

Типовой комплект учебного оборудования «Элементы систем автоматики» предназначен для применения в процессе обучения в средних специальных и высших учебных заведениях при изучении дисциплин «Цифровая электроника», «Микроэлектроника», «Электронные цепи и микросхемотехника», «Электронные промышленные устройства», «Цифровые устройства». Комплект может быть использован также для применения в процессе обучения в профессионально-технических училищах и отраслевых учебных центрах повышения квалификации инженерно-технических работников.

1. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

1. На металлических корпусах приборов может, при нарушении изоляции, возникнуть опасное для жизни человека напряжение. В связи с этим **запрещается** самостоятельно **вскрывать** переднюю панель комплекта и производить электромонтажные работы.

2. Подавать питание на комплект следует только после проверки правильности собранной схемы преподавателем или лаборантом.

3. При выполнении лабораторных работ **запрещается** производить какие-либо действия на комплекте, не имея допуска на выполнение данной работы.

4. **Запрещается** подавать питание на комплект, несоединенный с контуром рабочего заземления помещения лаборатории.

5. **Запрещается** подключать к комплекту оборудование, непредусмотренное техническим описанием и методическими указаниями.

6. **Запрещается** производить какие-либо переключения на комплекте при включенном питании (кроме предусмотренных в указаниях к выполнению лабораторных работ).

Порядок выполнения лабораторных работ

1. Вход в лабораторию допускается только по разрешению преподавателя.

2. На первом занятии преподаватель:

- делит группу на подгруппы по 2-3 человека;
- закрепляет каждую подгруппу за рабочим местом (столом) в лаборатории, которое не меняется в течение всего семестра;
- проводит инструктаж по технике безопасности;
- напоминает студентам о необходимости бережного отношения к лаборатории и о материальной ответственности каждого из них за сохранность оборудования и обстановки лаборатории.

В завершение инструктажа студенты расписываются в лабораторном журнале в порядке подгрупп (номер подгруппы – номер лабораторного стола).

3. При ознакомлении с рабочим местом проверить наличие необходимых приборов и соединительных проводников (в случае отсутствия какого-либо комплектующего элемента типового комплекта необходимо немедленно сообщить об этом преподавателю или техническому персоналу).

4. Приступить к лабораторной работе после проверки подготовки студента к выполнению лабораторной работы в виде коллюквиума (теста).

5. Перед сборкой цепи проверить, чтобы все приборы на рабочем столе были выключены.

6. Собрав электрическую (монтажную) схему, необходимо пригласить преподавателя для её проверки, после чего начинать выполнение лабораторной работы.

7. Если во время проведения опыта замечены какие-либо неисправности оборудования, необходимо немедленно сообщить об этом преподавателю или техническому персоналу.

8. После выполнения измерений, необходимо показать полученные результаты с экспериментальными данными преподавателю, после чего электрическую схему можно разбирать. Перед разборкой схемы необходимо выключить источники питания.

9. После окончания лабораторной работы рабочее место привести в порядок.

Методические указания к выполнению лабораторных работ

1. К выполнению работы необходимо подготовиться до начала занятия в лаборатории. Кроме описания работы в данном учебном пособии, используйте рекомендованную литературу и конспект лекций. При подготовке полезно продумывать ответы на контрольные вопросы. К выполнению работы допускаются только подготовленные студенты.

2. Перед подачей напряжения на комплект перевести ручку регулировки выходного напряжения модуля «Модуль питания и измерений» влево до упора.

3. При проведении эксперимента результаты измерений и расчетов записывайте четко и кратко в заранее подготовленные таблицы.

4. При обработке результатов измерений:

- а) помните, что точность расчетов не может превышать точности результатов прямых измерений;
- б) результаты измерений записывайте в виде доверительного интервала.

5. Отчеты по лабораторным работам оформляются согласно требованиям единого стандарта конструкторской документации (ЕСКД) и должны включать в себя следующие пункты:

- дата выполнения лабораторной работы, список студентов выполнявших данную лабораторную работу;
- черновик с измерениями, выполненными в лаборатории, подписанный преподавателем;
- название лабораторной работы и её цель;
- используемое оборудование;
- ход выполнения лабораторной работы;
- исходные данные (схемы, значения параметров, типы устройств и элементов),
- таблицы измерений и расчётных данных, таблицы истинности, таблицы режимов работы;
- краткие выводы по каждой работе, анализ полученных данных;
- обобщающий вывод по всей лабораторной работе – краткое заключение о результатах работы, согласующееся с её целью. Вывод должен содержать:

- основные численные результаты работы;
- погрешность измерений, в случае относительной погрешности более 15% обязательны анализ и указание причин, приведших к снижению точности эксперимента;
- анализ результатов:

- сравнение опытных зависимостей (графиков) с теоретическими;
- сравнение полученных экспериментальных значений с табличными, с обязательными ссылками на источники информации;
- сопоставление расчетных и экспериментальных данных, расхождений с точностью измерений;
- список литературы.

6. К выполнению следующей лабораторной работы без сдачи отчета о предыдущей работе студент не допускается.

Лабораторная работа №1

Изучение способов задания логических уровней, сигналов и их индикации

Цель работы: изучение способов задания логических сигналов и их индикации.

Оборудование: модуль «Задание сигналов и логические элементы» (рисунок 1.11), модуль «Модуль питания и измерений», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Теоретической основой проектирования цифровых устройств является алгебра логики, или алгебра Д. Буля, оперирующая двумя логическими высказываниями «истина» и «ложь», которые обозначаются соответственно символами 1 и 0. Далее по тексту их называют соответственно логической единицей и логическим нулем. Два этих элемента булевой алгебры называются её константами. Для того, чтобы описать при помощи булевой алгебры поведение и структуру цифровой схемы, её входным, выходным и внутренним узлам ставят в соответствии булевы переменные, которые могут принимать только два значения:

$X = 0$, если $X \neq 1$,

$X = 1$, если $X \neq 0$.

Логическая переменная может обозначать любую физическую величину. Так же в булевой алгебре существует понятие логического уровня, который может быть высоким или низким.

Активным логическим уровнем называется такое значение входной переменной, которое однозначно определяет выходной сигнал логического элемента.

Наиболее часто в цифровых схемах применяются логические элементы, реализующие следующие логические функции:

1. *Инвертор* – реализует функцию логического отрицания или инверсии, которая часто обозначается как НЕ. Инвертор осуществляет дополнение логического состояния, т.е. логическая 1 на входе вызывает логический 0 на выходе и наоборот. На условно-графическом обозначении (УГО) инверсия показывается кружком (рисунок 1.1)

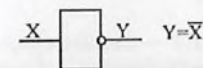


Рисунок 1.1 — УГО инвертора.

Логические функции могут задаваться различными способами, из которых наиболее часто используются три:

- 1) аналитическое представление функции (для НЕ — $Y = \bar{X}$);
- 2) табличный способ, когда функция задается в виде таблицы истинности (рисунок 1.2);

X	Y
0	1
1	0

Рисунок 1.2 — Таблица истинности логического элемента НЕ.

