую же, как К155ЛА18. Микросхема КР1533ЛЛ4 имеет нагрузочную способность втрое большую стандартной для микросхем этой серии. На рис. 6 приведены графические обозначения микросхем, выполняющих функцию НЕ (инверторы). Микросхемы ЛН1 имеют стандартную нагрузочную способность, а ЛН2, К155ЛН3, К155ЛН5 выполнены с открытым коллектором и имеют стандартную нагрузочную способность в состоянии лог. 0. Для К155ЛН3 и К155ЛН5 дополнительно гарантируется, что при втекающем токе 40 мА выходное напряжение в состоянии лог. 0 не превышает 0,7 В. Допустимое напряжение на выходе микросхемы в состоянии лог. 1 составляет 5,5, 30 и 15 В для ЛН2, К155ЛН3 и К155ЛН5 соответственно.

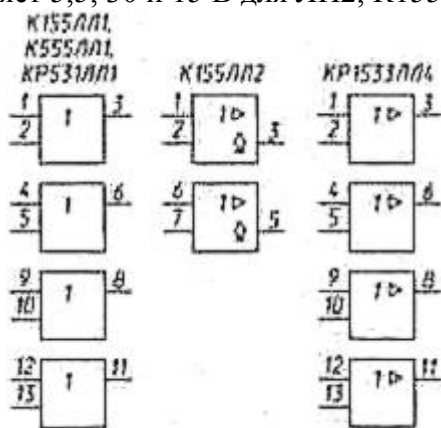


Рис. 4

Микросхема КР1533ЛН7 (рис. 5) - шесть инверторов с повышенной нагрузочной способностью и возможностью перевода выходов в высокоимпедансное состояние. Инверторы объединены в две группы, у каждой из которых свой вход управления. Подача лог. 0 на вход Е1 включает инверторы с выходами 1-4, на вход Е2 - с выходами 5 и 6. Нагрузочная способность микросхемы 12 мА при 0,4 В в состоянии лог. 0 и 3 мА при 2,4 В в состоянии лог. 1. Микросхема КР1533ЛН8 (рис. 6) - шесть инверторов с повышенной

нагрузочной способностью; максимальный уровень в состоянии лог. 0 -0,4 В при вытекающем токе 12 мА и 0,5 В при 24 мА, минимальный уровень в состоянии лог. 1 2,4 В при вытекающем токе 3,0 мА и 2,5 В при 0,4 мА. Микросхема КР1533ЛН10 имеет нагрузочную способность втрое большую стандартной для микросхем этой серии. Микросхема выполнена с открытым коллектором, максимальное напряжение, которое можно подать на ее выход в закрытом состоянии - 5,5 В.

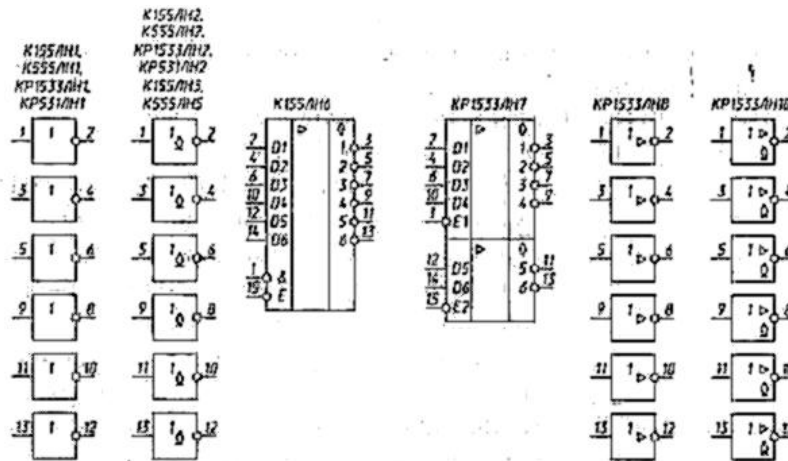


Рис 5

2. ОСОБЕННОСТИ МАРКИРОВКИ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ



Модификация:

