

Министерство образования Российской Федерации
Воронежский государственный университет

ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Практическое руководство

для студентов по специальностям

010400 – Физика

071900 – Информационные системы и технологии

Воронеж 2003

Утверждено научно-методическим советом физического факультета и факультета компьютерных наук от 19.02.2003 г., протокол №4

Составители: Захаров В.И.,
Сбитнев Ю.П.

Практическое пособие подготовлено на кафедре электроники Воронежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов, физического факультета нерадиофизического профиля и студентов факультета компьютерных наук предназначено для выполнения лабораторных работ по части курса “Основы Радиоэлектроники” и курса “Цифровая электроника”.

Введение

Лабораторные работы проводятся на установках, в состав которых входят: стенд проверки модулей (СПМ) цифровых вычислительных устройств; источник питания СПМ и исследуемых микросхем ЛИПС; двухканальный осциллограф С1-79; универсальный цифровой вольтметр В7-16А; щуп для подключения цифрового вольтметра В7-16А к выводам исследуемых микросхем (собственного изготовления); набор специальных плат со впаянными микросхемами для их подключения в приёмную розетку СПМ (собственного изготовления); набор соединителей для СПМ.

Литература

для подготовки к выполнению лабораторных работ

Основная литература

1. Лачин В.Н. Электроника: Учеб. пособие/ В.Н. Лачин, Н.С. Савёлов. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 448 с.
2. Прянишников В.А. Электроника: Курс лекций / В.А. Прянишников. – 2-е изд. исп. и доп. – СПб.: Корона принт, 2000. – 416 с.
3. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника: Полный курс: Учебник/ Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров. – М.: Горячая линия – Телеком, 1999.-768 с.

Дополнительная литература

1. Гусев В.Г. Электроника. /В.Г.Гусев, Ю.М. Гусев. – М.: Высш. шк., 1991. – 621 с.
2. Бессарабов Б.Ф. Диоды, тиристоры, транзисторы и микросхемы широкого применения: Справочник / Б.Ф. Бессарабов, В.Д. Федюк, Д.В. Федюк. – Воронеж: ИПФ «Воронеж», 1994. – 719 с.
3. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник / В.Л. Шило. – Челябинск: Металлургия, 1989. – 352 с.
4. Мамаев Е.И. Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие для вузов/ Е.И. Мамаев; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1985. – 488 с.
5. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учеб. для вузов. / Ю.С. Забродин. – М.: Высш. шк., 1982. – 49 с.
6. Агаханян Т.М. Интегральные микросхемы: Учеб. пособие для вузов / Т.М. Агахарян. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 464 с.
7. Справочник по схемотехнике для радиолюбителя / В.П. Боровский, В.И. Костенко, В.М. Михайленко и др.; Под ред В.П. Боровского. – 2-е изд. и испр. – Киев: Тэхніка, 1989. – 479 с.
8. Справочник по микропроцессорным устройствам / А.А. Малчанов, В.И. Корнейчук, В.П. Тарасенко, Д.А. Россошинский. – Киев: Техніка, 1987. – 286 с.: ил., табл.
9. Универсальный вольтметр В7-16Ф. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
- 10.Осциллограф С1-79. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
- 11.Стенд проверки модулей. Техническое описание.

УСТРОЙСТВО СТЕНДА ПРОВЕРКИ МОДУЛЕЙ (СПМ)

СПМ – сложный многофункциональный прибор, предназначенный для проверки правильности как основных логических функций микросхем, одиночных транзисторных каскадов в режиме ключа, так и целых блоков (модулей) цифровых вычислительных устройств.

В состав стенда входят следующие устройства:

1. Клавишный регистр (22 разряда). Он собран на клавишах типа ПДК1. выходы клавишного регистра выведены на коммутатор проверяемого модуля. С помощью клавишного регистра (нажатия на клавишу или поднимая её) можно установить логические уровни ТТЛ. Клавиши K_1 , K_2 , K_3 – с одним устойчивым состоянием (ПДК2). Клавиши K_1 , K_2 подключены на входы RS-триггеров и с их помощью вырабатываются уровни K_1 , \bar{K}_1 и K_2 и \bar{K}_2 . Выходы RS-триггеров выведены на коммутатор модуля. Клавиша K_3 предназначена для переключения уровней, отличных от +3В.
2. На коммутатор проверяемого модуля и на коммутатор сигналов выведены входы и выходы подключения нагрузок 8Вт (17 Ом).
3. На коммутатор проверяемого модуля выведены входы эквивалентов нагрузок 10 единиц и 30 единиц входов микросхем 155 серии.
4. Выходы индикации (16 разрядов) выведены на коммутатор сигналов. При подключении индикации к испытываемому выходу, последний нагружается входом индикации на 1 ед. нагрузки. В качестве индикаторов применены светоизлучающие диоды, расположенные на передней панели стенда. Светодиоды через ограничительные резисторы включаются между $E_n = +5В$ и соответствующим электродом микросхемы.
5. Ловушка однократных импульсов представляет собой двухразрядный двоичный счётчик с выходом индикации. На передней панели находится кнопка «Сброс Л» - установка в нулевое состояние триггеров «Ловушка».
6. В состав стенда СПМ также входят:
 - генераторы коротких импульсов;
 - устройства задержки импульсов на калиброванные сигналы времени;
 - инверторы сигналов;
 - другие вспомогательные устройства

Проверяемая микросхема обычно впаяна в специальную плату, которая вставляется в приёмную розетку СПМ. Контакты приёмной розетки подключены к гнездам центрального коммутатора СПМ.

Весь центральный коммутатор СПМ разбит на поля, координатами которых являются столбцы А, Б, В, Г; строками – А, Б, С. Упомянутый выше контакт для сброса модуля (или микросхемы) на нулевой уровень АБ16 находится по столбцу «А», строке «Б», номер гнезда на этом поле № 16.

Микросхемы Серии K155, KM155

Широкое применение для построения устройств автоматики и вычислительной техники находят цифровые микросхемы серии K155, которые изготавливаются по стандартной технологии биполярных микросхем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ).

Вес микросхемы серии K155 имеют напряжение питания +5В +5%. Интегральные микросхемы выпускаются в пластмассовых корпусах четырех типов, отличающихся количеством выводов (8,14,16,24) и размерами, и имеют диапазон рабочих температур от -10 до +70°C. Часть микросхем выпускается также в керамических корпусах и имеет обозначение KM155. Температурный диапазон микросхем в керамических корпусах от -45 до +85°C.

Интегральные микросхемы серии K155 имеют выходной уровень логического нуля не более 0,4В (типичное значение 0,1...0,2В), выходной уровень логической единицы не менее 2,4В (типичное значение 3,2...3,5В), типовую нагрузочную способность - 10 входов микросхем той же серии. Средняя, потребляемая одним логическим элементом мощность - 10 мВт, средняя задержка распространения сигнала - 20 нс.

Напряжение питания подводят к выводу микросхем с максимальным номером, кроме микросхем: K155PY1, K155IM2, K155TM5 - у них напряжение питания подводится к выводу 4 и K155ИД1, K155ИЕ2, K155ИЕ4, K155ИЕ5, K155ИМ3, K155PY3, K155TM7 - у них напряжение питания подводится к выводу 5.

Общий провод подводят к выводу с вдвое меньшим номером, чем напряжение питания, кроме микросхем: K155PY1, K155ИЕ2, K155ИЕ4, K155ИЕ5 - у них общий провод подводится к выводу 10; K155ИМ2, K155TM5 - у них общий провод подводится к выводу 11 и K155ИД1, K155ИМ3, K155PY3, K155TM7 - у них общий провод подводится к выводу 12.

Неиспользуемые входы микросхем можно никуда не подключать, т.е. подпаивать к контактной площадке минимальных размеров, к которой (это важно) не подключены проводники. При этом несколько уменьшается быстродействие микросхем. Возможно подключать неиспользуемые входы к используемым входам того же элемента, но это увеличивает нагрузку на микросхему, которая является источником сигнала, что также ведет к снижению быстродействия. Неиспользуемые входы триггеров можно подключать к инверсным выходам тех же триггеров, а входы К - к прямым выходам. Это очень удобно, так как указанные выводы триггеров обычно расположены рядом. Можно подключать неиспользуемые входы к выходу неиспользуемого элемента И-НЕ, входы которого при этом надо соединить с общим проводом. Наконец, можно объединять неиспользуемые входы микросхем и подключать их к источнику питания +5В через резистор 1 кОм (до 20 входов к одному резистору). Последние два способа не снижают быстродействия микросхем. Недопустимо подключать к входу микросхемы проводник, который во время работы может оказаться неподключенным к выходу источника сигнала, например, при управлении от кнопки или

переключателя. Такие проводники обязательно следует подключать к источнику +5В через резистор 1...10кОм.

На печатных платах с использованием микросхем серии К155 необходимо устанавливать блокировочные конденсаторы между цепью +5В и общим проводом. Их количество определяется одним-двумя конденсаторами ёмкостью 0,02...0,15мкФ на каждые пять микросхем, конденсаторы следует располагать на плате равномерно. Их необходимо также установить рядом со всеми микросхемами с мощным выходом (К155ЛА6, К155ЛА7 и др.) или с потребляемой мощностью более 500 мВт.

Основная номенклатура микросхем серии К155, КМ155 приведена в таблице 4.1.1. В скобках после функционального назначения некоторых микросхем первая цифра обозначает число информационных входов, вторая цифра - число выходов, буквы "ОК" - наличие выхода с открытым коллектором, буква "Z" - Возможность переключения выходов в высокоимпедансное состояние, буквы "ОЭ" - наличие выхода с открытым эмиттером.

Знаком "*" обозначается зарубежный аналог отличной от SN74 серии микросхем.

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем серии К155:

Максимальное напряжение питания	_____	+6В
Максимальное напряжение на входе	_____	+5,5В
Макс. напряжение, приложенное к выходу закрытой микросхемы	_____	+5,25В
Минимальное напряжение на входе	_____	-0,4В
Максимальная емкостная нагрузка	_____	200 пФ

Обозначение электрических параметров

P_{max} - значение мощности, потребляемой микросхемой в предельном режиме потребления;

$t_{з.ср.}$ - интервал времени, равный полусумме времени задержки распространения сигнала при включении и выключении цифровой микросхемы.

Микросхемы Серии К555

На смену микросхемам серии К155 промышленность сейчас выпускает микросхемы серии К555, отличающиеся существенно меньшей потребляемой мощностью, они изготавливаются по стандартной технологии ТТЛШ.

Все микросхемы серии К.555 имеют напряжение питания +5В +-5%. Микросхемы выпускаются в пластмассовых корпусах и имеют диапазон рабочих температур от -10 до +70°С. Часть микросхем выпускается также в керамических корпусах, и имеют обозначение КМ555. Температурный диапазон микросхем в керамических корпусах от -45 до+85°С.

Микросхемы серии К555 имеют уровень логического нуля не более 0,4В, выходной уровень логической единицы не менее 2,6В, типовую нагрузочную способность - 20 входов микросхем той же серии. Средняя потребляемая

одним логическим элементом мощность - 2 мВт, средняя задержка распространения сигнала -20 нс.

Напряжение питания подводят к выводу микросхемы с максимальным номером, кроме микросхем: К555ИЕ2, К555ИЕ5, К555ТМ7 - у них напряжение питания подводится к выводу 5.

Общий провод подводят к выводу микросхем с вдвое меньшим номером, чем напряжение питания, кроме микросхем: К555ИЕ2, К555ИЕ5 - у них общий провод подводится к выводу 10; К555ТМ7 - у неё общий провод подводится к выводу 12.

Основные правила использования микросхем серий К555 - такие же, что и серии К155. Следует, однако, иметь в виду, что они менее помехоустойчивые, а потому критичны к взаимному расположению сигнальных цепей. Более существенно влияет на их работу индуктивность цепей питания, поэтому последние обязательно должны быть зашунтированы керамическими конденсаторами емкостью 0,02...0,15мкФ на каждые 3...5 микросхем и расположены на плате равномерно. Входы микросхем нельзя оставлять свободными. Их следует соединить с используемыми входами того же элемента или подать на них уровень логической единицы, подключив через резистор сопротивлением 1 кОм к источнику напряжения +5В или к выходу инвертирующего логического элемента, входы которого соединены с общим проводом. Неиспользуемые входы элементов ИЛИ и ИЛИ-НЕ также соединяют с общим проводом.

При соблюдении указанных правил микросхемы серий К555 и К155 взаимозаменяемы. Однако при их совместном применении следует помнить, что нагрузочная способность микросхемы серии К555 на входы элементов серии К155 равна 5.

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем серии К555:

Максимальное напряжение питания	_____	+5,25В
Максимальное напряжение на входе	_____	+4,5В
Максимальное напряжение, приложенное к выходу закрытой схемы	_____	+5,25В
Минимальное напряжение на входе	_____	-0,4В
Максимальная ёмкостная нагрузка	_____	150 Пф

Микросхемы Серии КР1533

Дальнейшим развитием микросхем серии К555 можно назвать разработку микросхем серии КР1533. Основное эксплуатационное отличие микросхем этой серии от серии К555 - меньшая (в 1,5...2 раза) потребляемая мощность при сохранении и повышении быстродействия.

Стандартные статические параметры микросхем серии КР1533 имеют следующие значения: максимальный уровень логического нуля на входе - 0,5В при втекающем входном токе 8 мА, минимальный уровень логической единицы на выходе 2,5В при вытекающем входном токе 0,4 мА, входной ток при уровне логического нуля на входе - не более 0,2 мА, при уровне логической единицы

на входе - не более 20 мкА, что обеспечивает нагрузочную способность до 40 входов микросхем той же серии. Средняя потребляемая одним логическим элементом мощность - 1,2 мВт, средняя задержка распространения сигнала - 4 нс.

Микросхемы серии КР1533 выпускаются в пластмассовом корпусе, о чем сообщает буква "Р" в обозначении. Температурный интервал работоспособности микросхем серии КР1533 от -10 до +70°С.

Напряжение питания микросхем серии КР1533, равное +5В +-5%, подводят к выводу, имеющему максимальный номер, общий провод - к выводу с вдвое меньшим номером, кроме микросхемы КР1533ИР31, у неё наоборот: напряжение питания - к выводу 14, общий провод - к выводу 28.

Основные правила использования микросхем серии КР1533 в основном те же, что и для серии К555. Неиспользуемые входы микросхем этой серии нельзя оставлять свободными - их нужно подключить к общему проводу или к источнику питания без резисторов. Цепи питания должны быть зашунтированы керамическими конденсаторами емкостью 0,02...0,15 мкФ на каждые 5...10 микросхем и расположены на плате равномерно.

Предельно допустимые режимы эксплуатации микросхем серии КР1533:

Максимальное напряжение питания	_____	5,25В
Максимальное напряжение на входе	_____	+4,5В
Максимальное напряжение, приложенное к выходу закрытой схемы	_____	+5,25В
Минимальное напряжение на входе	_____	-0,4В
Максимальная емкостная нагрузка	_____	50 пФ

Микросхемы Серии К176

Микросхемы серии К176 изготавливаются по технологии комплементарных транзисторов структуры металл-окисел-полупроводник (КМОП). Основной особенностью микросхем является ничтожное потребление тока в статическом режиме - 0,1...100 мкА. При работе на максимальной рабочей частоте 1...5 МГц потребляемая мощность увеличивается и достигает до значения потребляемой мощности наименее мощных ТТЛ-микросхем.