- 3) способ временных диаграмм (рисунок 1.3).

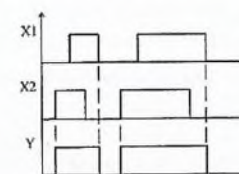


Рисунок 1.3 — Временная диаграмма логического элемента ИЛИ.

2. *Логический элемент ИЛИ* – реализует функцию логического сложения (дизъюнкции). На выходе элемента ИЛИ появляется логическая 1, если хотя бы один его вход находится в состоянии логической 1 (рисунок 1.4).

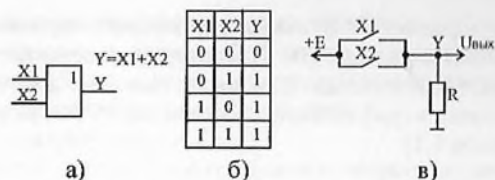


Рисунок 1.4 — Логический элемент ИЛИ:
а) УГО; б) таблица истинности; в) контактный эквивалент.

3. Логический элемент И — реализует функцию логического умножения (конъюнкции). На выходе элемента появляется логическая 1, если все его входы находятся в состоянии логической 1 (рисунок 1.5).

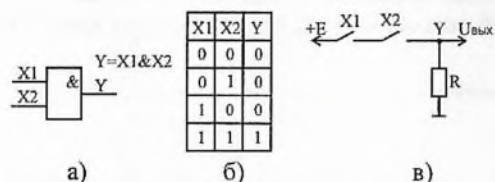


Рисунок 1.5 — Логический элемент И:
а) УГО; б) таблица истинности; в) контактный эквивалент.

4. Логический элемент И-НЕ (Штрих Шеффера). На выходе элемента появляется логический 0, если все входы находятся в состоянии логической 1. Любая другая комбинация входов вызывает появление на выходе логической 1 (рисунок 1.6).

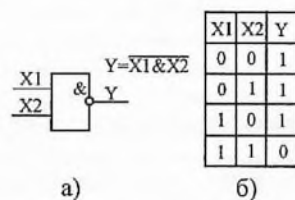


Рисунок 1.6 — Логический элемент И - НЕ:
а) УГО; б) таблица истинности.

5. Логический элемент ИЛИ-НЕ (Стрелка Пирса). На выходе элемента появляется логическая 1, если все его входы находятся в состоянии логического 0. Любая другая комбинация входов вызывает появление на выходе логического 0 (рисунок 1.7).

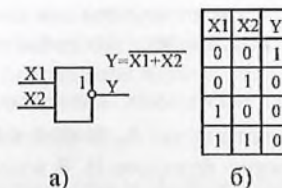


Рисунок 1.7 — Логический элемент ИЛИ - НЕ:
а) УГО; б) таблица истинности.

Элементы «И - НЕ» и «ИЛИ - НЕ» являются универсальными или базовыми элементами, т.к. с их помощью можно представить любой другой логический элемент.

6. Логический элемент — Исключающее ИЛИ (рисунок 1.8). На выходе элемента исключающее ИЛИ присутствует логическая 1, если состояния входов неравнозначны, поэтому элемент исключающее ИЛИ называют элементом неравнозначности.

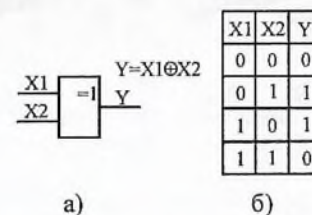


Рисунок 1.8 — Логический элемент исключающее ИЛИ:
а) УГО; б) таблица истинности.

7. Логический элемент — И-НЕ с открытым коллектором (рисунок 1.9). При его применении необходимо выход подтягивать постоянным сопротивлением к шине +5В.

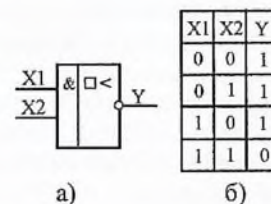


Рисунок 1.9 — Логический элемент И-НЕ с открытым коллектором:
а) УГО; б) таблица истинности.

Отметим, что инверторы имеют только один вход, элемент «исключающее ИЛИ» — два входа, а все остальные логические элементы могут иметь, в общем случае, n -входов.

8. *Схемное И*. Выходы нескольких элементов с открытым коллектором можно присоединить к общей нагрузке R_H (рисунок 1.10). Такое соединение позволяет реализовать логическую функцию И. В точке объединения сигналов от входов Y_1 и Y_2 напряжение высокого уровня появляется лишь в случае $Y_1=Y_2=1$. Чтобы оно появилось, оба выходных транзистора должны быть разомкнутыми. Такую функцию часто называют «монтажное И», «проволочное И». Схему часто используют для увеличения числа входов логического элемента И.

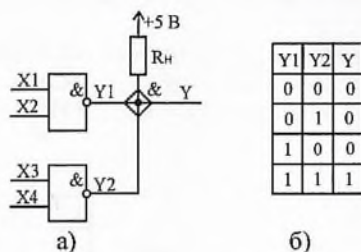


Рисунок 1.10 — Схемное И:
а) схема; б) таблица истинности.

9. Статические характеристики и динамические параметры логических элементов.

Амплитудно-передаточная характеристика соответствует характеристике инвертирующего усилителя. Она измеряется при подаче на все входа элемента, кроме исследуемого, пассивных логических уровней и характеризует изменение напряжения на выходе элемента при плавном изменении от 0 до U_H напряжения на исследуемом входе, при условии, что нагрузка на выходе остается постоянной.

Выходная характеристика отражает изменение выходного напряжения логического элемента от тока, протекающего в цепи нагрузки при неизменной комбинации входных логических переменных.

Входная характеристика отражает зависимость входного тока одного из входов логического элемента от изменения его входного напряжения при условии, что на все остальные входы поданы значения пассивного логического уровня, а нагрузка на выходе постоянна.

Динамические параметры микросхем: время задержки распространения и длительность переключения выходного сигнала.

Временем задержки распространения называется временной интервал между перепадами входного и выходного напряжений, измеренный по заданному их уровню.

Длительностью переключения выходного сигнала называется временной интервал, в течение которого выходное напряжение логического элемента меняется от 0,1 до 0,9 значения напряжения логического перепада.

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Задание сигналов и логические элементы». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 1.11.