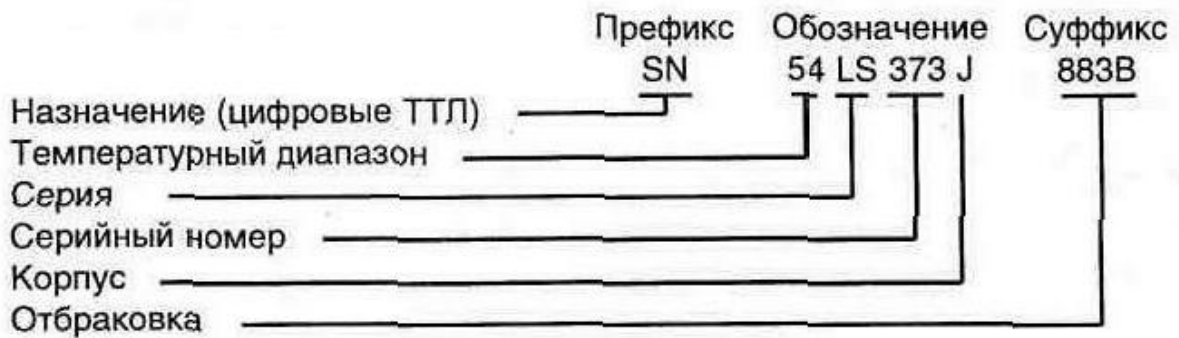
- А — модифицированная версия ИС, полностью заменяющая прототип;
- В — модифицированная версия ИС, полностью заменяющая версию А;
- С — модифицированная версия.

Корпус:

- D — керамический D1L;
- E — пластмассовый D1L;
- EM — модифицированный пластмассовый D1L с теплоотражателем;

- F — керамический DIL;
- J — трехслойный керамический кристаллодержатель;
- K — плоский керамический;
- P — пластмассовый DIL с теплорастекателем.

Пример маркировки



Температурный диапазон:

- 54 — военный (-55...+125 °С)
- 74 — коммерческий (0...+70 °С)

Серия:

- LS — с диодами Шотки и пониженной потребляемой мощностью;
- S — с диодами Шотки.

Корпус:

- D — керамический DIL с паяной крышкой;
- F — плоский;
- J — широкий керамический DIL;
- JS — керамический DIL;
- N — широкий пластмассовый DIL;
- NS — пластмассовый DIL;
- T — керамический DIL с паяной крышкой.

Цифровые микросхемы ТТЛ серии имеют отечественные аналоги соответственно по сериям:

- SN54xxx — К133...
- SN74xxx(N)SN54Hxx — К155... — К130...
- SN74Hxx — К131...
- SN74HCxx — К1533...
- SN74Sxx — К531...
- SN54SXX — К530...
- SN54LSxx — К533...
- SN74LSXX — К555...
- SN74Lxx — К158...
- SN74Fxx — К1531... SN74ALSxx — КР1533...

3. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ

1 Выбор схемы

Генераторы импульсов используют во многих радиотехнических устройствах (электронных счетчиках, реле времени), применяют при настройке цифровой техники. Диапазон частот таких генераторов может быть от единиц герц до многих мегагерц. В генераторе импульсов, схема которого приведена на рис. 6, использованы логические элементы микросхемы DD1 и полевой транзистор VT1. При изменении номиналов конденсатора C1 и резисторов R2 и R3 генерируются импульсы частотой от 0,1 Гц до 1 МГц. Такой широкий диапазон получен благодаря использованию полевого транзистора, что позволило применить резисторы R2 и R3 сопротивлением в несколько мегаом. С помощью этих резисторов можно изменять скважность импульсов: резистор R2 задает длительность напряжения высокого уровня на выходе генератора, а резистор R3 - длительность напряжения низкого уровня.

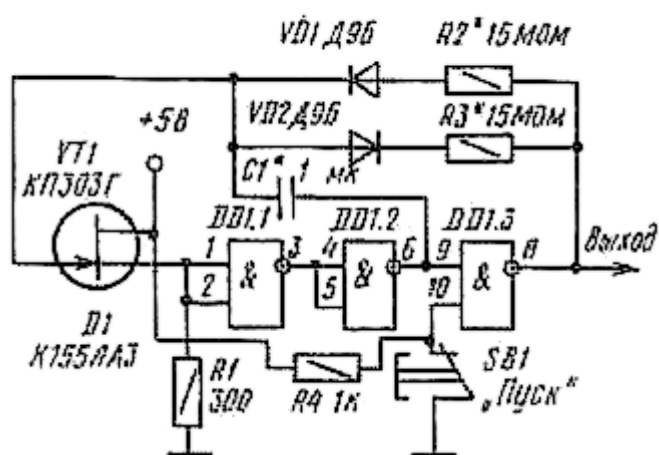


Рис 6

Максимальная емкость конденсатора C1 зависит от его собственного тока утечки. В данном случае она составляет 1...2 мкФ. Сопротивления резисторов R2, R3 - 10...15 МОм. Транзистор VT1 может быть любым из серий КП302, КП303. При наличии микросхемы КМОП (серия К176, К561) можно собрать широкодиапазонный генератор импульсов без применения полевого транзистора.