Микросхемы выпускаются в пластмассовых корпусах с 14, 16 и 24 выводами. Номинальное напряжение питания микросхем серии К176 +9В +-5%, однако они сохраняют работоспособность в диапазоне питающих напряжений 5...12В. Диапазон рабочих температур микросхем серии К176 - -10...+70°С.

Выходные уровни микросхем при работе на однотипные микросхемы практически не отличаются от напряжения питания и потенциала общего провода. Максимальный выходной ток большинства микросхем не превышает единиц миллиампер, что несколько затрудняет непосредственное согласование микросхем серии К176 с какими-либо индикаторами и микросхемами других серий.

При монтажных работах для исключения случайного пробоя за счет статического электричества потенциалы монтируемой платы, паяльника и тела монтажника должны быть уравнены. Для этого на ручку паяльника можно намотать несколько витков неизолированного провода или укрепить жестяную пластинку и соединить через резистор 100...200 кОм с металлическими частями паяльника. Конечно, обмотка паяльника не должна иметь контакта с его корпусом. При монтаже свободной рукой следует касаться шин питания монтируемой платы. Если микросхема лежит в металлической коробке или ее выводы упакованы в фольгу, прежде чем взять микросхему, следует дотронуться до коробки или фольги.

Применение микросхем серии К176 имеет свои особенности. Ни один из входов микросхемы не может быть оставлен неподключенным, даже если логический элемент в микросхеме не использован. Свободные входы элементов должны быть или соединены с используемыми входами того же элемента, или подключены к шине питания или общему проводу в соответствии с логикой работы микросхемы. Напряжение источника питания должно подаваться ранее или одновременно с подачей входных сигналов.

Напряжение питания подводят к выводу с наибольшим номером, общий провод подключают к выводу с вдвое меньшим номером, кроме микросхем К176ПУ1, К176ПУ2, К176ПУ3 и К176ПУ5, имеющих дополнительное питание +5В, у первых трех микросхем подводят к выводу один, а у К176ПУ5 - к выводу пятнадцать.

Обозначения электрических параметров:

$I_{\text{пот}}$ - значение тока, потребляемое микросхемой в статическом режиме.

$t_{\text{з.ср.}}$ - интервал времени, равный полусумме времени задержки распространения сигнала при включении и выключении цифровой микросхемы.

f_{max} - максимальная частота следования импульсов входного напряжения.

Микросхемы Серии К561

Микросхемы серии К561 во многом аналогичны микросхемам серии К176 - построены на комплементарных транзисторах структуры металл-окисел-полупроводник (КМОП), потребляют ничтожно малую мощность в статическом режиме, имеют очень небольшой определяемый, лишь токами утечки, входной ток.

Микросхемы выпускаются в пластмассовых корпусах с 14, 16 и 24 выводами. Напряжение питания может находиться в пределах от 3 до 15В. Номинальное напряжение +10В±10%. Микросхемы серии К561 обеспечивают большие быстродействие и выходные токи, они ориентированы преимущественно на применение в цифровых вычислительных машинах, не имеют разновидностей, специализированных на использование в электронных часах. Диапазон рабочих температур микросхем серии К561 -45...+85°С.

Выходные уровни микросхем при работе на однотипные микросхемы практически не отличаются от напряжения питания и потенциала общего провода. Максимальный выходной ток большинства микросхем не превышает единиц миллиампер.

Меры предосторожности, которые необходимо применять при монтаже и налаживании устройств на микросхемах серии К561, такие же, как и для микросхем серии К176.

Применение микросхем серии К561 имеет свои особенности. Ни один из входов микросхем не может быть оставлен неподключенным, даже если логический элемент в микросхеме не использован. Свободные входы элементов должны быть или соединены с используемыми входами того же элемента, или подключены к шине питания или общему проводу в соответствии с логикой работы микросхемы. Напряжение источника питания должно подаваться ранее или одновременно с подачей входных сигналов.

При конструировании аппаратуры на микросхемах серии К561 необходимо учитывать, что ёмкость связи между проводниками, соединяющими передатчики с приемниками информации, является ёмкостью нагрузки для микросхем, передающих информацию. Увеличение ёмкости приводит к возрастанию динамического тока потребления. Для исключения влияния перекрёстных помех между одиночными проводниками в асинхронных устройствах, ёмкость связи не должна превышать 100 пф.

При конструировании аппаратуры на микросхемах серии К561 необходимо предусматривать защиту от попадания импульсных помех на шины «питание» и «общая», для чего в цепях питания рекомендуется устанавливать низкочастотные и высокочастотные конденсаторы. Типы конденсаторов и их ёмкости выбираются в зависимости от конструкции аппаратуры. Ориентировочно ёмкость конденсаторов можно выбрать из расчета: низкочастотный электролитический - не менее 0,03 мкФ на одну микросхему; высокочастотный керамический - 0,068 мкФ на каждые 50 микросхем.

Напряжение питания подводят к выводу с наибольшим номером, общий провод подключают к выводу с вдвое меньшим номером, кроме микросхем К561КП1, К561КП2 и К561ПУ4. У них общий провод подводят к выводу восемь. Напряжение питания микросхемы К561ПУ4 подводят к выводу один. Напряжение питания микросхем К561КП1 и К561КП2 подводят к выводам шестнадцать и семь. Диапазон рабочих температур микросхем серии К561 - 45...+85°C.

Обозначения электрических параметров

$I_{\text{пот}}$ - значение тока, потребляемого микросхемой в статическом режиме.
 $t_{\text{з.ср.}}$ - интервал времени, равный полусумме времени задержки распространения сигнала при включении и выключении цифровой микросхемы.

f_{max} - максимальная частота следования импульсов входного напряжения.

Микросхемы Серии К537

Статические ОЗУ на МОП-транзисторах, несмотря на среднее быстродействие, получили широкое распространение, что объясняется, существенно большей плотностью размещения ячеек на кристалле, чем у биполярных ОЗУ. Наиболее развитым функциональным составом из серий КМДП-микросхем обладает серия К537. Функциональный ряд серии включает более 15 типов микросхем, отличающихся информационной ёмкостью, организацией, быстродействием, уровнем потребляемой мощности. Имеются отличия и в системе управляющих сигналов и в конструктивном оформлении.

Общими свойствами микросхем серии К537 являются: единое напряжение питания +5В, ТТЛ-уровни входных и выходных сигналов, выход с тремя состояниями, высокая помехоустойчивость, допустимая значительная ёмкость нагрузки (200пФ и более), небольшое энергопотребление, причем при хранении почти на три порядка меньше, чем при обращении, способность сохранять записанную информацию при пониженном до 2...3 В напряжении питания.

В устройствах памяти на микросхемах серии К537 для снижения потребляемой мощности следует предусмотреть возможность автоматического переключения питания микросхем в режиме хранения с основного источника +5В на маломощный буферный источник напряжения, который обеспечивает питание только микросхем ОЗУ на уровне, достаточном для сохранения информации. Для микросхем К537РУ1, КР537РУ8 допускается снижать напряжение до 3В, для микросхем КР537РУ6, К537РУ9 - до 3,3В, для микросхем КР537РУ4, КР537РУ13, К537РУ14 - до 2,2В. Наименьшую мощность от низковольтного источника питания потребляют микросхемы КР537РУ3А (11 мкВт), КР537РУ6А (115 мкВт), К537РУ13 и К537РУ14 (100 мкВт).

Микросхемы на МДП-транзисторах любого типа чувствительны к воздействию статического электричества из-за высокого входного сопротивления. Даже кратковременное повышение входного напряжения с недопустимо высоким уровнем может вызвать электрический пробой тонкого слоя подзатворного диэлектрика. Для защиты от вредного воздействия перенапряжения все входы микросхем защищают диодно-резистивными цепями, встроенными внутрь кристалла.

Для многих типов КМДП-микросхем, и в частности для микросхем серии К537, существует опасность теплового пробоя р-п переходов в кристалле из-за «тиристорного эффекта». Сущность этого явления заключается в том, что при повышении напряжения в шине питания до 11... 12В из-за бросков тока при включении и влияния индуктивностей шин, а также при превышении входным сигналом напряжения питания внутри кристалла активизируются паразитные биполярные р-п р-п структуры и из-за наличия положительной обратной связи по цепям токов утечки может появиться эффект неуправляемого нарастания тока стока, близкий по механизму к аналогичному явлению в тиристорах в момент их переключения. Поскольку в КМДП-структурах отсутствуют токоограничивающие резисторы нагрузки, то нарастание тока приводит к

развитию теплового пробоя в кристалле и, как следствие, к неисправности микросхемы.

С повышением уровня интеграции микросхем опасность возникновения в них тиристорного эффекта увеличивается. В некоторых типах микросхем рассмотренный эффект практически не наблюдается. В структурах этих микросхем сформированы так называемые “охранные кольца”, шунтирующие паразитные транзисторы и за счет этого устраняющие тиристорный эффект. Для тех микросхем, у которых защита отсутствует, необходимо предусматривать конструктивные меры предупреждения тиристорного эффекта: снижать индуктивность шин питания, не допускать близкого расположения к сильноточным микросхемам и т.д.

При применении микросхем памяти серии К537 необходимо соблюдать порядок включения питания и подачи входных сигналов: вначале должно быть включено напряжение питания. При выключении блока ОЗУ следует снять входные сигналы (адресные, управляющие и информационные) и затем отключить источник напряжения питания. Необходимо обеспечить также выполнение условия, по которому напряжение сигналов не должно превышать напряжения питания микросхемы.

Микросхемы серии К537 работают в режимах записи, считывания и хранения. Сравнение динамических параметров микросхем показывает, что в серии К537 наибольшим быстродействием обладают микросхемы КР537РУ10 и К537РУ14. Микросхемы К537РУ14 и КР537РУ13 являются асинхронными. За этим исключением все микросхемы серии К537 являются тактируемыми: в режимах записи и считывания необходимо сигнал CS подавать импульсом, а сигнал W/R может иметь форму уровня напряжения или импульса.

Микросхемы КР537РУ8 и КР537РУ10 имеют дополнительный управляющий сигнал OE (Разрешение по выходу): при подаче этого сигнала одновременно с сигналом CS отсчет времени появления сигнала ведется от отрицательного перепада сигнала $CS=OE$. Существует возможность стробирования выходной информации сигналом OE, подаваемым с некоторой задержкой относительно сигнала CS. В этом случае при $OE=1$, т.е. до момента подачи этого сигнала, выходы находятся в третьем состоянии даже при $CS=0$. Только в момент поступления сигнала OE выходы переходят в функциональное состояние.

Предельные режимы эксплуатации микросхем серии К537.

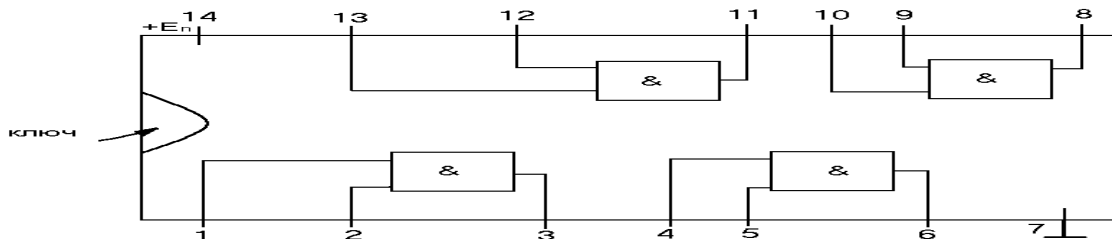
Максимальное напряжение питания	_____	+6В
Максимальное напряжение на входе	_____	+6В
Максимальное напряжение на выходе	_____	+6В
Максимальная емкость нагрузки	_____	200 пФ

Обозначения электрических параметров.

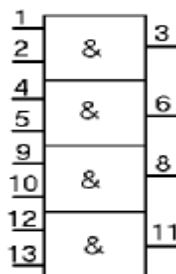
- P_{\max} - максимальная потребляемая мощность в режиме обращения;
 $t_{в.а.}$ - время выборки адреса;
 $t_{ц.зп.(сч)}$ - время цикла записи (считывания).

Логический элемент И

К155ЛИ1 выполнен как ТТЛ. 4 элемента 2 И изготовлены на одном кристалле и размещены в стандартном корпусе с 14-ю выводами по схеме:



Данная микросхема состоит из 4-х секций 2 «И» и может быть представлена в виде:



Микросхема впаяна в плату, которую вставляют в прибор для исследования микросхем СПМ. Контакты платы соединяются с центральным коммутатором СПМ и могут быть соединены с клавишными регистрами (КР) и светодиодными индикаторами (ИН) следующим образом:

К155 ЛИ 1

Номера выводов микросхем	Номера выводов коммутатора	Номера клавишного регистра	Номера светодиодных индикаторов
1	АА3	КР1	ИН1
2	АА4	КР2	ИН2
3	АА5		ИН3
4	АА6	КР4	ИН4
5	АА7	КР5	ИН5
6	АА8		ИН6
7	АБ10		⊥
8	АБ9		ИН8
9	АБ8	КР9	ИН9
10	АБ7	КР10	ИН10
11	АБ6		ИН11
12	АБ5	КР12	ИН12
13	АБ4	КР13	ИН13
14	АБ17		+5В

Задание:

1. Соберите схему;
2. Манипулируя ключами (КР) заполните таблицу истинности для каждой секции;
3. Убедитесь, что только «1» на обоих входах даёт «1» на выходе; и наличие хотя бы одного «0» на выходе.

Измерение параметров ТТЛ микросхемы вольтметром В7-16А.

Корпус вольтметра подключен к «0» источника питания, т.е. потенциал корпуса В7-16А равен потенциалу \perp (потенциалу земли).

4. Сигнальным проводником (красным щупом) измеряйте напряжение на электродах микросхемы (режим холостого хода) в точках: на входе – гнездо «ИН1» (подключая красный провод в параллельные гнезда), на выходе – в гнезда «ИН3» и т.д.

Вход1: $U_{\text{ex1}} =$ Вход2: $U_{\text{ex2}} =$	ВЫХОД $U_{\text{вых3}} =$
Вход: $U_{\text{ex4}} =$ Вход: $U_{\text{ex5}} =$	ВЫХОД $U_{\text{вых6}} =$
Вход: $U_{\text{ex9}} =$ Вход: $U_{\text{ex10}} =$	ВЫХОД $U_{\text{вых8}} =$
Вход: $U_{\text{ex12}} =$ Вход: $U_{\text{ex13}} =$	ВЫХОД $U_{\text{вых11}} =$

Интерпретируйте логику работы микросхемы:

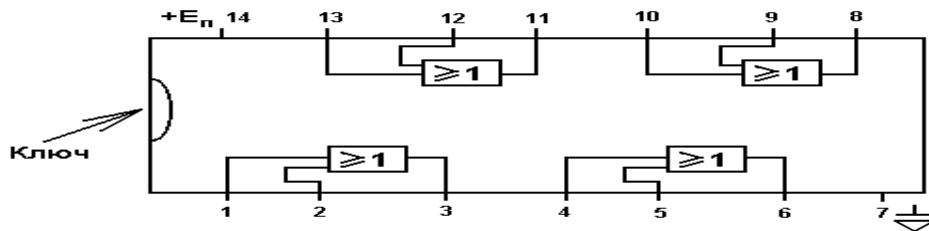
$U_{\text{ex max}} = 1;$	$U_{\text{вых max}} = 1;$
$U_{\text{ex min}} = 0;$	$U_{\text{вых min}} = 0;$

5. Выход логического элемента нагрузите на эквивалент подключения 10 единиц нагрузки (входов ТТЛ): жёлтым проводом соедините гнездо «ИН3» с гнездом «10ед». Вольтметр В7-16А включите в параллельное гнездо «10ед».