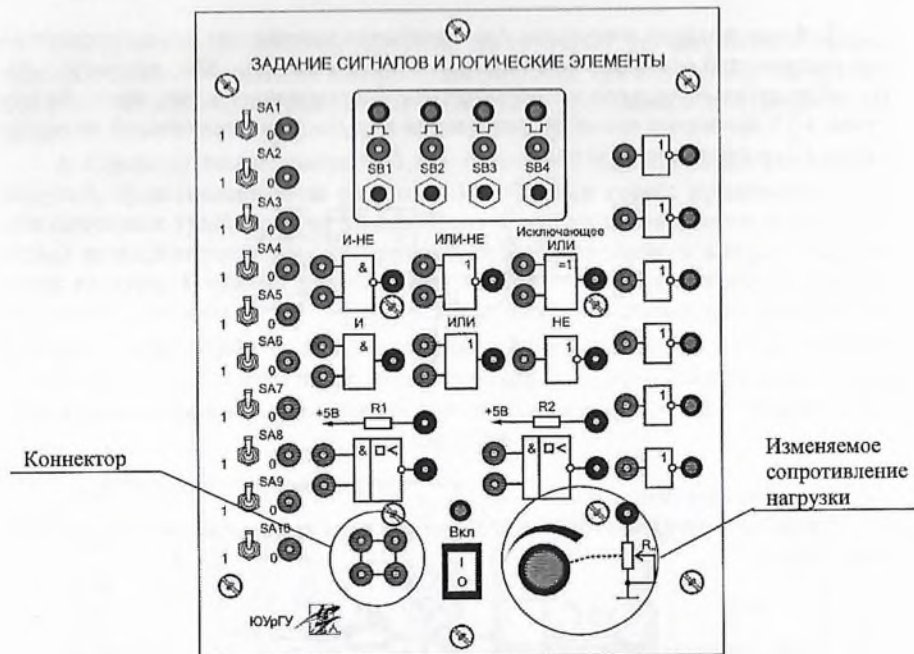


Рисунок 1.11 — Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Задание сигналов и логические элементы».

На лицевой панели нанесены УГО логических элементов. В качестве индикаторов логического уровня используются светодиоды, подключенные к выходам буферных элементов. Свечение светодиода соответствует наличию логического нуля на буферном выходе.

Условно лицевая панель модуля разбита на несколько функциональных полей.

Поле логических элементов

Предназначено для выполнения лабораторных работ, связанных с изучением базовых логических элементов, используемых в цифровой электронике.

Поле задания логических сигналов

Предназначено для:

1. задания логических уровней («0» или «1»), при помощи переключателей SA1...SA10);

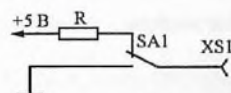


Рисунок 1.12 — Схема электрическая принципиальная задания логического уровня.

2. Формирования импульсов без «дребезга» положительной и отрицательной полярностей осуществляется при помощи кнопок SB1...SB4, для визуального наблюдения импульсов введены четыре светодиодных индикатора. На рисунке 1.13 приведена схема формирования импульса положительной полярности на K1, и отрицательной на K1.

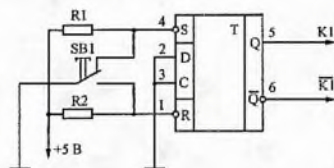


Рисунок 1.13 — Схема электрическая принципиальная формирования сигнала без дребезга.

Поле индикации

Предназначено для визуального отображения состояний выходов логических схем.

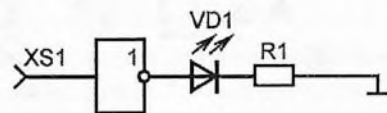


Рисунок 1.14 — Схема электрическая принципиальная элемента блока индикации.

Подача напряжения на элементы модуля осуществляется включением тумблера питания.

Коммутация между логическими элементами, устройствами задания уровней и индикации производится при помощи соединительных проводников, входящих в состав комплекта.

Для разветвления логического сигнала используется коннектор (рисунок 1.11; 1.15).

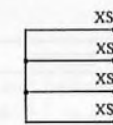


Рисунок 1.15 — Схема электрическая принципиальная коннектора.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 1.12) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 1.16. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. При выполнении лабораторной работы необходимо выходы ключей SA при помощи соединительных проводников соединить с вольтметром PV модуля питания и измерений. Данные $U_{\text{вых}}$ заносить в таблицу 1.1. Аналогично заполнить таблицу 1.2 для кнопок формирования импульсов (SB).

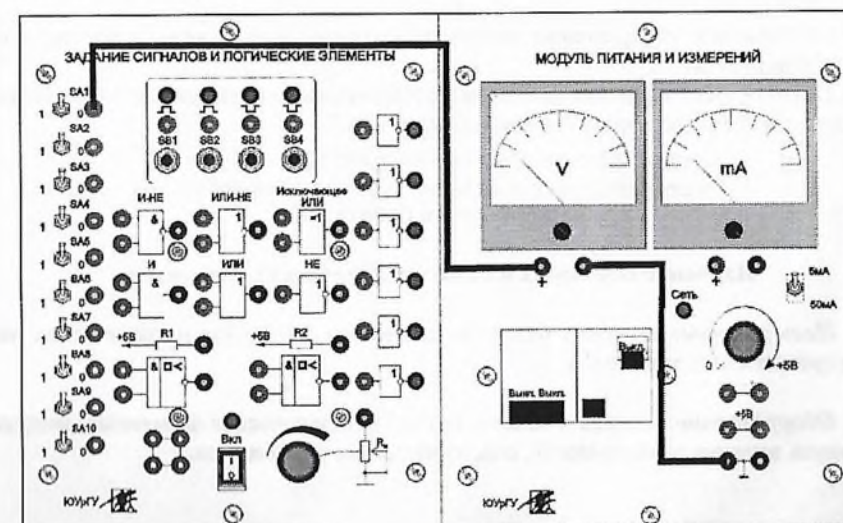


Рисунок 1.16 — Схема электрическая соединений комплекта для измерения уровня напряжения логической «1» и логического «0».

SA ключи	
Положение тумблера	$U_{\text{вых}}, \text{В}$
1	
0	

Таблица 1.1

SB кнопки	
Состояние кнопок	$U_{\text{вых}}, \text{В}$
нажата	
не нажата	

Таблица 1.2

3. Сделать вывод о способе задания логических уровней, сигналов и их индикации.

4. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо выключить питание комплекта, разобрать схему, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение логической переменной. Какие значения она может принимать?

2. Что общего и каковы различия потенциального и импульсного способов задания логического нуля и логической единицы?

Лабораторная работа №2

Изучение основных и базовых логических элементов

Цель работы: изучение базовых логических элементов и статических параметров базовых элементов.

Оборудование: модуль «Задание сигналов и логические элементы», модуль «Модуль питания и измерений», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Перед выполнением лабораторной работы, необходимо ознакомиться с теоретической частью лабораторной работы №1.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 2.1) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 2.2, для изучения характеристик логического элемента И. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** PV – вольтметр модуля питания и измерений, PA – амперметр модуля питания и измерений. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы логического элемента соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы») и с потенциометром модуля «Модуль питания и измерений».

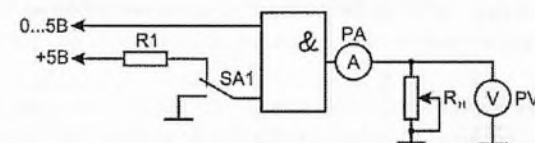


Рисунок 2.1 — Схема электрическая принципиальная для изучения характеристик логического элемента И.