2. Особенности монтажа микросхем

1. Во время пайки нельзя перегревать корпус микросхемы. Для этого следует использовать припой с температурой плавления не более 260°C, мощность паяльника не должна превышать 40 Вт, длительность пайки одного вывода - не более 5 с, а промежуток времени между пайками выводов одной микросхемы должен быть не менее полминуты. Если ведется монтаж нескольких микросхем, то сначала паяют первый вывод первой микросхемы, затем первый вывод второй и т. д., затем второй вывод первой микросхемы, второй вывод второй и т. д.

Благодаря такому приему микросхемы успевают остывать в промежуток между пайками. Микросхемы КМОП могут быть выведены из строя разрядом статического электричества, основным источником которого является человек. Чтобы этого не случилось, жало паяльника и руки радиомонтажника необходимо заземлять.

Расположение контактов на корпусе микросхемы приведены на рисунке 7.

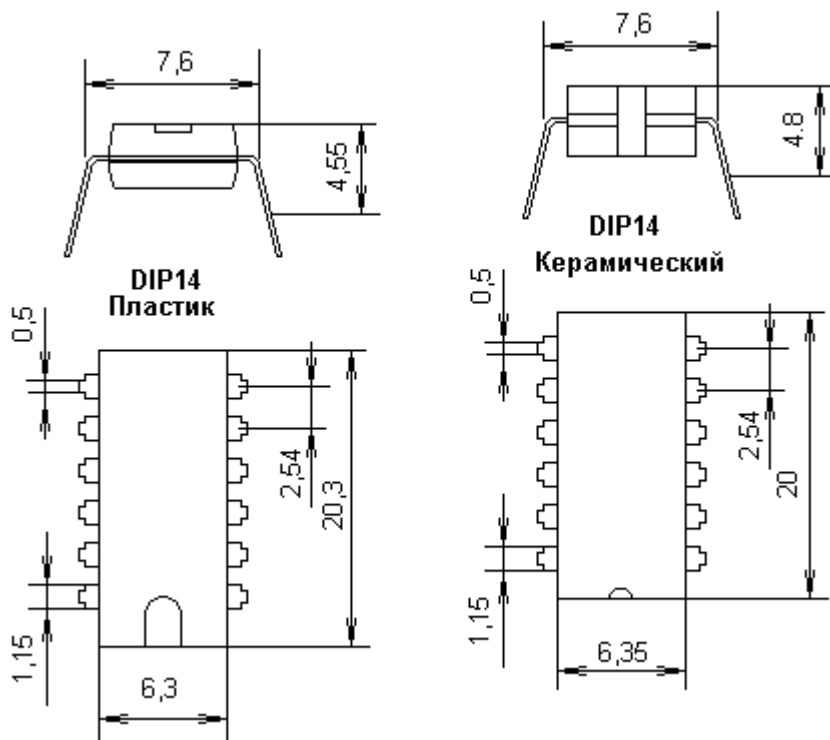


Рис 7

2. Монтаж микросхемы может быть выполнен печатным способом, проводами или комбинированным способом. При пайке проводами удобно использовать многожильный провод в тугоплавкой изоляции типа МГТФ $0,07...0,12 \text{ мм}^2$ или одножильный луженый провод $0,25...0,35 \text{ мм}^2$ также в тугоплавкой изоляции. Сначала на вывод микросхемы наматывают 1-1,5 витка провода, а затем производят пайку. Этот способ хорош тем, что позволяет неоднократно производить перепайки проводов, а такая необходимость может возникнуть в процессе наладки устройства. Печатный монтаж микросхем следует применять тогда, когда есть уверенность, что схема работоспособна, а также при изготовлении нескольких одинаковых устройств на одинаковых платах. Печатные платы могут иметь одно- и двустороннее расположение печатных проводников. Утолщенными линиями обозначены шины для подачи питания в микросхемы.

3. Неиспользуемые выводы микросхем ТТЛ следует объединять в группы по 10 шт. и подключать к плюсовой шине питания через резистор $1...1,5 \text{ кОм}$; неиспользуемые выводы микросхем КМОП можно непосредственно подключать к плюсовой шине.

4. Для улучшения помехозащищенности между шинами питания следует устанавливать конденсаторы типов КМ-6, К10-7, К10-17 емкостью $0,1...0,047 \text{ мкф}$ из расчета один конденсатор на два-три корпуса микросхем. Особое внимание следует уделять обеспечению помехоустойчивости устройств, имеющих в своем составе микросхемы памяти - триггеры, счетчики и т. п.