6. Сравните результаты измерения с режимом холостого хода (без эквивалента $R_n=10\text{ед}$ ТТЛ).

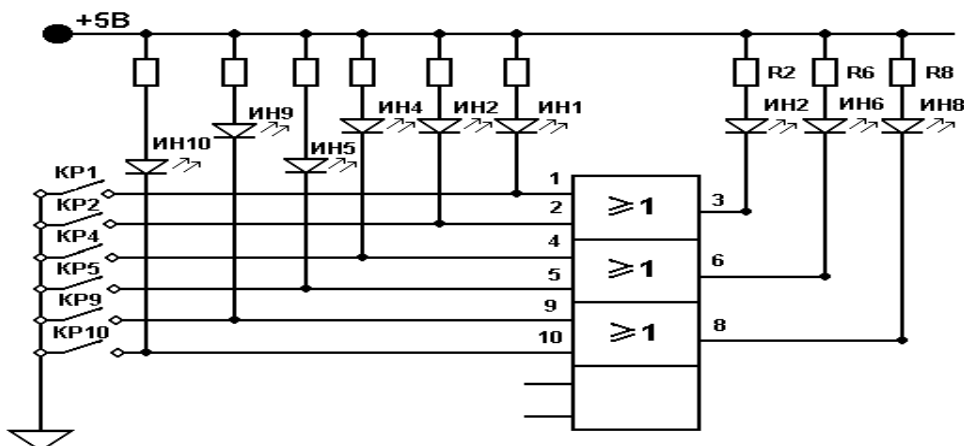
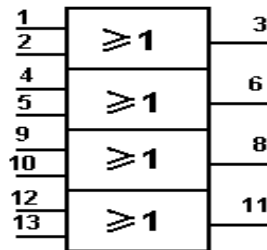
Логический элемент ИЛИ

Микросхема КМ155 ЛЛ1 изготовлена по принципу ТТЛ. 4-е элемента ИЛИ, на два входа каждый, размещены в 14-контактном корпусе, как показано на рисунке:




Напряжение питания проложено к выводам 14 и 7. Ключ расположен слева, при этом вывод 1 находится под ключом.

Микросхема состоит из 4-х секций, каждая из которых имеет 2 входа. Микросхема впаяна в плату, которая вставляется в устройство для анализа микросхем (4-я секция не используется).



Следует отметить, что светодиод светится, когда через него проходит ток. Для данной схемы это означает, что соответствующий уровень напряжения (входной или выходной) низкий, т.е. "0". Высокий уровень напряжения соответствует отсутствию свечения ("1"). Когда плата с микросхемой вставлена в прибор, её контакты соединяются с гнездами прибора, а именно:

1. – АА3 – КР1 – ИН1;
2. – АА4 – КР2 – ИН2;
3. – АА5 ——— ИН3;
4. – АА6 – КР4 – ИН4;
5. – АА7 – КР5 – ИН5;
6. – АА8 ——— ИН6;

7. – АБ3 ———  (Земля)
8. – АБ9 ——— ИН8;
9. – АБ8 – КР9 – ИН9;
- 10.– АБ7 – КР10 – ИН10;
- 14.– АБ1 ——— (+5В)

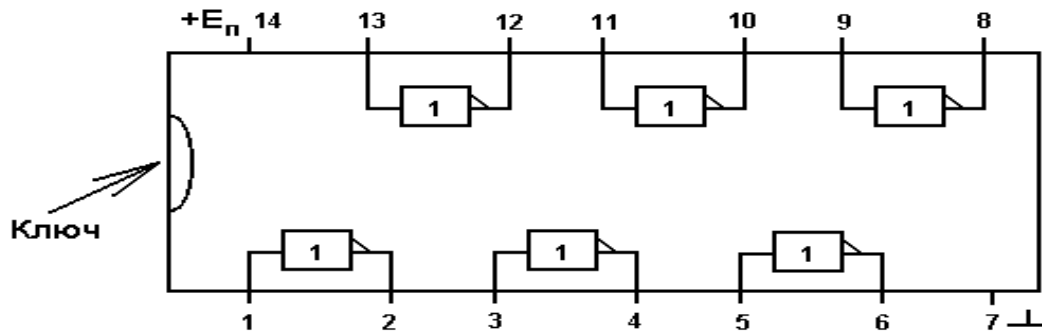
Чтобы получить рассмотренную выше схему, контакты устройства необходимо соединить проводами с соответствующими ключами и индикаторами.

Задание:

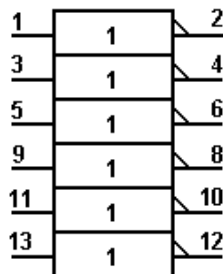
- 1) Собрать схему.
- 2) Манипулируя ключами, заполнить таблицу истинности для каждой секции.
- 3) Объяснить функционирование элемента ИЛИ в терминах ДРЛ, ДТЛ, ТТЛ.

Логический элемент НЕ

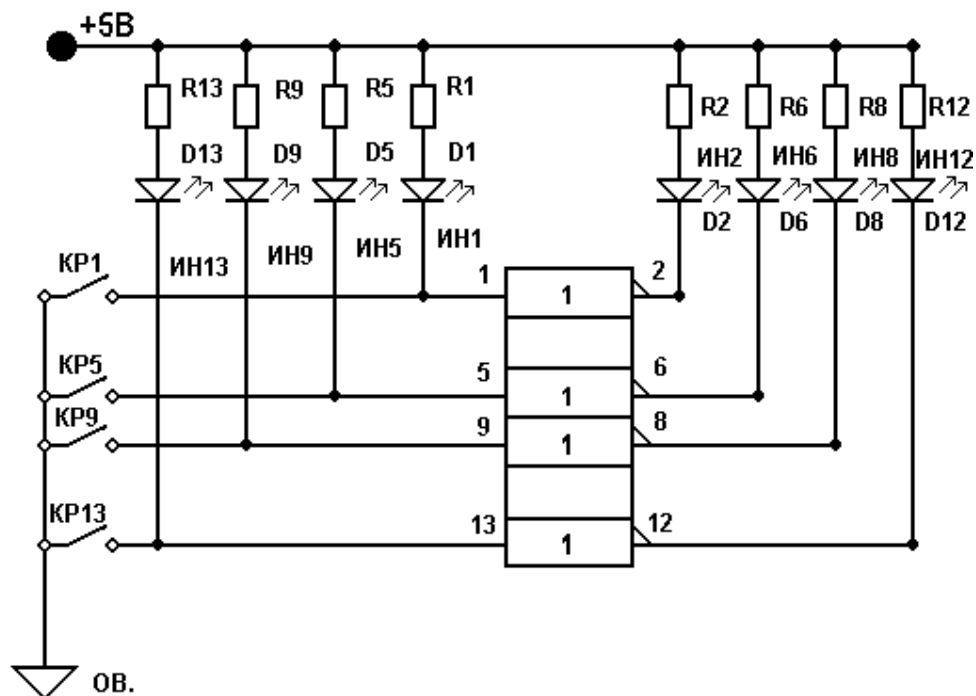
К155 ЛН1 выполнен как ТТЛ. 6 элементов НЕ упакованы в микросхему с 14-ю выводами, как показано на схеме:



Данная микросхема состоит из 6 секций НЕ и может быть представлена в виде:



Микросхема впаяна в плату, которая вставлена в прибор для



исследования микросхем (2-я и 5-я секции не используются).

При вставлении платы в устройство выводы микросхемы соединяются с контактами устройства:


- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.- АА3__КР1__ИН1; | 9. – АБ8__КР9__ИН9; |
| 2.- АА4__ИН2; | 10.- АБ7; |
| 5.- АА7__КР5__ИН5; | 11.- АБ6; |
| 6.- АА8__ИН6; | 12.- АБ5__ИН12; |
| 7.- АБ3__  - корп.; | 13.- АБ4__КР13__ИН13; |
| 8.-АБ9__ИН8; | 14.-АБ1__+5В; |

Для получения схемы эти контакты необходимо соединить проводами с соответствующими ключами и светодиодами.

Задание:

- 1) Собрать схему;
- 2) Манипулируя ключами (КР), заполнить таблицу истинности для каждой секции;
- 3) Убедитесь, что “1” входе даёт ”0” на выходе и наоборот;
- 4) Объясните физику отрицания (инвертирования).

Измерение параметров ТТЛ микросхемы вольтметром В7-16А

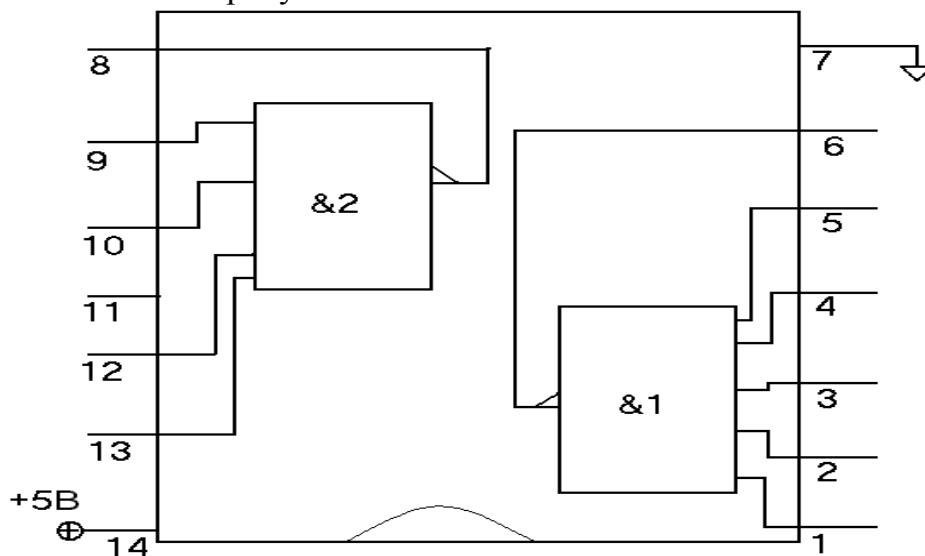
1. Корпус вольтметра подключён к “0” источника питания, т.е. потенциал корпуса В7-16А равен потенциалу  (земли);
2. Сигнальным проводником (красным) измеряйте напряжения на электродах микросхемы (режим холостого хода) в точках: на входе АА3 (подключая красный провод в параллельные гнезда), на выходе в гнезда ИН2 и т.д.

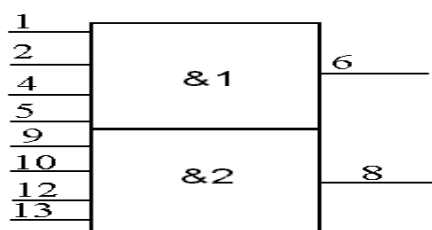
Вход: АА3 (ИН1) → $U_{\text{вх1}} =$	Выход : ИН2 (АА4) → $U_{\text{вых2}} =$
АА7 (ИН5) → $U_{\text{вх5}} =$	ИН6 (АА8) → $U_{\text{вых6}} =$
АБ8 (ИН9) → $U_{\text{вх9}} =$	ИН8 (АБ9) → $U_{\text{вых8}} =$
АБ4(ИН13) → $U_{\text{вх13}} =$	ИН12 (АБ5) → $U_{\text{вых12}} =$

- Интерпретируем логику работы микросхемы: $U_{\text{вых max}} = 1$; $U_{\text{вх min}} = 0$.
3. Выход нагрузите на эквивалент подключения 10 ед. нагрузки (входов ТТЛ): жёлтым проводом соедините гнездо ИН2 с гнездом 10 ед. Вольтметр В7-16 включите в гнездо АА4 и т.д.
 4. Сравните результаты с режимом холостого хода, (без эквивалента нагрузки $R_{\text{н}} = 10$ е.д. ТТЛ).

Универсальный элемент И-НЕ

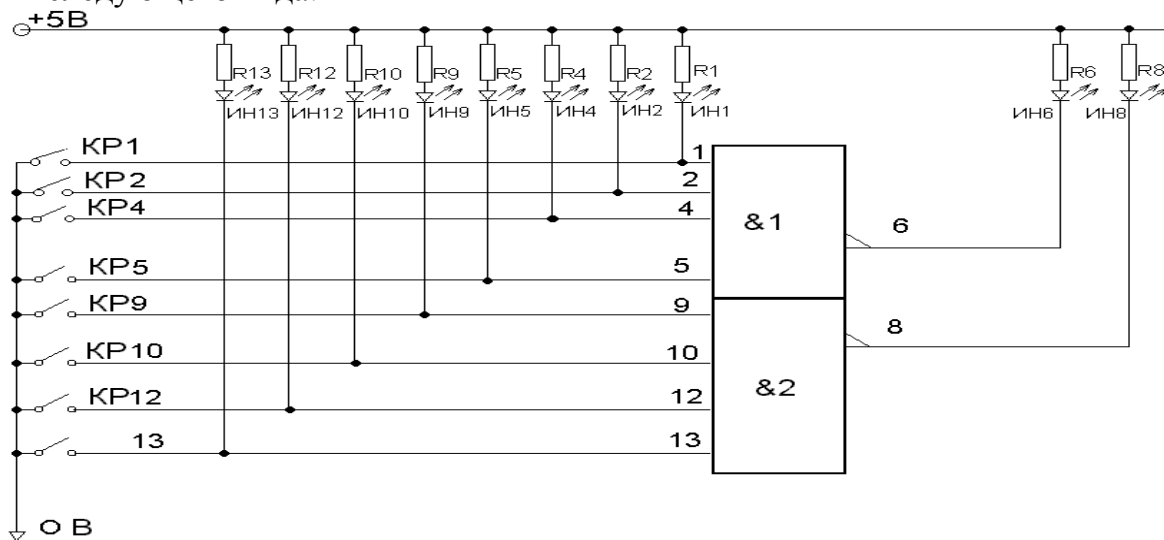
Двойной элемент И-НЕ (микросхема К155ЛА1, тип логики ТТЛ) и его цоколёвка показаны на рисунке:





Интегральная схема состоит из двух четырёхвходовых элементов И-НЕ и может быть представлена упрощённой схемой:

Микросхема впаяна в плату, которая своими разъёмами вставлена в прибор для исследования микросхем. В результате образуется электрическая цепь следующего вида:

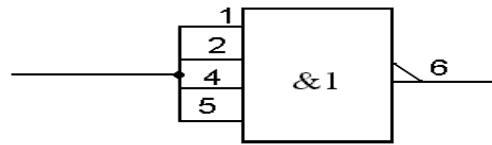


Резисторы R_1, R_2, \dots - ограничивающие. Через них напряжение +5В поступает на входы (выходы), если соответствующие ключи находятся в разомкнутом состоянии. Величина сопротивления 4700 Ом, они ограничивают ток через светодиоды.