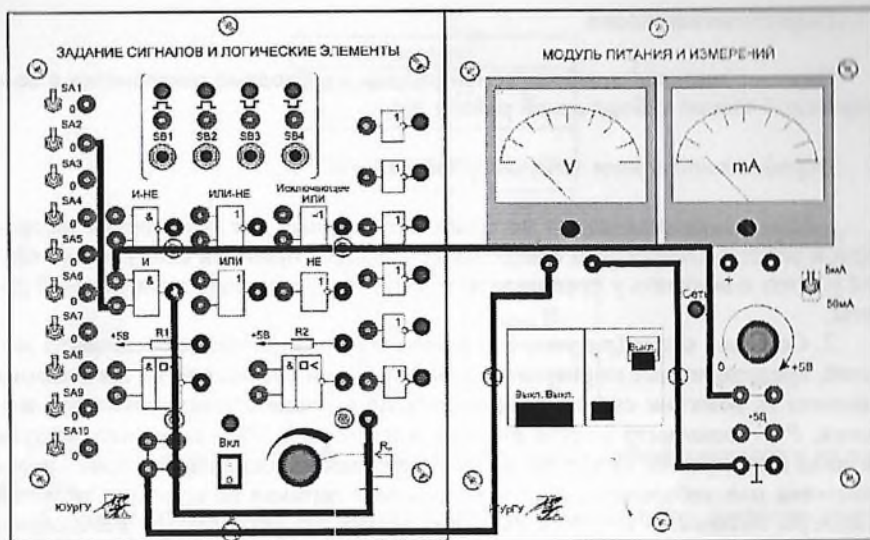


Рисунок 2.2 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения характеристик логического элемента И.

3. Установить переменный резистор R_H в максимальное положение.

3.1 Снять амплитудную передаточную характеристику (далее АПХ) логических элементов.

3.1.1 Изменяя входное напряжение от 0В до 5В, не изменяя нагрузки R_H , контролировать выходное напряжение базовых логических элементов. Данные выходных ($U_{ВЫХ}$) и входных ($U_{ВХ}$) напряжений заносить в таблицу 2.1. Число снимаемых точек должно быть достаточным для построения АПХ.

$U_{ВХ}, В$	$U_{ВЫХ}, В$
0	
...	
5	

Таблица 2.1

3.2 Снять выходную характеристику базовых логических элементов.

3.2.1 Изменяя ток, протекающий в цепи нагрузки (вращая ручку регулировки переменного резистора R_H) при неизменной комбинации входных логических переменных, контролировать выходное напряжение базовых логических элементов вольтметром PV и ток нагрузки амперметром PA (рисунок 2.1). Данные тока нагрузки I_H и выходного напряжения $U_{ВЫХ}$ заносить в таблицу 2.2.

Число снимаемых точек должно быть достаточным для построения выходной характеристики.

Таблица 2.2

$I_H, А$	$U_{ВЫХ}, В$
I_1	
...	
I_n	

3.3 Снять входную характеристику базовых логических элементов.

3.3.1 Согласно схеме (рисунок 2.3) выполнить электрические соединения модулей. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

PV – вольтметр модуля питания и измерений, PA – амперметр модуля питания и измерений. Изменяя входное напряжение одного из входов базового логического элемента, при условии, что на все остальные входы поданы значения пассивного логического уровня при постоянной нагрузке на выходе элемента, контролировать входной ток. Данные входных напряжений $U_{ВХ}$ и входных токов $I_{ВХ}$ заносить в таблицу 2.3. Число снимаемых точек должно быть достаточным для построения входной характеристики.

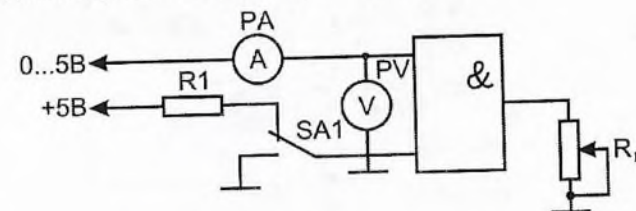


Рисунок 2.3 — Схема электрическая принципиальная для снятия входных характеристик логического элемента И.

Таблица 2.3

$U_{ВХ}, В$	$I_{ВХ}, А$
0	
...	
5	

3.3.2. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта.

4.1 Изучение базового логического элемента И.

4.1.1 Согласно рисунку 2.4 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента И. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

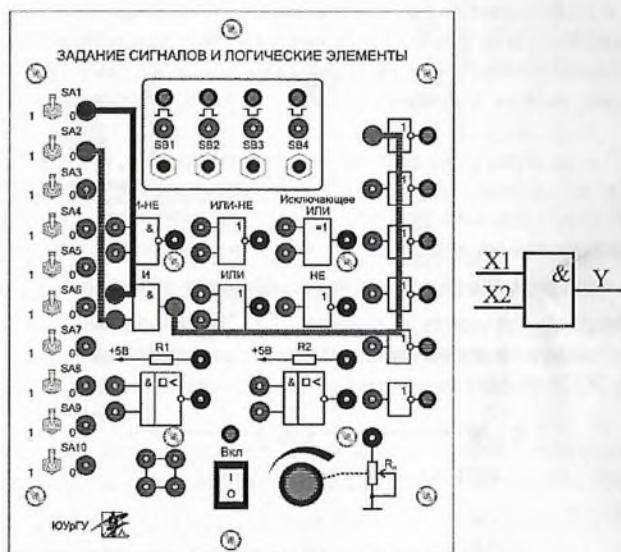


Рисунок 2.4 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы логического элемента И.

Таблица 2.4

Логический элемент	X1	X2	Y

4.1.2. Выключить тумблер питания модуля, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

4.2 Изучение логического элемента ИЛИ.

4.2.1 Согласно рисунку 2.5 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента ИЛИ. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

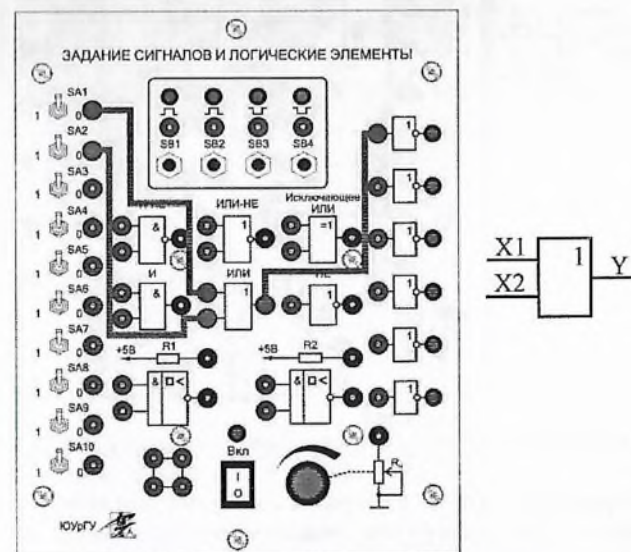


Рисунок 2.5 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы логического элемента ИЛИ.