5. Соединительные провода должны иметь длину не более 20... 30 см. Если же требуется передать сигнал на большее расстояние, используют так называемые витые пары. Два провода скручивают вместе, по одному из них подается сигнал, а второй заземляют (соединяют с общим проводом) с обоих концов. Целесообразно также оба конца сигнального провода подключить к плюсовой шине через резисторы 1 кОм (для ТТЛ-микросхем) или 100 кОм (для КМОП-микросхем). Длина проводов витой пары может достигать 1,5...2 м.

3. Травление. Вся современная радиоаппаратура собирается на печатных платах, что позволяет повысить ее надежность, а также упростить сборку. Несложно научиться делать печатные платы своими руками, тем более что особых секретов в технологии нет. Итак, вы выбрали нужную схему и приобрели необходимые детали. Теперь можно приступить к

разводке топологии печатных проводников, учитывая реальные габариты деталей. Удобнее это делать на миллиметровой бумаге, но можно взять и обычный лист в клеточку. Рисуем контуры платы, габариты которой будут определяться с учетом размещения ее в каком-то готовом корпусе, что наиболее удобно, так как изготовление самодельного потребует много времени и не каждый сможет его сделать аккуратно и красиво. Разводку топологии платы выполняют карандашом, отмечая места отверстий для выводов радиоэлементов и пунктиром контуры самих элементов. Линии соединения элементов выполняются в соответствии с электрической схемой по кратчайшему пути при минимальной длине соединительных проводников. Входные и выходные цепи схемы должны быть разнесены друг относительно друга по возможности дальше, что исключит наводки и самовозбуждение схем усилителей. Наилучшее размещение элементов с первой попытки, как правило, не получается, и приходится пользоваться ластиком при изменении компоновки деталей. После размещения всех элементов необходимо еще раз проверить соответствие топологии платы электрической схеме и устранить все выявленные ошибки (они будут). Теперь можно приступать к изготовлению платы. Для этого из фольгированного стеклотекстолита вырезается заготовка печатной платы (ножовкой, резакром или ножницами по металлу). К заготовке закрепляем рисунок топологии (липкой лентой или пластырем). По рисунку, с помощью керна или шила, намечаются отверстия для выводов радиоэлементов и крепления платы. Сверлим отверстия, сняв бумагу, сверлом диаметром 0,9...1,5 мм для радиоэлементов и 3...3,5 мм — для крепления платы. После сверления мелкой наждачной шкуркой (нулевкой) слегка зачищаем фольгу, чтобы снять заусенцы и окисную пленку, — это ускоряет процесс травления. Перед нанесением рисунка топологии плату нужно обезжирить техническим спиртом или ацетоном (протерев поверхность смоченной тряпкой), подойдут и многие другие растворители. Для выполнения рисунка проводников используется любой быстро сохнущий лак, например женский лак для ногтей или мебельный (его можно подкрасить пастой от шариковой авторучки, чтобы было хорошо видно на плате). Очень удобно рисовать печатные соединения тонким водостойким маркером (не каждый тип подойдет).