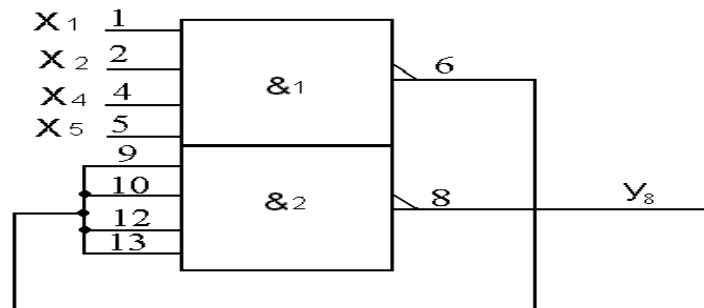
Светодиоды ИН1, ИН2, ... светятся, когда через них течёт ток. Для данной схемы свечение означает, что соответствующий входной или выходной уровень – низкий. При введении платы в прибор выводы микросхемы соединяются с клеммами прибора, а именно:

1	АА3	КР1	ИН1
2	АА4	КР2	ИН2
4	АА6	КР4	ИН4
5	АА7	КР5	ИН5
6	АА8		ИН6
7	АБ3		⏚
9	АБ8	КР9	ИН9
10	АБ7	КР10	ИН10
12	АБ5	КР12	ИН12
13	АБ4	КР13	ИН13
8	АБ9		ИН8
14	АБ1		+5В

Вопрос 1: Какую функцию выполняет схема:

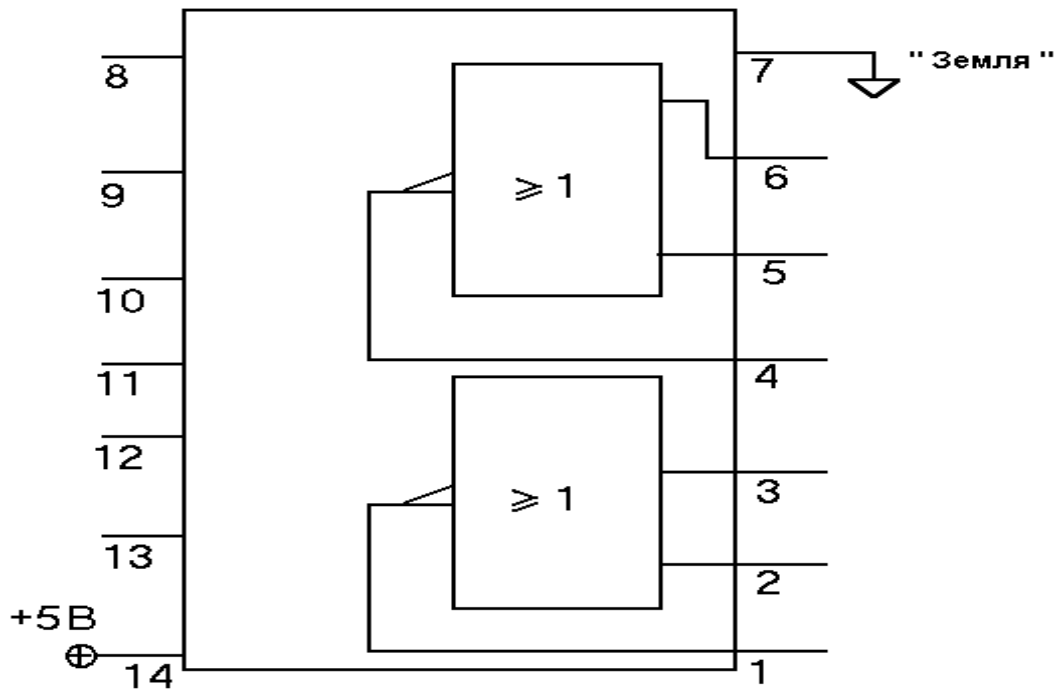


Вопрос 2: Какую функцию выполняет схема:

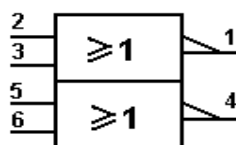


Универсальный элемент ИЛИ-НЕ

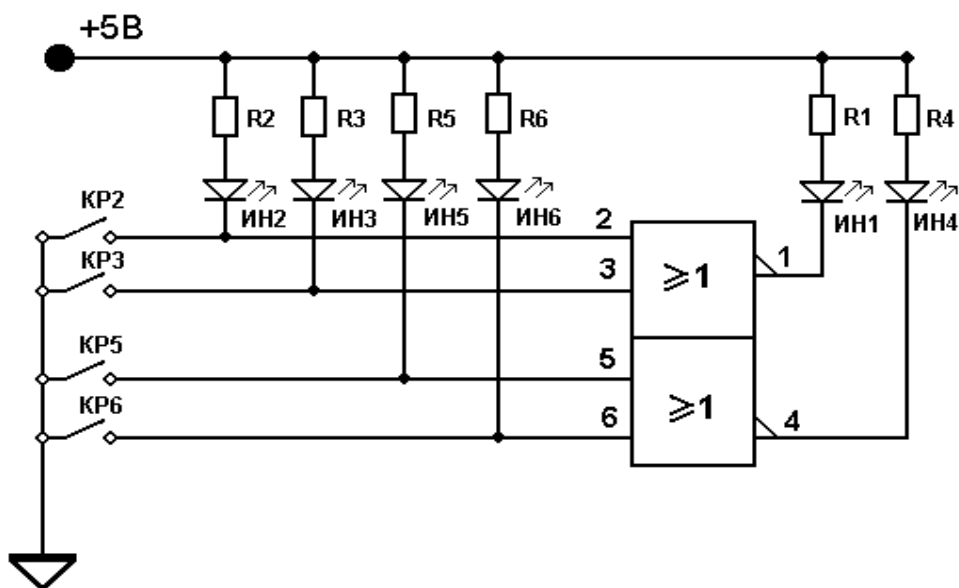
Двоичный элемент ИЛИ-НЕ (микросхема К155 ЛЕ1) и его цоколёвка представлены на рисунке:



В упрощённом виде схема имеет вид:



Микросхема впаяна в плату, которая вставлена в прибор.
Полученная электрическая цепь имеет следующий вид:

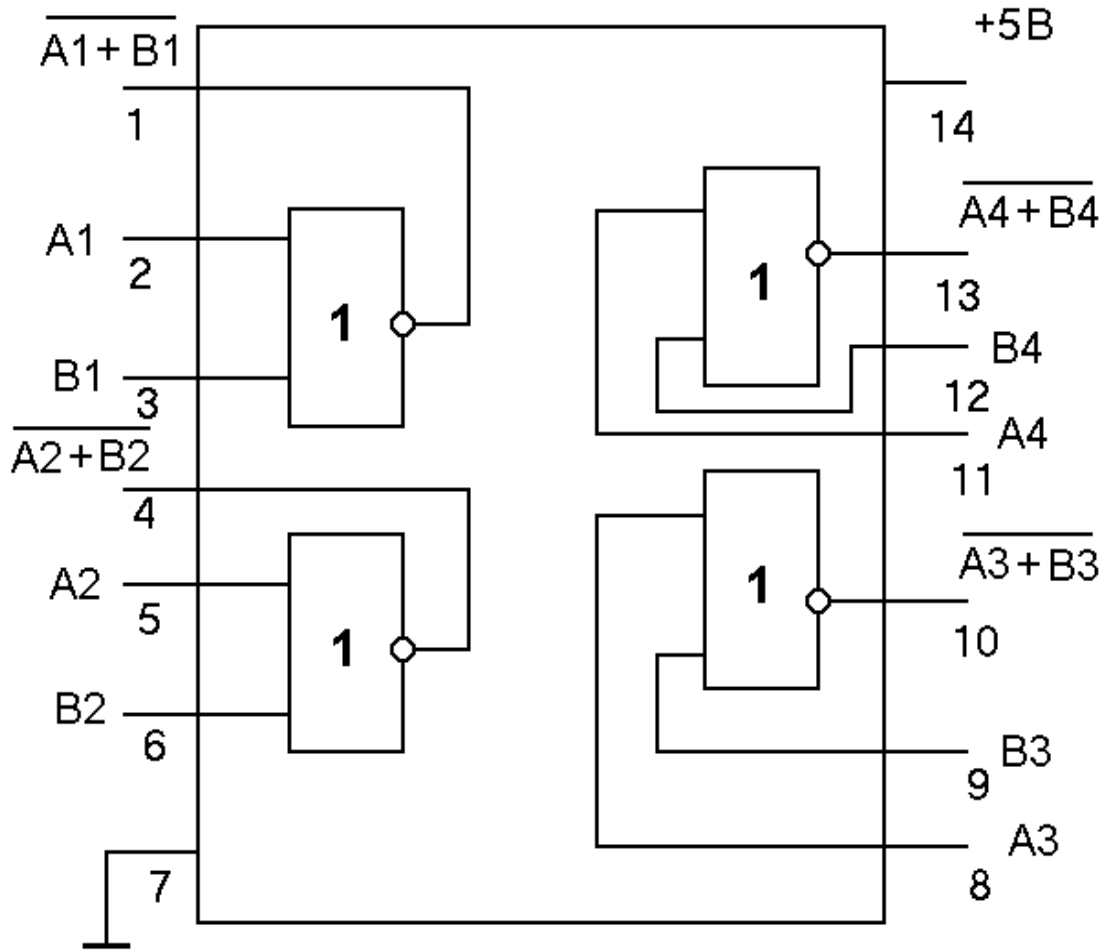


При введении платы в прибор выводы микросхемы соединяются с гнёздами прибора, а именно:

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1 – АА3 ————— ИН1; | 8 – АБ9 – КР8 – ИН8; |
| 2 – АА4 – КР2 – ИН2; | 9 – АБ8 – КР9 – ИН9; |
| 3 – АА5 – КР3 – ИН3; | 10 – АБ7 – ИН10; |
| 4 – АА6 ————— ИН4; | 11 – АБ6 – КР11 – ИН11; |
| 5 – АА7 – КР5 – ИН5; | 12 – АБ5 – КР12 – ИН12; |
| 6 – АА8 – КР6 – ИН6; | 13 – АБ4 – ИН13; |
| 7 – АБ10 ⚡ – корпус; | 14 – АБ17 – (“+5В”- питание) |

Чтобы получить рассмотренную выше схему, эти гнёзда следует соединить проводами с ключами и светодиодами.

К155 ЛЕ1.



1. – АА3 — ИН1 → $\overline{A1+B1}$
 2. – АА4 – КР2 – ИН2 → A1
 3. – АА5 – КР3 – ИН3 → B1
 4. – АА6 — ИН4 → $\overline{A2+B2}$
 5. – АА7 – КР5 – ИН5 → A2
 6. – АА8 – КР6 – ИН6 → B2
 7. – АБ10 - \perp - корпус

8. – АБ9 – } не используется
 9. – АБ8 – } в данном
 10. – АБ7 – } макете.
 11. – АБ6 – КР11 – ИН11 → A4
 12. – АБ5 – КР12 – ИН12 → B4
 13. – АБ4 — ИН13 → $\overline{A4+B4}$
 14. – АБ17 → “+5В”-питание

Задание:

Собрать схему. Заполнить таблицу истинности для каждой секции:

X_2	X_3	Y_1

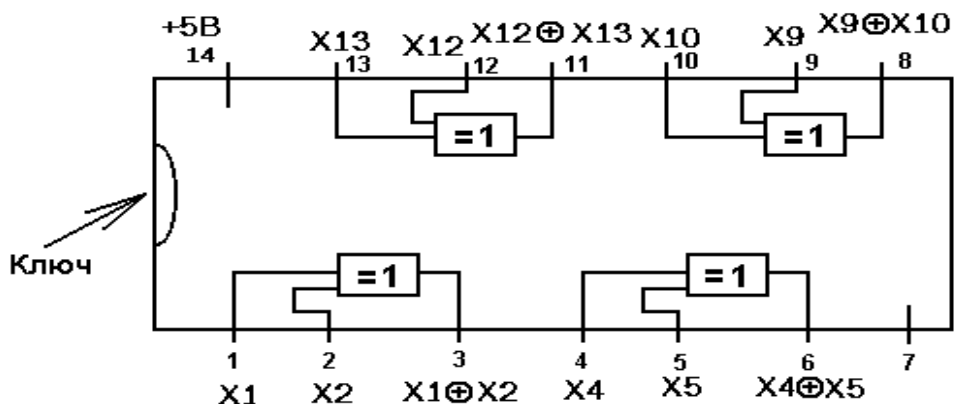
X_5	X_6	Y_4

Вопрос 1: Можно ли с помощью данной микросхемы выполнить операцию НЕ.

Вопрос 2: Можно ли с помощью данной микросхемы выполнить операцию ИЛИ.

Исключающее “ИЛИ”

Микросхема К155 ЛП5 содержит 4 двухвходовых элемента “Исключающее ИЛИ”, размещённых на одном кристалле. Цоколёвка микросхемы приведена на рисунке:



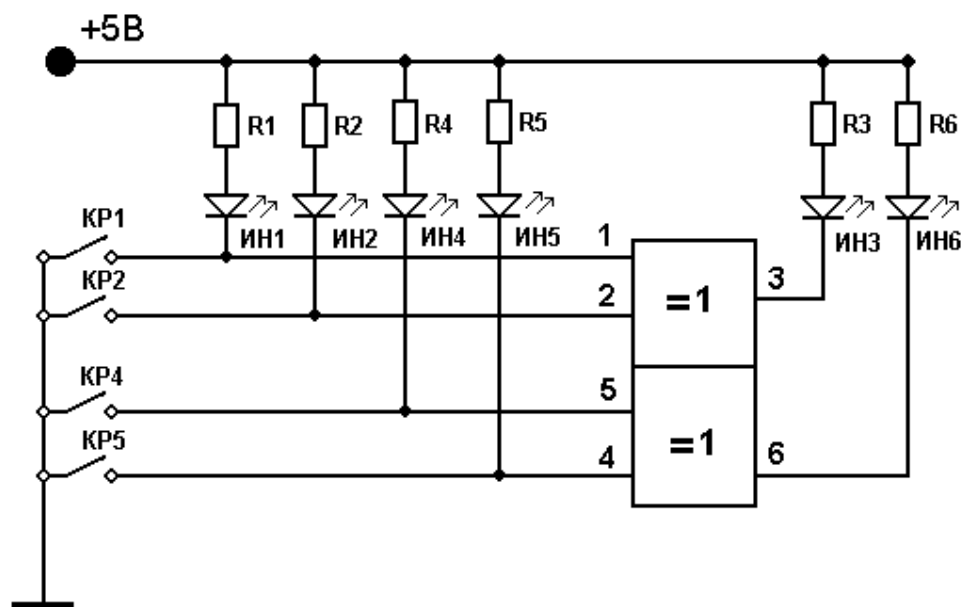
Общий провод подключается к выводу 7, источника питания +5В, подводится к выводу 14. Микросхема вставляется в панельку, размещённую на специальной плате. Плата вставляется в приёмную розетку стенда проверки модулей (СПМ). Контакты приёмной розетки соединены с

гнездами центрального *компьютера* СПМ. В свою очередь эти гнезда специальными соединителями могут быть подключены к контактам Клавишного Регистра (КР) и к контактам светодиодных индикаторов. Если на соответствующем выводе микросхемы присутствует низкий уровень сигнала (“0”), светодиод светится. Если на выводе высокий потенциал (“1”) – не горит.