4.2.2 Выключить тумблер питания модуля, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

4.3 Изучение логического элемента НЕ.

4.3.1 Согласно рисунку 2.6 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента НЕ. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

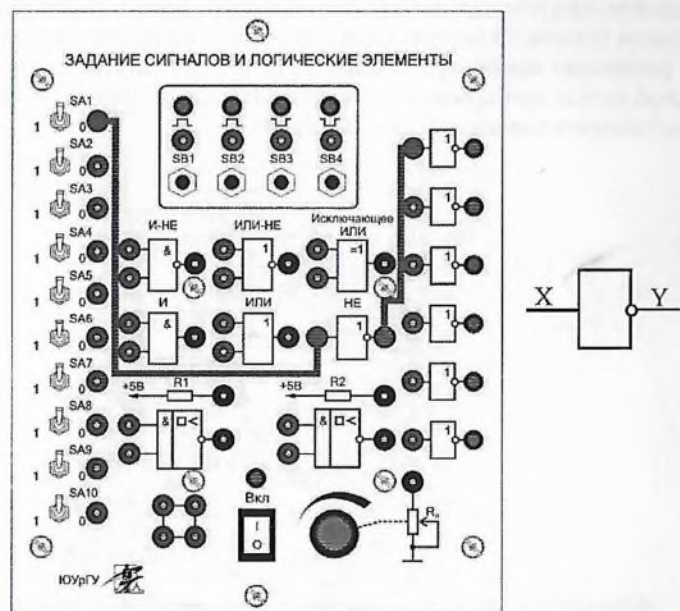


Рисунок 2.6 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы логического элемента НЕ.

4.3.2 Выключить тумблер питания модуля, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

4.4 Изучение логического элемента И-НЕ

4.4.1 Согласно рисунку 2.7 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента И-НЕ. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности

соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

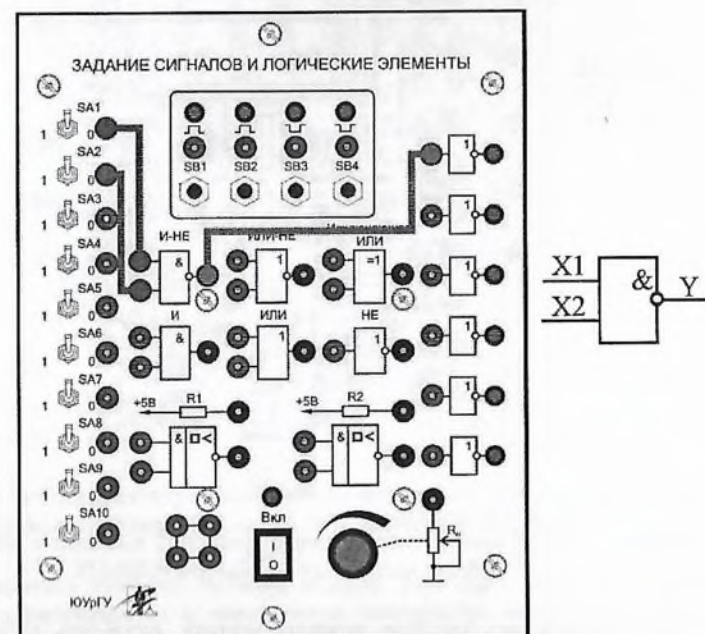


Рисунок 2.7 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы логического элемента И-НЕ.

4.4.2 Выключить тумблер питания модуля, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

4.5 Изучение логического элемента ИЛИ-НЕ

4.5.1 Согласно рисунку 2.8 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента ИЛИ-НЕ. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических

сигналов (ключи *SA* модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

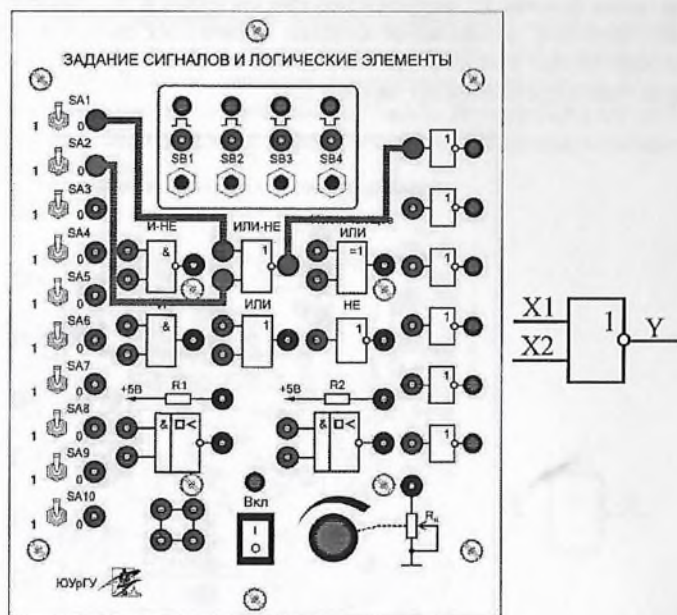


Рисунок 2.8 — Схема электрических соединений комплекта для изучения работы логического элемента ИЛИ-НЕ.

4.5.2 Выключить тумблер питания модуля, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

4.6 Изучение логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ

4.6.1 Согласно рисунку 2.9 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи *SA* модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

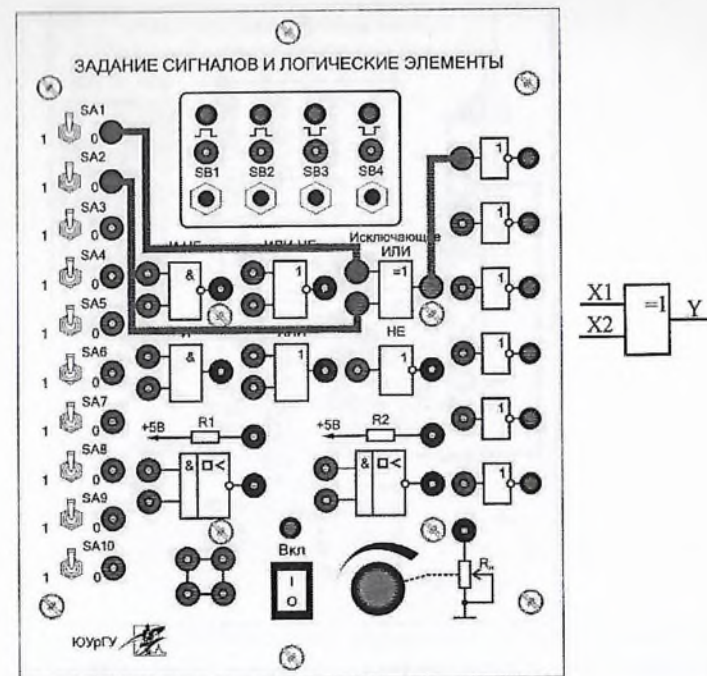


Рисунок 2.9 — Схема электрических соединений комплекта для изучения работы логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ.