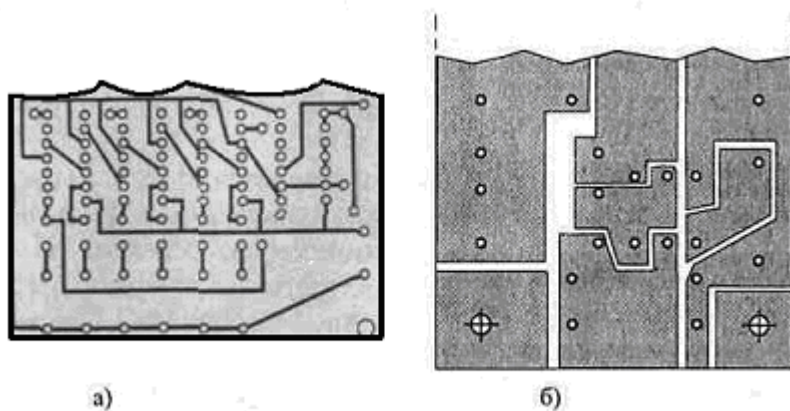


Рис 8

Для нанесения рисунка можно воспользоваться двумя методами: — берется рейсфедер или перо (или маркер) и рисуются проводники от отверстия к отверстию (рис. 8. а) в соответствии с рисунком топологии; — во втором методе покрывается лаком вся поверхность платы и при его подсыхании счищаются лишние участки лака при помощи скальпеля и линейки, оставляя закрасненными только токопроводящие дорожки (рис. 8.б). Первый метод более быстрый, и чаще используется именно он, а второй иногда необходим для изготовления различных высокочастотных схем и схем с очень высокой плотностью монтажа. После нанесения рисунка, когда лак подсохнет, топологию проводников можно подретушировать и скорректировать, аккуратно соскоблив скальпелем лишние участки лака. Затем плату помещаем в ванночку с раствором хлорного железа. Если плата двухсторонняя, чтобы заготовка не легла рисунком проводников на дно, необходимо в крепежные отверстия вставить диэлектрические клинья или любым

другим способом обеспечить зазор. Весь процесс травления займет около часа, но если вы хотите его ускорить, то раствор должен быть слегка теплым и при травлении иногда его помешивайте (время зависит и от концентрации раствора хлорного железа в воде). После окончания травления заготовку промываем под струёй воды и отверткой соскабливаем лак с платы (его можно также растворить, например ацетоном, но это дольше и создает больше грязи). Для удобства монтажа, проводники платы необходимо облудить припоем ПОС-61 с использованием жидкого спирто-канифольного флюса (для лучшей пайки плату можно слегка зачистить мелкой шкуркой). Прикосновения паяльника должны быть легкими и не надолгими, иначе медная фольга дорожек начнет отслаиваться. Остатки канифоли после облуживания удаляют с платы ацетоном или спиртом. На этом процесс изготовления печатной платы считается законченным и можно приступать к монтажу элементов на ней. В заключение отметим, что существует способ изготовления печатной платы без использования химических реактивов. При этом зазоры между контактными дорожками выполняются резакom при помощи металлической линейки, но этот метод требует больше сил и определенных навыков, так как резак может соскочить и порезать нужные участки фольги. Поэтому этим методом обычно пользуются очень редко, когда топология очень простая, а хлорного железа нет под руками. Хлорное железо нетрудно изготовить самостоятельно. Для этого берется соляная кислота с концентрацией около 9% (ее можно приобрести в хозяйственных магазинах) и железные опилки (или тонкие листовые кусочки). Опилки заливаем кислотой и оставляем в открытой емкости на несколько дней. Если кислота имеет низкую концентрацию, то ее берется 25 частей на 1 часть объема опилок для получения водного раствора хлорного железа сразу нужной плотности. По окончании реакции получается светло-зеленый раствор, который, постояв еще несколько дней, становится желто-бурым.

4. ОБЗОРНЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. логический 0:

- а) есть напряжение,
- б) нет напряжения.

2. Микросхема К155ЛЕ2:

- а) Элемент –И-,
- б) Элемент –ИЛИ-НЕ-,
- в) Элемент - НЕ,
- г) Элемент -ИЛИ-.

3. Шесть инверторов с повышенной нагрузочной способностью:

- а) К155ЛН1,
- б) К174УН7,
- в) КР1533ЛИ8,
- г) КР1533ЛН7.

4. Трехслойный керамический кристаллодержатель обозначается буквой?

- а) К,
- б) Р,
- в) J,
- г) Е.

5. Микросхемы КМОП могут быть выведены из строя:

- а) плохо нагретым паяльником
- б) разрядом статического электричества,
- в) регулятором температуры,

6. Остатки канифоли после облуживания удаляют:

- а) Ацетоном,
- б) водой,
- в) клеем,
- г) жидким азотом,

7. Если производится соединение нескольких микросхем, то сначала следует:

- а) сгруппировать по размеру ножек
- б) спаять первый вывод первой микросхемы, затем первый вывод второй и т. д., затем второй вывод первой микросхемы, второй вывод второй и т. д.
- в) выбрать самые красивые

8. Мощность паяльника при пайке микросхем не должна превышать:

- а) 80 ватт,
- б) 40 ватт,
- в) 25 ватт.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Сворень Р. А. Электроника шаг за шагом: Практическая энциклопедия юного радиолюбителя. –М. Дет. Лит., 1979.
2. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справочник / Н.Н.Акимов, Е.П.Ващуков, В.А.Прохоренко, Ю.П.Ходоренок. — Мн.: Беларусь, 1994. — 591 с.
3. Варламов А.Г. Мастерская радиолюбителя. – М.: Радио и связь,1983
4. Иванов Б.С. Осциллограф ваш помощник – М: Журнал Радио. №10, 1987.
- 5.Справочник радиолюбителя – конструктора. – 3- е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1983.