Схема соединений выводов микросхемы К155 ЛП5 со стендом СПМ.

1. – АА3 – КР1 – ИН1 – X_1
2. – АА4 – КР2 – ИН2 – X_2
3. – АА5 ——— ИН3 – $X_1 \oplus X_2 = Q_3$
4. – АА6 – КР4 – ИН4 – X_4
5. – АА7 – КР5 – ИН5 – X_5
6. – АА8 ——— ИН6 – $X_4 \oplus X_5 = Q_6$
7. – АБ10 –  корпус, общий вывод.
8. – АБ9 ——— АБ4
9. – АБ8 – КР9 – ИН9 – X_9
10. – АБ7 – КР10 – ИН10 – X_{10}
11. – АБ6 ——— ИН11 ——— $X_9 \oplus X_{10} \oplus X_4 \oplus X_5 = Q_{11}$
12. – АБ5 – АА8
13. – АБ4 ——— АБ9
14. – АБ17 ——— +5В – питание.

Электрическая цепь для исследования двухвходовых логических схем “Исключающее ИЛИ” при выполнении схемы соединений представлена на рисунке:



Задание:

1. Включая и выключая клавишные регистры КР1 и КР2, задавайте входные уровни переменных X_1 и X_2 . Проверьте таблицу истинности:

Вход		Выход
X_1	X_2	Q_3
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

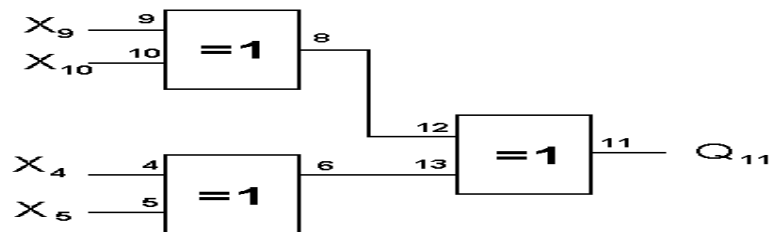
Таблица 1.

Вход		Выход
X_4	X_5	Q_6

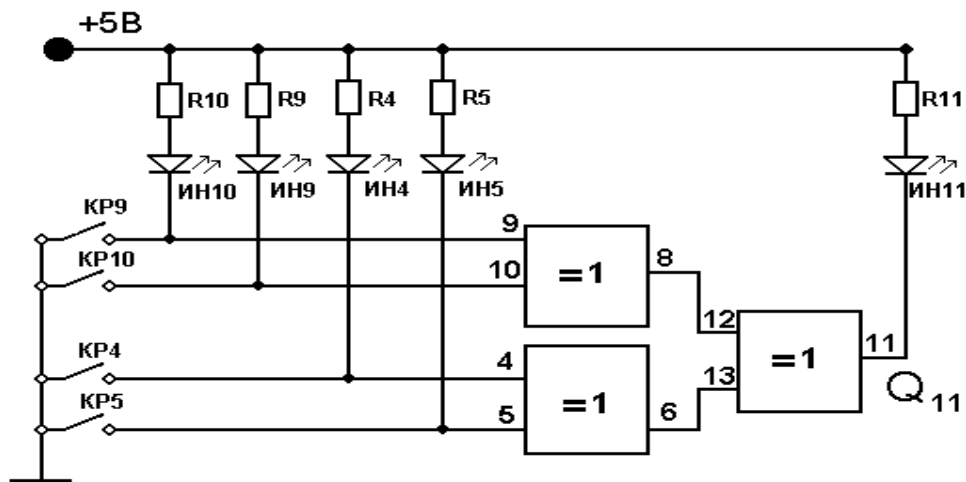
Таблица 2.

2. Включая и выключая клавишные регистры КР4 и КР5, самостоятельно заполните таблицу истинности для второго элемента “Исключающее ИЛИ”.
3. Проверьте, соответствует ли логическому уравнению $Q_6 = \overline{X_4} * \overline{X_5} + X_4 * X_5$ выходной сигнал Q_6 второго элемента “Исключающее ИЛИ”.

На третьем и четвёртом двухвходовых элементах “Исключающее ИЛИ” собрана схема трёхвходового элемента: $Q_{11} = X_9 \oplus X_{10} \oplus X_4 \oplus X_5$



Электрическая цепь для исследования трёхвходового элемента “Исключающее ИЛИ” представлена на следующем рисунке:



Задание:

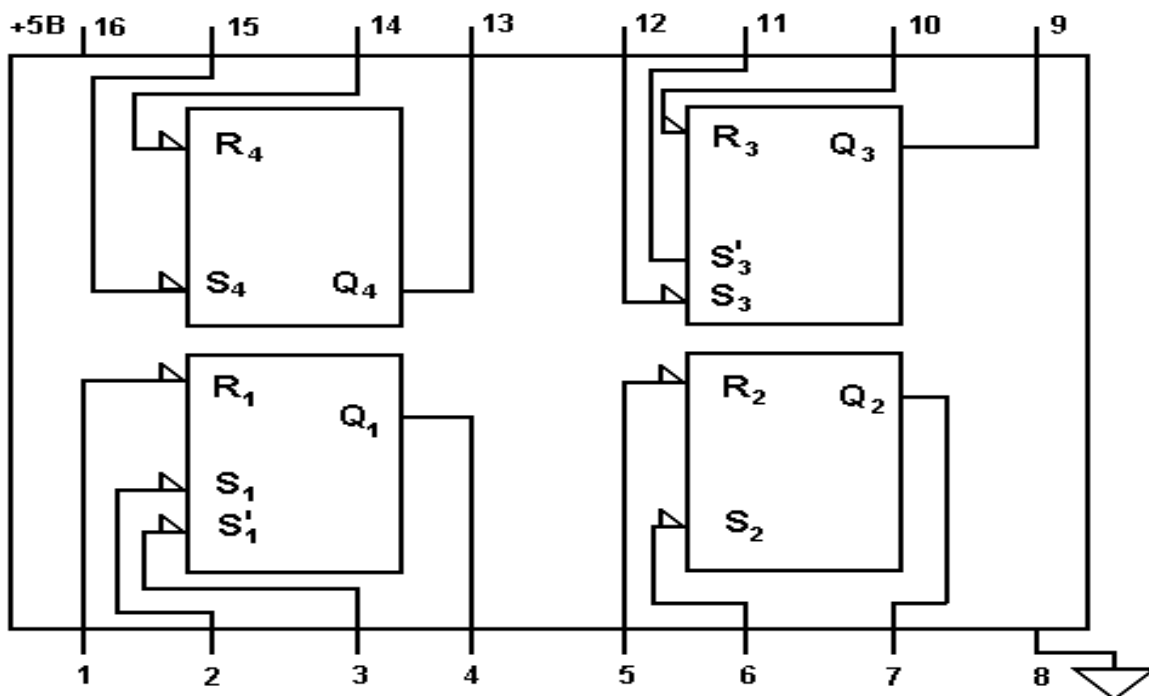
1. Включая и выключая клавишные регистры КР9, КР10, КР4, КР5, задавайте входные уровни логических переменных X_9 , X_{10} , X_4 , X_5 . Составьте и заполните таблицу истинности четырёхвходового элемента “Исключающее ИЛИ”.

ВХОД				ВЫХОД
X_9	X_{10}	X_4	X_5	Q_{11}

Убедитесь, что при любом чётном числе единиц на входах исключающего ИЛИ на выходе будет “0”, а при нечётном числе “1” на входе, на выходе будет – “1”.

RS-триггер с универсальными входами

Микросхема К555 TP2 и её цоколёвка представлена на рисунке. Микросхема К555 TP2 имеет аналог 74LS279.

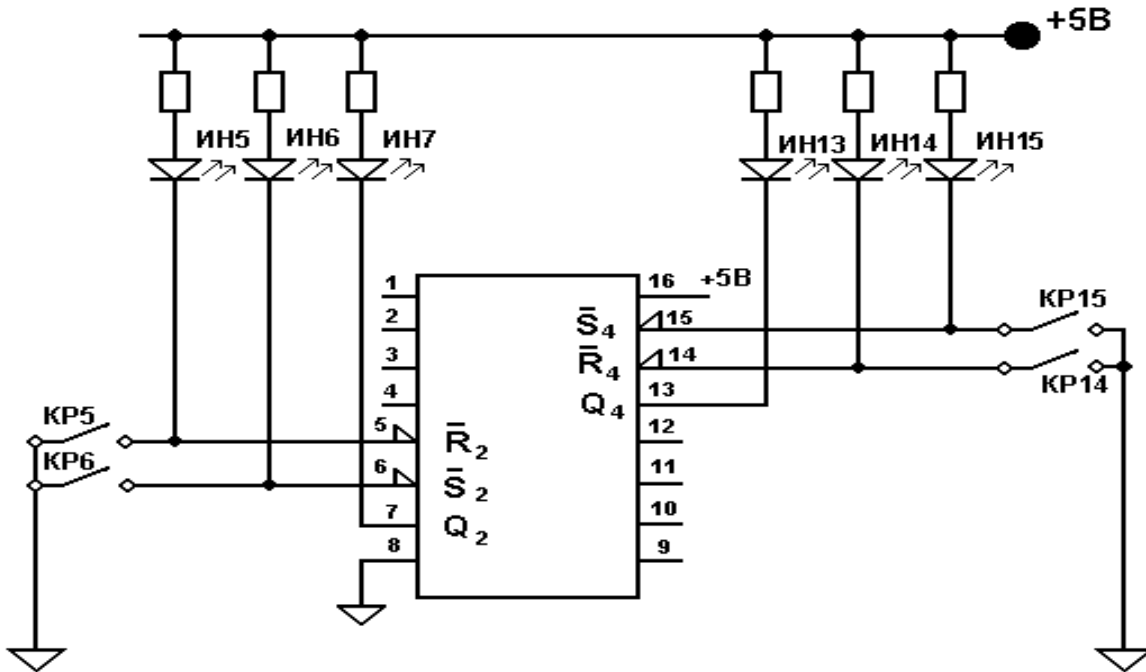


Она содержит 2 двухвходовых и 2 трёхвходовых RS-триггера с универсальными входами.

Микросхема вставлена в панель, закреплённую на плате. Плата введена в разъём устройства для анализа микросхем.

Схема для исследования RS-триггера представлена на следующем рисунке.

При введении платы в устройство СПМ контакты микросхемы соединяются с контактами устройства, а именно:



- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. – АА3 | 9. – АБ8 |
| 2. – АА4 | 10. – АБ7 |
| 3. – АА5 | 11. – АБ6 |
| 4. – АА6 | 12. – АБ5 |
| 5. – АА7 – $\overline{R2}$ | 13. – АБ4 – Q4 |
| 6. – АА8 – S2 | 14. – АБ10 – $\overline{R4}$ |
| 7. – АА9 – Q2 | 15. – АБ2 – $\overline{S4}$ |
| 8. – АА10 – \downarrow корпус | 16. – АБ9 – питание +5В |

Чтобы получить нужную схему, эти контакты следует соединить проводами с соответствующими ключами и индикаторами.

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 5. – КР5 – ИН5 – АА7 – R2 | 11. |
| 6. – КР6 – ИН6 – АА8 – S2 | 12. |
| 7. – ИН7 – АА9 – Q2 | 13. – ИН13 – АБ4 – Q4 |
| 8. – АА10 – \downarrow корпус | 14. – КР14 – ИН14 – АБ10 – R4 |
| 9. | 15. – КР15 – ИН15 – АБ2 – S4 |
| 10. | 17. – АБ9 – питание +5В |

Отметим, что соответствующие резисторы уже соединены последовательно со светодиодами и с +5В внутри устройства.

Задание:

- 1) Собрать схему и заполнить таблицу истинности для 2-го и 4-го триггеров.

S_{2n}	R_{2n}	$Q_{2(n+1)}$
0	0	x
0	1	1
1	0	0
1	1	Q_{2n}

S_{4n}	R_{4n}	$Q_{4(n+1)}$

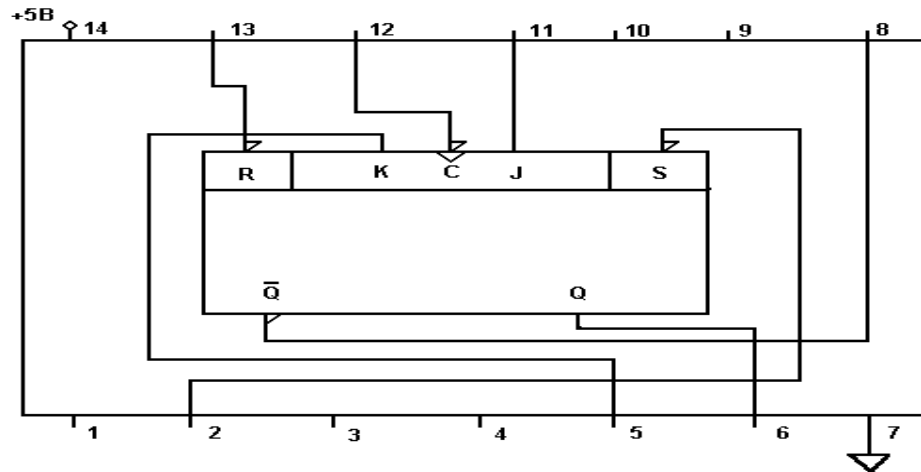
- 2) Исследовать состояние неопределенности, для чего одновременно менять сигналы на R и S входах. Объясните физический смысл состояния неопределённости в RS-триггере с инверсными входами.

S_n	R_n	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0x
0	0	1	1x
0	1	0	01
0	1	1	01
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

S_n	R_n	Q_{n+1}
0	0	x
0	1	1
1	0	0
1	1	Q_n

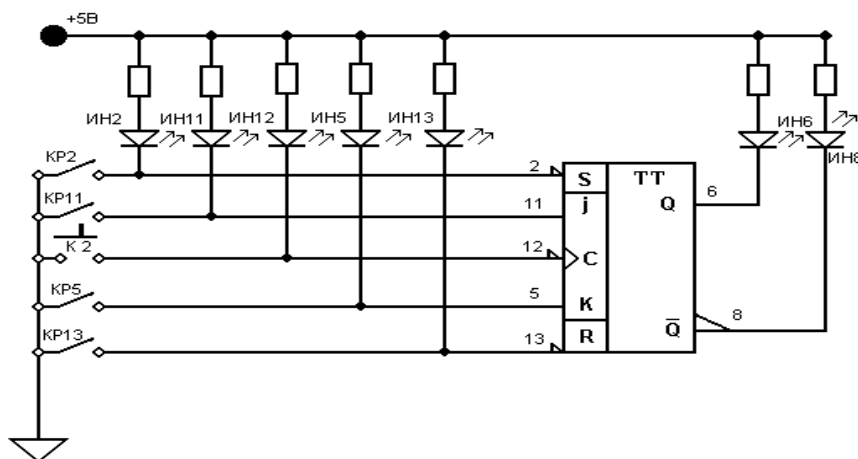
Универсальный JK-триггер

Микросхема К155 ТВ1, выполненная по ТТЛ технологии, и её цоколёвка показаны на рисунке.