4.6.2 Выключить тумблер питания модуля, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

4.7 Изучение логического элемента И-НЕ с открытым коллектором.

4.7.1 Согласно рисунку 2.10 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента И-НЕ с открытым коллектором. Необходимо к выходу схемы подключить постоянное сопротивление *R*, соединенное с шиной питания +5В. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи *SA* модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

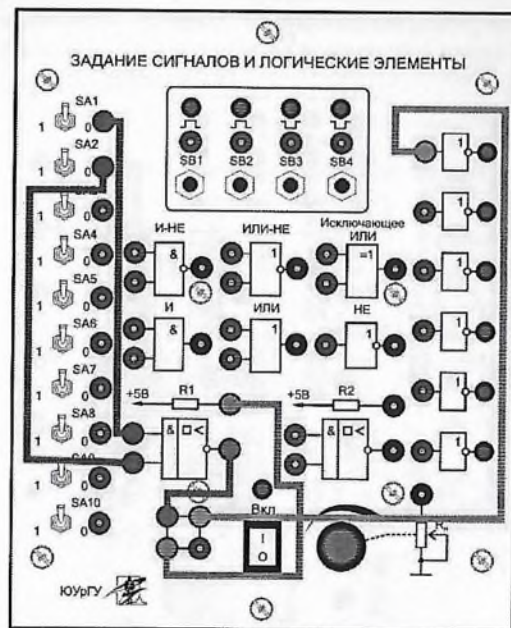


Рисунок 2.10 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы логического элемента И-НЕ с открытым коллектором.

4.7.2 Выключить тумблер питания модуля, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

4.8 Изучение схемного И.

4.8.1 Согласно рисунку 2.11 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы логического элемента схемное И. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиода на выходе инвертора. Заполнить таблицу истинности элемента (таблица 2.4).

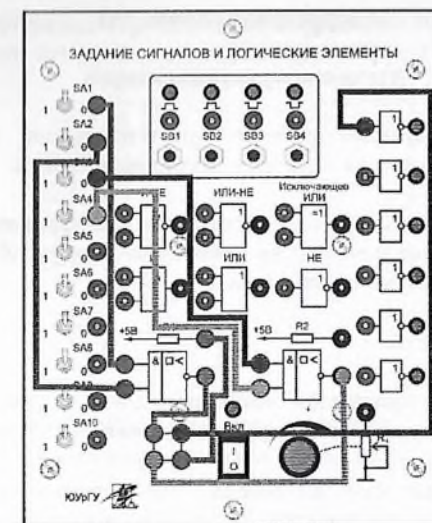
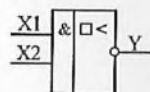


Рисунок 2.11 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы логического элемента схемное И.

4.8.2 Сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временные диаграммы.

5. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо выключить питание комплекта, разобрать схему, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение логической переменной и логическому сигналу. Какие значения они могут принимать?
2. Что такое таблица истинности? Приведите пример.
3. Какие логические элементы являются базовыми?
4. Приведите основные операции булевой алгебры. Как они описываются с помощью таблиц истинности; с помощью алгебраических выражений; методом содержательного описания?
5. Приведите УГО базовых логических элементов.
6. Опишите методику построения схемы логического устройства по функциям алгебры логики?
7. Приведите классификацию логических устройств по способу ввода-вывода переменных; по принципу действия.
8. Соотношения, между какими параметрами показывают амплитудная передаточная, входная и выходная характеристики?
9. Приведите динамические параметры логических элементов.

Лабораторная работа №3

Изучение мультиплексоров

Цель работы: изучение работы мультиплексоров типа 74HC153N, 74HC151N, экспериментальная проверка таблиц истинности.

Оборудование: модуль «Мультиплексоры и дешифраторы» (рисунок 3.2), модуль «Задание сигналов и логические элементы», модуль «Модуль питания и измерений», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Мультиплексором называется комбинационное логическое устройство, предназначенное для управляемой передачи данных от нескольких источников информации в один выходной канал.

Типовое применение мультиплексора – это передача информации от нескольких разнесенных в пространстве источников информации на вход одного приемника. Предположим, что измеряется температура окружающей среды в нескольких помещениях и результаты этих измерений должны быть введены в одно регистрирующее устройство, например ЭВМ. При этом, так как температура изменяется медленно, для получения достаточной точности совсем не обязательно измерять ее постоянно. Достаточно иметь информацию через некоторые фиксированные промежутки времени. Главное при этом, чтобы промежуток между двумя измерениями был существенно меньше постоянной времени, характеризующей изменение температуры в контролируемом помещении. Именно эту функцию, т.е. подключение различных источников информации к одному приемнику по заданной команде, и выполняет мультиплексор. Информацию, разнесенную в пространстве, он преобразует к виду с разделением во времени.[1]

Согласно определению, мультиплексор должен иметь один выход и две группы входов: информационные и адресные. Код, подаваемый на адресные входы, определяет, какой из информационных входов в данный момент подключен к выходному выводу. Поскольку n -разрядный двоичный код может принимать 2^n значений, то, если число адресных входов мультиплексора равно n , число его информационных входов должно равняться 2^n .

Микросхема 74HC153N (рисунок 3.1а) – это два четырехвходовых мультиплексора, имеющих два общих входа выбора $S0$ и $S1$. У мультиплексоров есть собственные входы разрешения $\bar{E}_a$ и $\bar{E}_b$ (активный уровень низкий – 0). На выходе каждого мультиплексора информация представлена в прямой форме. Входы разрешения можно независимо использовать для стробирования выходов Y : если на выход $\bar{E}$ подать напряжение высокого уровня 1, логический уровень на выходе Y станет низким независимо от состояния сигнальных и адресных входов.

Если вход $\bar{E}$ активный (присутствует напряжение низкого уровня), на выходе Y отображается тот уровень, который присутствует на выбираемом входе (таблица 3.1).

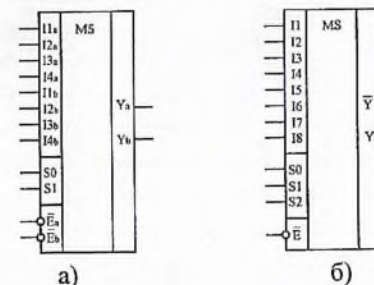


Рисунок 3.1 — УГО мультиплексора типа 74HC153N (а) мультиплексора типа 74HC151N (б).