Микросхема впаяна в плату, которая вставляется в прибор, при этом выводы микросхемы соединяются с контактами прибора.

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. - | 9. - ВБ8 – |
| 2. - ВА4 - КР2 - ИН2 - "S" | 10.- ВБ7 |
| 3. - ВА5 | 11.- ВБ6 - КР11 - ИН11 - "J" |
| 4. - ВА6 | 12.- ВБ5 - К2 - ИН12 - "C" |
| 5. - ВА7 - КР5 - ИН5 - "K" | 13.- ВБ4 - КР13 - ИН13 - "R" |
| 6. - ВА8 - ИН6 - "Q" | 14.- ВБ1 "+5В" |
| 7. - ВБ3 - общ ↓ | |
| 8. - ВБ9 - ИН8 - "Q" | |

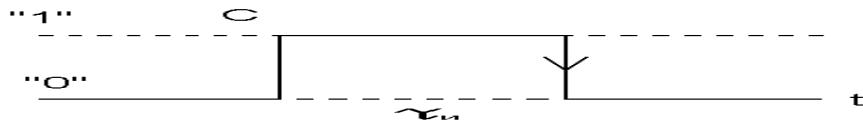


Если указанные контакты соединить с соответствующими индикаторами ключами проводами, то образуется следующая схема.

Манипулируя с ключами, докажите, что таблица истинности имеет вид:
К2

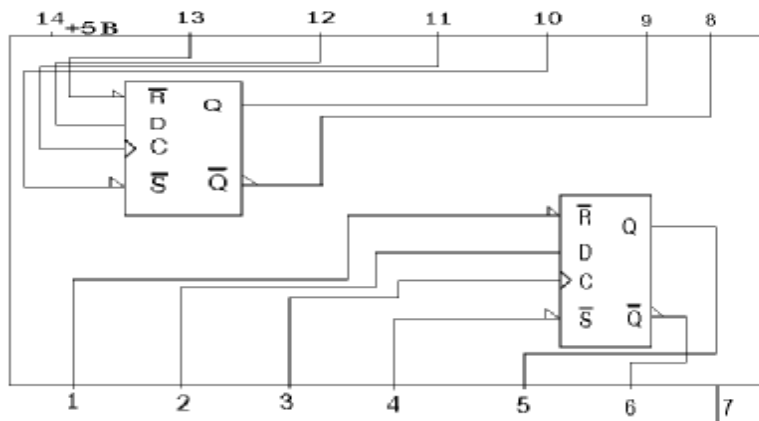
2	13	12	11	5	8	6
S	R	C	J	K	$\overline{Q_{n+1}}$	Q_{n+1}
0	0	*	*	*	1(x)	1(x)
0	1	*	*	*	0	1
1	0	*	*	*	1	0
1	1	0	*	*	$\overline{Q_n}$	Q_n
1	1	↓	0	0	Q_n	Q_n
1	1	↓	0	1	1	0
1	1	↓	1	0	0	1
1	1	↓	1	1	Q_n	$\overline{Q_n}$

Убедитесь, что триггер срабатывает по заднему фронту импульса.



D-триггер с дополнительными входами

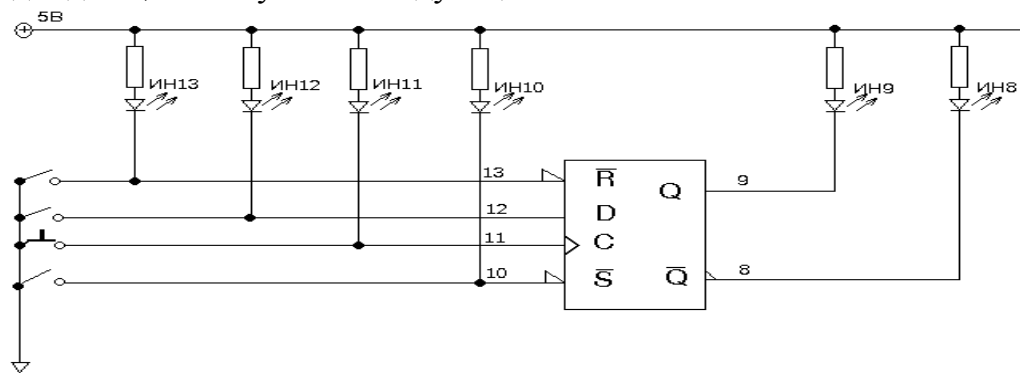
МИКРОСХЕМА К155ТМ2 (ТТЛ –логика) и её цоколёвка показана на рисунке:



Микросхема состоит из двух D-триггеров. Микросхема впаяна в плату, которая вставлена в прибор. При этом выводы микросхемы соединяются с контактами прибора, а именно:

1	АА3	КР1	\bar{R}	ИН1
2	АА4	КР2	D	ИН2
3	АА5	$\bar{K1}$	C	ИН3
4	АА6	КР4	\bar{S}	ИН4
5	АА7		Q	ИН5
6	АА8		\bar{Q}	ИН6
7	АБ3	Общ \perp		
8	АБ9		Q	ИН8
9	АБ8		Q	ИН9
10	АБ7	КР10	\bar{S}	ИН10
11	АБ6	$\bar{K2}$	C	ИН11
12	АБ5	КР12	D	ИН12
13	АБ4	КР15	\bar{R}	ИН13
14	АБ1	(+5В)		

Если эти гнезда соединить проводами с ключами и индикаторными светодиодами, то получится следующая схема:

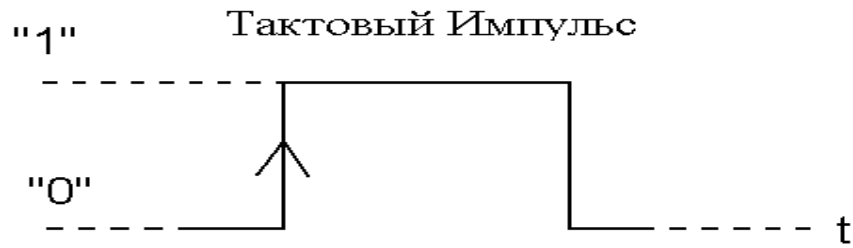


Уравнение D-триггера имеет вид:

$$Q_{n+1} = D_n, \text{ если } c=1$$

Следовательно, после тактового импульса (данный триггер работает по переднему фронту) выход равен входу до тактового импульса. Тактовый импульс имеет вид:

Задание:



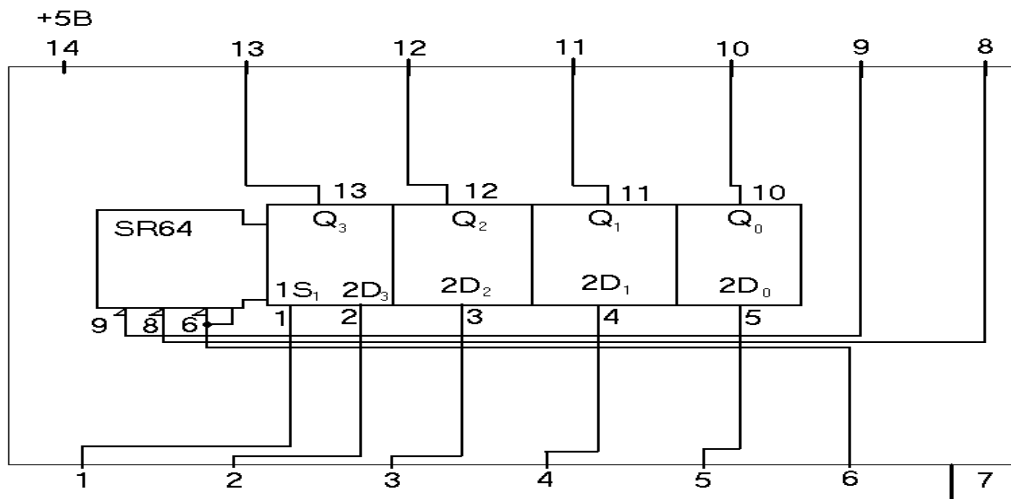
1. Убедитесь, что таблица истинности имеет вид:

\bar{S}	\bar{R}	C	D	Q_{n+1}	$\overline{Q_{n+1}}$
0	0	*	*	1(x)	1(x)
0	1	*	*	1	0
1	0	*	*	0	1
1	1	0	*	Q_n	$\overline{Q_n}$
1	1	↑	0	0	1
1	1	↑	1	1	0
10	13	K2	12	9	8

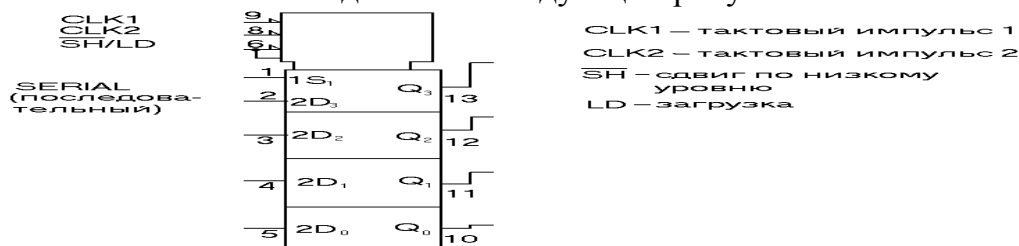
2. Составьте и проверьте таблицу истинности для первого D-триггера.

Универсальный Регистр Сдвига

Регистр сдвига К155ИР1 (ТТЛ технология) и его цоколёвка показаны на рисунке:



Объяснение символов даётся на следующем рисунке:



Вход $\overline{SH/LD}$, который разветвляется на G_1 и G_2 , может быть укорочен следующим образом:

- когда на ножке 6 - высокий уровень (1), регистр работает в режиме загрузки
- когда на 6, низкий уровень (0), регистр работает в режиме сдвига

Вход CLK1, т.е. C_1 предваряется единицей, т.е. имеет вид $1C_1$. Это значит, что этот вход активен только при активном входе G_1 , т.е. $\overline{SH/LD}$ - низкий.

Вход CLK2, т.е. C_2 проверяется цифрой 2, т.е. имеет вид $2C_2$. Это означает, что этот вход активен только при активном входе G_2 , т.е. $\overline{SH/LD}$ - высокий.

SERIAL (последовательный вход имеет 1 на входе – $1S$). Это означает, что активен только когда $1G_1$ активен, т.е. $\overline{SH/LD}$ -низкий. При появлении тактового импульса число со входами сдвигается (записывается) – в Q_3 .

Другие входы помечены цифрой 2, т.е. имеет вид $2D$ - это означает, что они активны, когда контрольный вход $2C_2$ активен, т.е. когда $\overline{SH/LD}$ - высокий. $1C/\leftrightarrow$ означает, что данный регистр может сдвигать как вправо, так и влево. Когда плата с впаянной микросхемой вставляется в прибор, её контакты соединяются с контактами прибора:

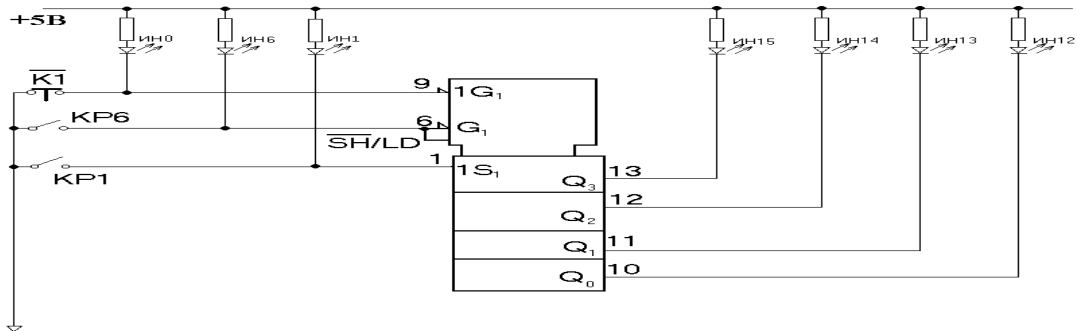
1	ВА3	S	КР1	ИН1
2	ВА4	D3	КР10	ИН10
3	ВА5	D2	КР9	ИН9
4	ВА6	D1	КР8	ИН8
5	ВА7	D0	КР7	ИН7
6	ВА8	\overline{PE}	КР6	ИН6
7	ВБ3	Общий \perp		
8	ВБ9	$\overline{C_2}$	$\overline{K_2}$	ИН2
9	ВБ8	$\overline{C_1}$	$\overline{K_1}$	ИН0
10	ВБ7	Q_0		ИН12
11	ВБ6	Q_1		ИН13
12	ВБ5	Q_2		ИН14
13	ВБ4	Q_3		ИН15
14	ВБ1	Питание +5В		

Чтобы получить схему для проверки регистра, необходимо соединить соответствующие контакты с ключами и индикаторами.

Универсальный регистр может работать в 4-х различных режимах:

- 1) SIPO – последовательный ввод – параллельный вывод;
- 2) PIPO – параллельный ввод - параллельный вывод;
- 3) SISO – последовательный ввод – последовательный вывод;
- 4) PISO – параллельный ввод – последовательный вывод.

1) SIPO



Тактовый вход $1C_2$ активен только когда контрольный вход G_1 активен, т.е. когда $\overline{SH/LD} = 0$, вход $1S$ активен, если G_1 активен, т.е. $\overline{SH/LD} = 0$.

$1S$ - это сигнальный вход. При появлении 1-го тактового импульса на входе $1C_1$ информация со входа сдвигается в Q_3 . После 2-го импульса в Q_2 и т.д.

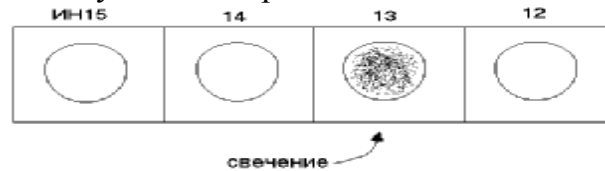
Светодиоды ИН15, ИН14, ИН13, ИН12 представляют «экран» данного регистра. На экране можно видеть четырёхбитное число, введённое в регистр. Каждый бит вводится с помощью ключа KP1 в виде 0 или 1, а затем сдвигаются в регистр после тактового импульса, который моделируется нажатием ключа K1.

Задание:

Ввести двоичное число 1101. Наблюдать продвижение числа слева направо. Составить таблицу:

№ тактового импульса	S	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	
0 (нач. состояние)	1	0	0	0	0	
1	0	1	0	0	0	После 4-го импульса – число полностью выдвинуто в регистр
2	1	0	1	0	0	
3	1	1	0	1	0	
4	0	1	1	0	1	
5	0	0	1	1	0	После 8-го импульса – число полностью выдвинуто из регистра
6	0	0	0	1	1	
7	0	0	0	0	1	
8	0	0	0	0		

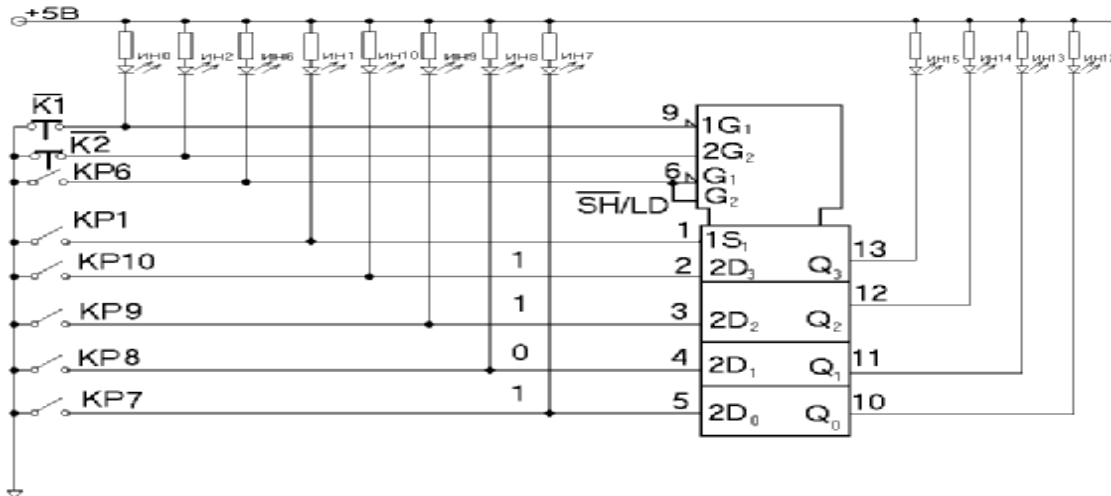
После 4-го импульса на экране данное число выглядит так:



2) PIPO

В данном случае (вначале) $\overline{SH}/LD = 1$, т.е. контрольный вход $2C_2$ активен – режим загрузки.

Вход $1S = 1$ (высокий). Входной сигнал – 4-битное число 1101 подводится



параллельно ко входам 2, 3, 4, 5:

- старший бит на $2D_3$
- младший на $2D_0$

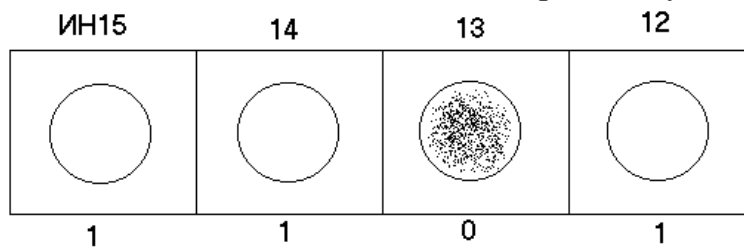
После импульса на входе $2C_2$, моделируемого ключом K2, число введено в регистр.

После этого регистр нужно переключить в режим сдвига, задав $\overline{SH}/LD = 0$.

Сдвиг вправо на один разряд достигается каждым нажатием K1, т.е. подачей очередного тактового импульса на вход $1C_1$.

Задание:

Ввести двоичное число 1101. Наблюдать на экране ситуацию:

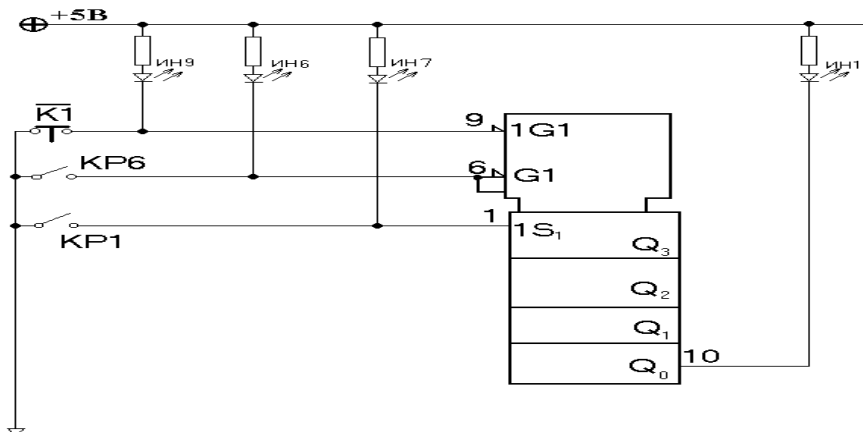


Наблюдать сдвиг числа вправо. Составить таблицу:

№ импульса C_1	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0 – начальное состояние сразу после загрузки	1	1	0	1
1				
2				
3				
4				

3) SISO

В этом случае контрольный вход G_1 должен быть активен, т.е. $\overline{SH/LD} = 0$. Поэтому активен тактовый вход C_1 . Одновременно активен последовательный вход $1S$. При действии тактового импульса на вход C_1 информация со входа $1S$ записывается в секцию Q_3 регистра. При следующем импульсе она сдвигается в Q_2 и т.д.



Наблюдению доступен только выход Q_0 до регистра, следовательно, число можно наблюдать поразрядно (побитно, т.е. по одному биту после каждого сдвига).

Задание:

Ввести поочередно биты двоичного числа 1101, начиная с младшего разряда. Зарисуйте состояние экрана после 4-го тактового импульса, после 5-го, 6-го, 7-го, 8-го.

			○
--	--	--	---

Составьте таблицу:

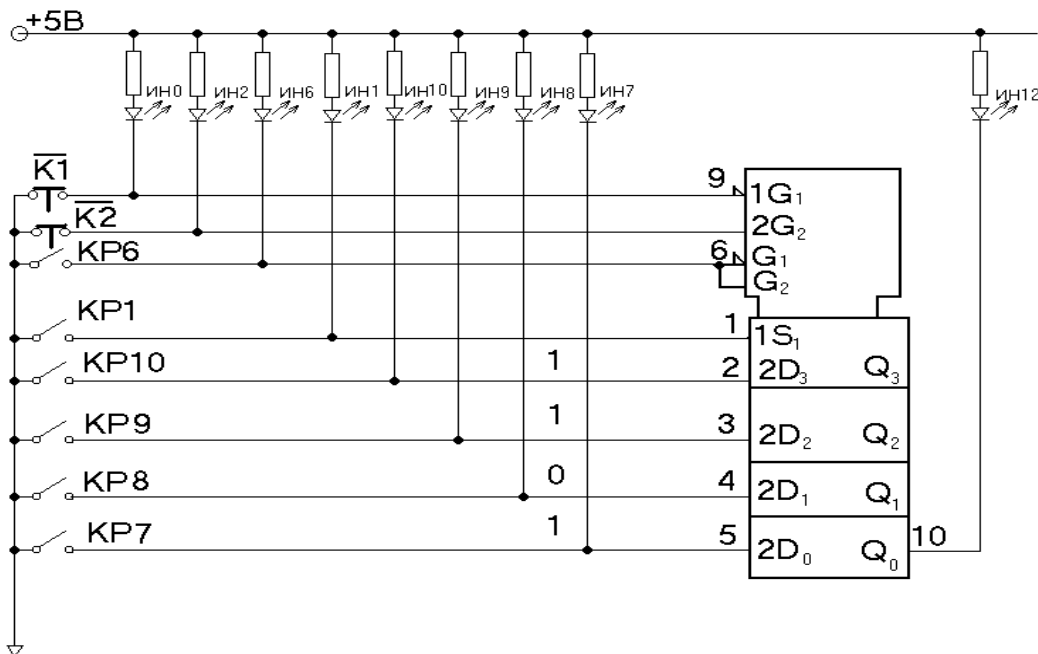
№ импульса C_1	S	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0 – начальное состояние сразу после загрузки	1	1	1	0	1
1	0				
2	1				
3	1				
4	0				
5	0				
6	0				
7	0				
8	0				

Как, пользуясь экраном, который показывает только состояние Q_0 , выяснить, какое число было записано в регистр?

4) PISO

В этом случае вначале регистр нужно перевести в режим загрузки. Для чего $\overline{SH/LD} = 1$, при этом активизируется вход $2G_2$ и тактовый вход $2C_2$. Необходимо также установить $S = 1$ (как в случае PIPO). Установить на входах $D_3 \dots D_0$: старший бит на D_3 , младший на D_0 . Задать импульс на входе C_2 , в результате число записывается в регистр.

После этого регистр нужно перевести в режим сдвига, задав $\overline{SH/LD} = 0$, чем активизируется также тактовый вход C_1 . Сдвиг информации на один разряд происходит после каждого тактового импульса.



Задание:

Ввести параллельно двоичное число 1101. Зарисуйте состояние экрана после ввода, затем после 1-го, 2-го, 3-го импульса.

Составьте таблицу:

№ импульса C_1	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0 – начальное состояние сразу после загрузки	1	1	0	1
1				
2				
3				
4				

Двоичный счётчик четырёхразрядный К155ИЕ5, КМ155ИЕ5

Микросхема К155ИЕ5 является асинхронным счётчиком пульсаций. Структурная схема и цоколёвка показаны на рисунке. Счётчик ИЕ5 имеет две части: делитель на два (вывод Q_1 , тактовый выход $\overline{C_0}$) и делитель на восемь (выходы Q_1-Q_3 ; тактовый выход $\overline{C_1}$).

Если микросхема К155ИЕ5 применяется как счётчик-делитель на 16, необходимо соединить выходы 1 и 12. При этом последовательность счёта от 0 до 15 (т.е. последовательность смены логических уровней на выводах Q_0-Q_3) будет соответствовать таблице.

Микросхема К155ИЕ5 потребляет ток питания 53 мА и работает с тактовой частотой 10МГц. Микросхема К155ИЕ5 впаяна в плату, которая вставляется в приёмную розетку Стенда Проверки Модулей (СПМ).

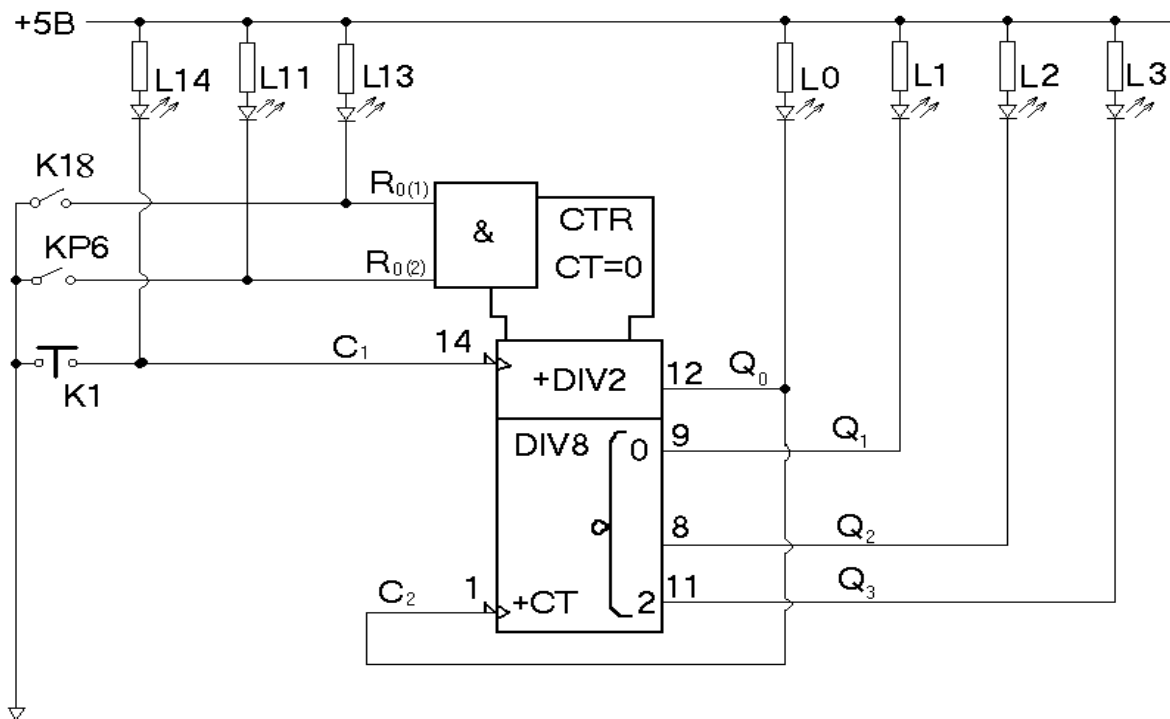
Сброс всех выходов в «0» осуществляется по входам $R_{0(1)}$ и $R_{0(2)}$ при одновременной установке на них уровня логической «1».

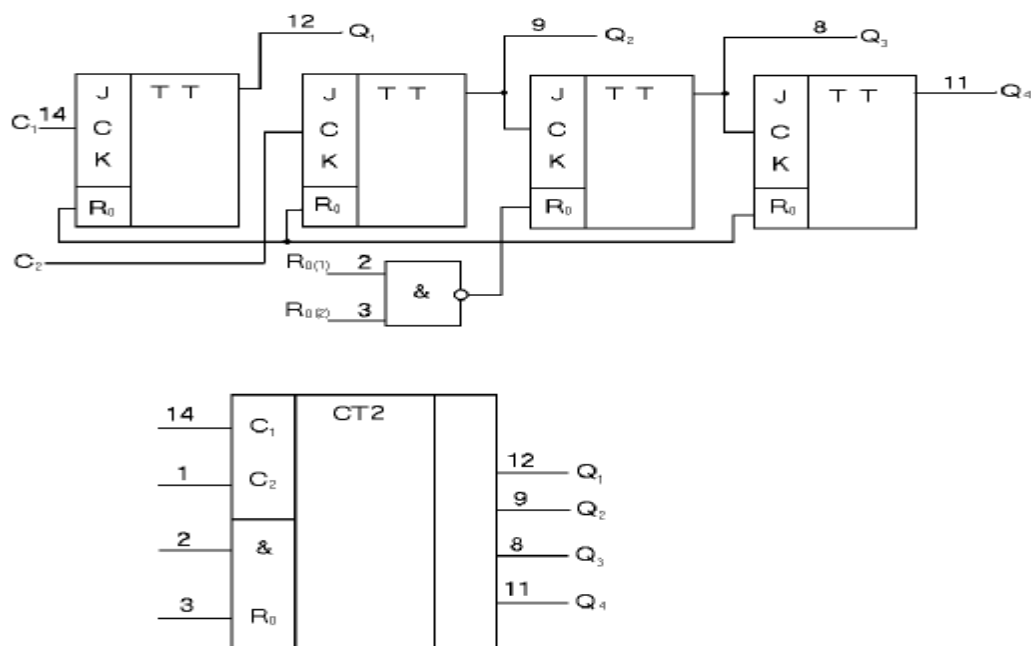
При счёте на одном из входов установки $R_{0(1)}$ и $R_{0(2)}$ (или на обоих) должен присутствовать потенциал логического «0».

При введении платы в СПМ выводы микросхемы соединяются с гнездами прибора, а именно:

Двоичный счётчик четырёхразрядный К155ИЕ5 (впаян в плату)

1	АА3	C_2	АБ5	ИН0	
2	АА4	КР18		ИН13	Вход установки «0» - $R_{0(1)}$
3	АА5	КР19		ИН11	Вход установки «0» - $R_{0(2)}$
4	Свободный				
5	АБ1	+5В питание			
6	Свободный				
7	Свободный				
8	АБ9			ИН2	Q_3 -ВЫХОД
9	АБ8			ИН1	Q_2 -ВЫХОД
10	АБ3	Общий, \perp			
11	АБ6			ИН3	Q_4 -ВЫХОД
12	АБ5		АА3	ИН0	Q_1 -ВЫХОД
13	Свободный				
14	АБ7			ИН14	К1 C_1 -вход счётный





Выход Q_1 соединить со входом C_2 .