Таблица 3.1

Таблица истинности мультиплексора типа 74HC153N

Выбор входов		Вход данных						Выход Y
$S0$	$S1$	$\bar{E}$	$I1$	$I2$	$I3$	$I4$		
-	-	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

Микросхема 74HC151N (рисунок 3.1б) – это мультиплексор, позволяющий коммутировать данные от восьми входов на один выход. Возможные состояния его сведены в таблицу (таблица 3.2). Адресных входов три: $S0...S2$. Их активный уровень – высокий. Также есть вход разрешения $\bar{E}$ и комплементарные выходы Y и $\bar{Y}$. Если на входе $\bar{E}$ присутствует напряжение высокого уровня, то напряжение на выходе $\bar{Y}$ – высокого уровня, на Y – низкого.

Таблица 3.2

Таблица истинности мультиплексора типа 74HC151N

Вход				Выход	
Выбор			Разрешение	Y	$\bar{Y}$
S_2	S_1	S_0	$\bar{E}$		
-	-	-	1	0	1
0	0	0	0	I_1	$\bar{I}_1$
0	0	1	0	I_2	$\bar{I}_2$
0	1	0	0	I_3	$\bar{I}_3$
0	1	1	0	I_4	$\bar{I}_4$
1	0	0	0	I_5	$\bar{I}_5$
1	0	1	0	I_6	$\bar{I}_6$
1	1	0	0	I_7	$\bar{I}_7$
1	1	1	0	I_8	$\bar{I}_8$

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Мультиплексоры и дешифраторы». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 3.2.

На лицевой панели приведены условные графические обозначения мультиплексоров и дешифраторов, семисегментного индикатора. Подача напряжения на элементы модуля осуществляется включением тумблера питания.

Коммутация между изучаемыми устройствами и устройствами задания уровней и индикации происходит при помощи соединительных проводников, входящих в состав комплекта.

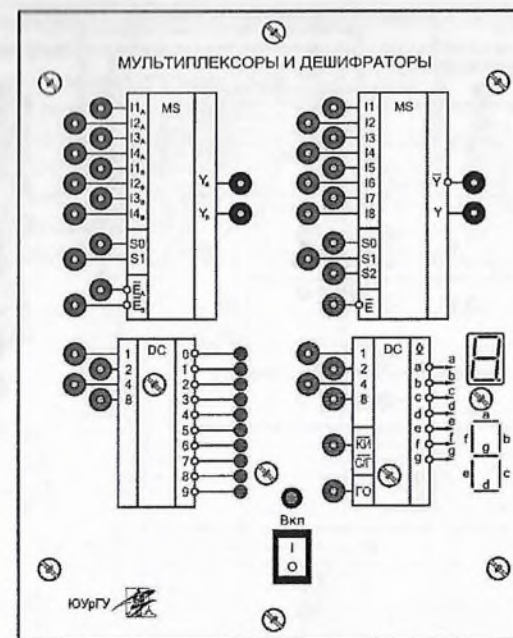


Рисунок 3.2 – Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Мультиплексоры и дешифраторы».

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Изучение мультиплексора типа 74HC153N

2.1 Согласно рисунку 3.2 выполнить электрические соединения модулей. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы мультиплексора соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»).

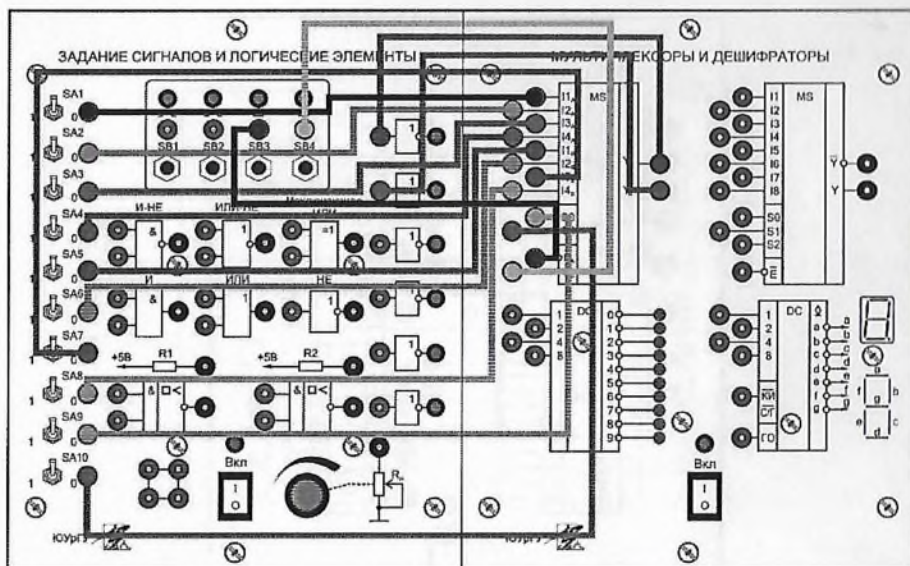


Рисунок 3.3— Схема электрическая соединений комплекта для изучения мультиплексора типа 74HC153N.

2.2 Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиодов на выходе инверторов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

2.3 Результаты заносить в таблицу 3.3

Таблица 3.3

[illegible]

2.4 Выключить тумблеры питания модулей, разобрать схему комплекта,

сравнить экспериментальную и справочную таблицу истинности, построить временную диаграмму.

3 Изучение мультиплексора типа 74НС151N.

3.1 Согласно рисунку 3.3 выполнить электрические соединения модулей. Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал светодиодом на выходе инверторов модуля «Задание сигналов и логические элементы». **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы мультиметра соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи *SA* модуля «Задание сигналов и логические элементы»).

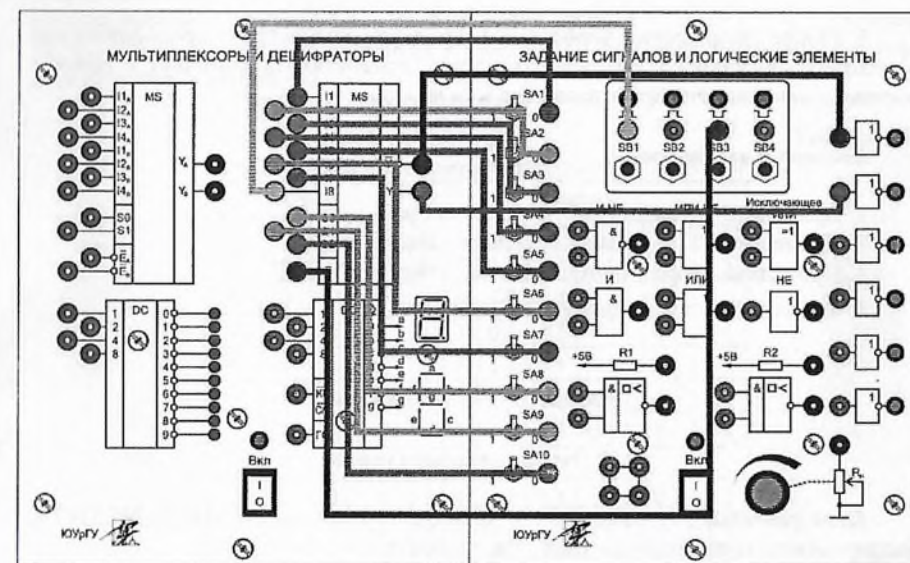


Рисунок 3.4— Схема электрическая соединений лабораторного комплекта для изучения мультиплексора типа 74HC151N.