Сброс всех выходов в «0» осуществляется по входам $R_{0(1)}$ и $R_{0(2)}$ при одновременной установке на них уровня логической «1».

При счёте на одном из входов установки $R_{0(1)}$ и $R_{0(2)}$ (или на обоих) должен присутствовать потенциал логического «0».

К555ИВ3 – Шифратор

Он принимает напряжения логических уровней по девяти входам $\bar{I}1 \div \bar{I}9$ и генерирует выходной двоично-десятичный код на выходах $\bar{A}0 \div \bar{A}3$.

Когда на один из входов $\bar{I}1 \div \bar{I}9$ подано напряжение низкого уровня, на выходах $\bar{A}0 \div \bar{A}3$ появляется соответствующий двоичный код (активные уровни – низкие). Входы $\bar{I}1 \div \bar{I}9$ приоритетные, наибольший приоритет у входа $\bar{I}9$.

Шифратор имеет только девять входов данных, входа нуля нет; нуль кодируется на выходе, если на все девять входов поступили только напряжения высокого уровня.

Микросхема К555ИВ3 потребляет ток 70 мА. Время задержки распространения сигнала от любого входа до выхода 19 нс (при ёмкости нагрузки 15нФ и сопротивлении $R_k = 400\text{Ом}$). Микросхема К555ИВ3 вставляется в сменную панельку с 16-ю выводами, расположенную на плате, которую вставляют в стенд проверки модулей (СПМ). Контакты платы соединяются с коммутатором СПМ и могут быть соединены с клавишными регистрами (КР) и светодиодными индикаторами (ИН) следующим образом:

Номера выводов				
1	$\bar{I}4$	АА3	КР4	ИН4
2	$\bar{I}5$	АА4	КР5	ИН5
3	$\bar{I}6$	АА5	КР6	ИН6
4	$\bar{I}7$	АА6	КР7	ИН7
5	$\bar{I}8$	АА7	КР18	ИН8
6	$\bar{A}2$	АА8		ИН14
7	$\bar{A}1$	АА9		ИН13
8		АА10	Корпус, \perp .	
9	$\bar{A}0$	АБ8		ИН12
10	$\bar{I}9$	АБ7	КР9	ИН9
11	$\bar{I}1$	АБ6	КР1	ИН1
12	$\bar{I}2$	АБ5	КР2	ИН2
13	$\bar{I}3$	АБ4	КР3	ИН3
14	$\bar{A}3$	АБ10		ИН15
15		АБ2		
16		АБ9, “+5В”, питание		

СОСТОЯНИЯ ШИФРАТОРА К55ИВ3

Вход									Выход			
\bar{I}_1	\bar{I}_2	\bar{I}_3	\bar{I}_4	\bar{I}_5	\bar{I}_6	\bar{I}_7	\bar{I}_8	\bar{I}_9	\bar{A}_3	\bar{A}_2	\bar{A}_1	\bar{A}_0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
×	×	×	×	×	×	×	×	0	0	1	1	0
×	×	×	×	×	×	×	0	1	0	1	1	1
×	×	×	×	×	×	0	1	1	1	0	0	0
×	×	×	×	×	0	1	1	1	1	0	0	1
×	×	×	×	0	1	1	1	1	1	0	1	0
×	×	×	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
×	×	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
×	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Р1	КР2	КР3	КР4	КР5	КР6	КР7	КР8	КР9				
ИН1	ИН2	ИН3	ИН4	ИН5	ИН6	ИН7	ИН8	ИН9	ИН15	ИН14	ИН13	ИН12

Дешифраторы

Дешифраторы предназначены для преобразования двоичного кода в напряжение логического уровня, появляющееся в том выходном проводе, десятичный номер которого соответствует двоичному коду. Например, входной код 1001 должен сделать активным провод с номером №9. Во всех остальных проводах дешифратора сигналы должны быть нулевыми.

Дешифраторы различаются по ёмкости (2, 3, 4 бита), числу каналов (один или два), а так же форматом выходного кода (двоичный или двоично-десятичный). Многие дешифраторы можно применять как мультиплексоры (коммутаторы – многопозиционные цифровые переключатели).

Микросхема КМ155ИД4 – два дешифратора, принимающих двухразрядный код адреса А0 и А1. Дешифратор DCA имеет два входа разрешения: прямой E_a и инверсный \bar{E}_a , а дешифратор DCB – только инверсные входы разрешения дешифрации \bar{E}_b .

Микросхема КМ155ИД4 вставляется в сменную панельку с 16-ю выводами, которые соединяются со входами коммутатора, клавишными регистрами (КР) и индикаторными светодиодами (ИН) следующим образом:

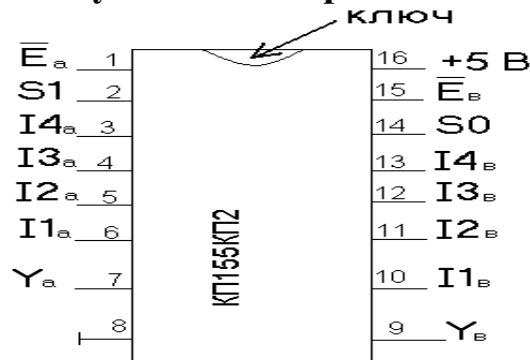
Мультиплексоры ТТЛ

Мультиплексоры – цифровые много защищенные переключатели, по-другому - коммутаторы. У мультиплексора может быть, например, 16 входов и один выход. Это означает, что если к этим 16 входам присоединены 16 источников цифровых сигналов – генераторов последовательных цифровых слов, то байты от генераторов можно передавать в единственный выходной провод. Для этого нужен нам вход требуется выбрать, подав на четыре входа селекции (т.е. выбора номера канала: напомним: $2^4 = 16$) двоичный код адреса. Так, для передачи на выход данных от канала номер 9 следует установить код адреса 1001. Мультиплексоры способны выбирать, селектировать определённый канал. Поэтому их иногда называют селекторами. Используется и другое название: селекторы-мультиплексоры.

Мультиплексоры ТТЛ различаются по числу входов, по способам адресации, наличием входов разрешения и инверсных выходов.

Микросхема K155КП2 – четырёхходовых мультиплексора, имеющих общие входы выбора S0 и S1.

Двойной мультиплексор и его цоколёвка.



У мультиплексоров MSA и MSB есть собственные входы разрешения \bar{E}_a и \bar{E}_b (активный уровень низкий). От выхода каждого мультиплексора получаем код в не инверсной форме. Входы разрешения можно независимо использовать для стробирования выходов Y: если на вход \bar{E} дать напряжение высокого уровня, т.е. «1», логический уровень на выходе Y станет низким, т.е. «0», независимо от сигнальных и адресных входов.

Если вход \bar{E} активный (присутствует напряжение низкого уровня, т.е. «0»), на выходе Y отображается тот уровень, который присутствует на выбираемом входе.

Эквивалент микросхемы K155КП2 – четырёхпозиционный переключатель на два направления, управляемый по двум входам выбора. Для такого переключателя-мультиплексора выполняется логическое уравнение:

$$Y = \bar{E}(I1\bar{S}1 + I2\bar{S}1S0 + I3S1\bar{S}0 + I4S1S0), \bar{E} \text{ принимает значения «0» либо «1»}.$$

Кроме обычных применений (например, для коммутации кодов от группы регистров на общую шину данных), мультиплексор К155КП2 может служить функциональным генератором от трёх переменных I, A, B.

Микросхема К155КП2 вставляется в панельку с 16-ю выводами, расположенную на плате, которую вставляют в стенд СПМ. Контакты платы соединяются с коммутатором СПМ и могут быть соединены с клавишными регистрами (КР) и светодиодными индикаторами (ИН) следующим образом:

Мультиплексор К155КП2.

1	AA3	\bar{E}_a	КР0	ИН0
2	AA4	S1	КР14	ИН14
3	AA5	$I4_a$	КР4	ИН4
4	AA6	$I3_a$	КР3	ИН3
5	AA7	$I2_a$	КР2	ИН2
6	AA8	$I1_a$	КР1	ИН1
7	AA9	Y_a	выход а	ИН7
8	AA10	корпус ↓		
9	AB8	Y_b	КР10	ИН9
10	AB7	$I1_b$	КР11	ИН10
11	AB6	$I2_b$	КР12	ИН11
12	AB5	$I3_b$	КР13	ИН12
13	AB4	$I4_b$	КР15	ИН13
14	AB10	S0	КР0	ИН15
15	AB2	\bar{E}_b		ИН0
16	AB9	питание +5В		

Задавая клавишными регистрами КР15 значения S0, КР14 – S1, выходами разрешения \bar{E}_a и \bar{E}_b (объединены) – регистрами КР0, задавая на соответствующих входах уровни, «0» либо «1», получаем таблицу состояний мультиплексора К155КП2:

Выбор входа		Вход данных					Выход Y_a
S0	S1	\bar{E}	$I1_a$	$I2_a$	$I3_a$	$I4_b$	
×	×	1	×	×	×	×	0
0	0	0	0	×	×	×	0
0	0	0	1	×	×	×	1
1	0	0	×	0	×	×	0
1	0	0	×	1	×	×	1
0	1	0	×	×	0	×	0

0	1	0	×	×	1	×	1
1	1	0	×	×	×	0	0
1	1	0	×	×	×	1	1
КР15	КР14	КР0	КР1	КР2	КР3	КР4	
ИН15	ИН14	ИНО	ИН1	ИН2	ИН3	ИН4	ИН7

Задание:

Устанавливая на выходах данных значения $I_{1в}$, $I_{2в}$, $I_{3в}$, $I_{4в}$, получите таблицу состояний для выхода $Y_{в}$.

Выбор входа		Вход данных					Выход
S_0	S_1	\bar{E}	$I_{1а}$	$I_{2а}$	$I_{3а}$	$I_{4в}$	$Y_{а}$
КР15	КР14	КР0	КР10	КР11	КР12	КР13	
ИН15	ИН14	ИНО	ИН10	ИН11	ИН12	ИН13	ИН9

СУММАТОР ТТЛ

Сумматоры – устройства, осуществляющие основную арифметическую организацию - суммирование чисел в двоичном коде. Простейший случай – суммирование двух разрядных чисел: $0+0=0$, $1+0=1$, $0+1=1$, $1+1=10$. В последнем случае выходное число 10 (в десятичной записи это 2) оказалось двухразрядным. Появившаяся в старшем разряде единица называется единицей переноса.

Полный сумматор должен иметь вход для приёма сигнала переноса C_n (где n – число разрядов в суммируемых словах). В присутствии входной единицы переноса C_n сумма чисел A и B увеличивается на 1.

Полные сумматоры многоразрядных чисел составляются из одnorазрядных и могут складывать многоразрядные числа двумя способами: параллельным и последовательным.

В параллельном сумматоре поразрядно (параллельно) суммируется два слова: A_0 с разрядом B_0 , A_1 с B_1 и т.д. При этом в каждом элементарном сумматоре получается парциальные суммы $\sum 0$, $\sum 1$...и сигналы внутреннего переноса C_{n+1} , которые последовательно поступают на вход переноса C_n более старшего сумматора. Данное устройство нетрудно сделать любой длины, однако суммирование будет закончено лишь тогда, когда истечёт время распространения сигнала переноса через всю цепь одnorазрядных сумматоров.

Сумматор К155ИМ2 – микросхема с 14-ю выводами вставляется в панельку, расположенную на сменной плате. Плату вставляют в разъём Стенда Проверки Модулей (СПМ). Схема соединений выводов микросхемы

К155ИМ2 с контактами центрального коммутатора СПМ, индикаторными светодиодами ИН, клавишными регистрами КР представлена в таблице.

Двухразрядное двоичное число А0А1 задаётся клавишными регистрами КР5 и КР6. Второе суммируемое число В0В1 задаётся клавишными регистрами КР10 и КР11.

Входной сигнал переноса C_n (от предыдущего разряда) задаётся клавишным регистром КР14. Результат суммирования отображается:

- сумма младших разрядов – индикатором ИН0
- сумма старших разрядов – индикатором ИН1
- выходной сигнал переноса C_{n+1} - ИН3

Задавая число А0А1 клавишными регистрами и число В0В1, произвести суммирование в соответствии с таблицей состояний сумматора К155ИМ2.

Сумматор без дополнительных инверсных и управляющих входов К155ИМ2.

В колонках $\sum 0$ отображается сумма младших разрядов А0 и В0,

В колонках $\sum 1$ - старших А1 и В1.

$\sum 0$	1	АА3		ИН0	ВА3	
А0	2	АА4	КР5	ИН5	ВА4	
В0	3	АА5	КР10	ИН10	ВА5	
+5В	4	АА6	Питание +5В		ВА6	
C_n	5	АА7			ВА7	
	6		КР14	ИН14		
	7					
	8					
	9					
C_{n+1}	10	АБ7		ИН3	ВБ7	
\perp	11	АБ6	Общий \perp		ВБ6	
$\sum 1$	12	АБ5		ИН1	ВБ5	
В1	13	АБ4	КР11	ИН11	ВБ4	
А1	14	АБ17	КР6	ИН6	ВБ17	
	№ выходов микросхемы					

Состояния сумматора К155ИМ2.

КР 5	КР10	КР6	КР11	КР14				КР14		
A0	↑ B0 ↑	A1	B1	Выход						
				$C_n=0$				$C_n=1$		
				\sum^0	\sum^1	C_{n+1}	\sum^0	\sum^1	C_{n+1}	
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	
0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	
1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	
0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	
0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	
				ИНО	ИН1	ИН3	ИНО	ИН1	ИН3	
1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	

Суммирование происходит согласно уравнению:

$$C_n + 2^0(A0 + B0) + 2^1(A1 + B1) + 2^2(A2 + B2) + \dots = 2^0 \sum^0 + 2^1 \sum^1 + 2^2 C_{n+1}$$

Задание: сложить два числа:

- 3+1=
- 2+3=
- 6+1=3+3+1=

Содержание

1. Введение	3
2. Устройство стенда проверки модулей (СПМ)	4
3. Микросхемы серии К155, КМ155	5
4. Микросхемы серии К555	6
5. Микросхемы серии К1533	7
6. Микросхемы серии К176	8
7. Микросхемы серии К561	9
8. Микросхемы серии К537	11
9. “Основные логические функции: И, ИЛИ, НЕ”.	13
10. “Логические функции: И-НЕ, ИЛИ-НЕ”.	??
11. “Исключающее ИЛИ ”.	24
12. RS-триггер.	27
13. Универсальный JK-триггер.	30
14. D-триггер.	31
15. “Универсальный регистр сдвига”.	33
16. Двоичный счётчик.	39
17. Шифратор.	42
18. Дешифратор.	43
19. Мультиплексор.	45
20. Сумматор ТТЛ.	47

Составители: *Захаров Владимир Иванович*
Сбитнев Юрий Прокофьевич

Редактор: *Тихомирова О.А..*