3.2 Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиодов на выходе инверторов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

3.3 Результаты заносить в таблицу 3.4.

4 Выключить тумблеры питания модулей, разобрать схему, сравнить экспериментальную и справочную таблицу, построить временную диаграмму.

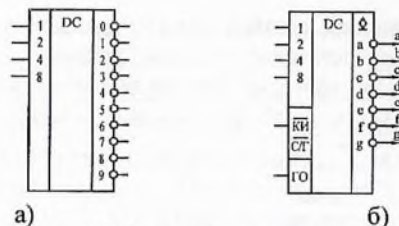


Рисунок 4.1 — УГО дешифратора типа 74LS145N (а) дешифратора типа 74LS247N (б)

Микросхема может работать в одном из четырех режимов (таблица 4.2).

Таблица 4.2

Таблица истинности дешифратора типа 74LS247N

Режим	Вход							Выход								Индикация
	Г0	С/Г	КИ	8	4	2	1	a	b	c	d	e	f	g		
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
				0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	
				0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	
				0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	3	
				0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4	
				0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	5	
				0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	
				0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7	
				1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
				1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	9	
				1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	с	
				1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	д	
				1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	е	
				1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	Е	
				1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	з	
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	
2	1	0	1	любые комбинации				выключенное состояние								
3	0	0	1	0	0	0	0	выключенное состояние								
		оставшиеся комбинации				аналогично первому режиму										
4	1	1	0	любые комбинации				0	0	0	0	0	0	0	8	

Первый режим – дешифратор выполняет функцию непосредственной индикации. На входах $\overline{C/\Gamma}$, $\overline{КИ}$, $\Gamma 0$, устанавливается высокий уровень напряжения, логическая 1.

Второй режим – это так называемый режим «закрытых выходов». Устанавливается путем перевода входа $\overline{C/\Gamma}$ в состояние низкого уровня напряжения, логического 0. В данном режиме все выходы дешифратора оказываются в выключенном состоянии – на индикаторе ни один сегмент не возбужден.

Третий режим – дешифрирование входных сигналов «без нуля». На входе $\overline{КИ}$ устанавливается уровень логический 1, а на входе $\Gamma 0$ – уровень логического 0. В этом режиме входная двоичная информация 0000 не дешифрируется в сигналы, соответствующие отображению на индикаторе нулей, а переводит все выходы в закрытое состояние. При этом на выводе $\overline{C/\Gamma}$, который в данном режиме выполняет роль выхода, формируется сигнал низкого логического уровня. Все остальные комбинации двоичных 4-разрядных чисел, поступающих на информационные входы, дешифрируются аналогично первому режиму. Третий режим работы дешифратора используется для организации гашения левых нулей.

Четвертый режим – контроль индикатора. На входе $\overline{КИ}$ устанавливается низкий логический уровень, а на выводе $\overline{C/\Gamma}$ – высокий логический уровень напряжения. В этом режиме все выходы дешифратора открыты и на индикаторе высвечивается 8, что позволяет проверить работоспособность всех сегментов индикации. Такая профилактическая процедура необходима через определенные промежутки времени, так как не обнаруженный выход из строя хотя бы одного сегмента индикатора может внести грубую ошибку при отсчете числа.[2]

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Изучение дешифратора типа 74LS145N

2.1 Согласно рисунку 4.2 выполнить электрические соединения модулей. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы дешифратора соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиодов на выходе схемы.

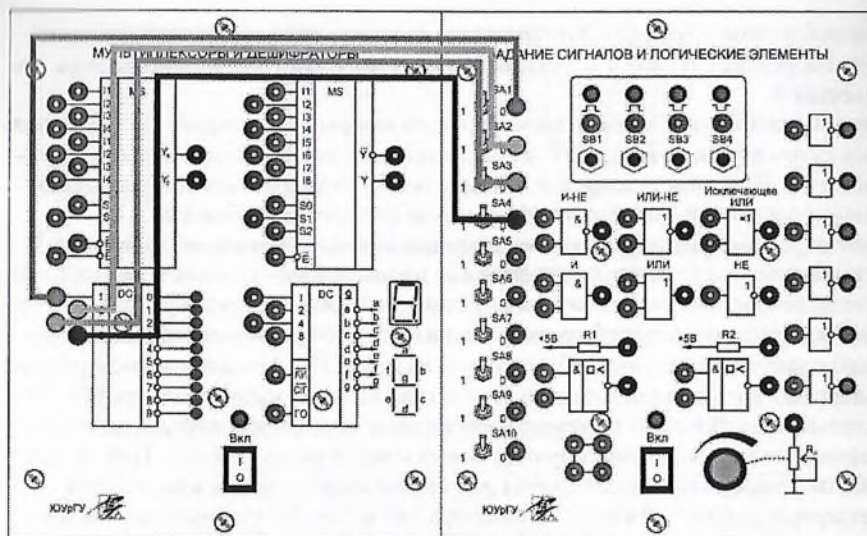


Рисунок 4.2— Схема электрическая соединений лабораторного комплекта для изучения дешифратора типа 74LS145N

2.2 Результаты заносить в таблицу 4.3.

[illegible]

Таблица 4.3

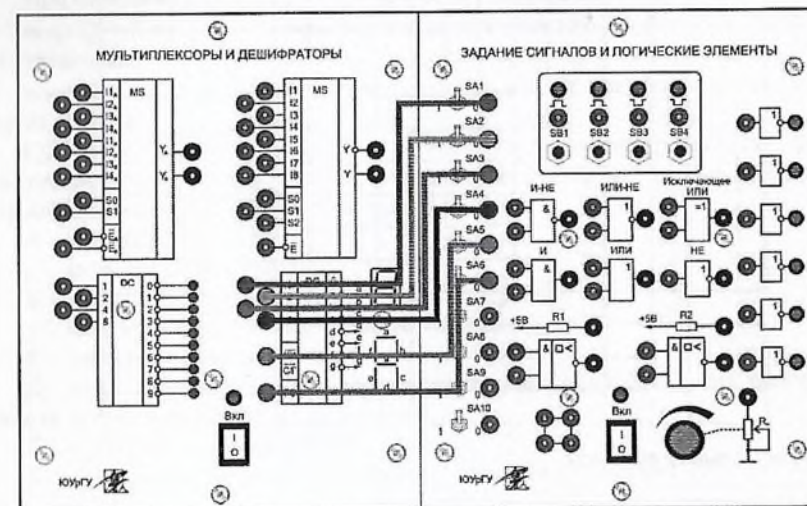


Рисунок 4.3— Схема электрическая соединений лабораторного комплекта для изучения дешифратора типа 74LS247N.

2.3 Выключить тумблеры питания модулей, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными.

3. Изучение дешифратора типа 74LS247N

3.1 Согласно рисунку 4.2 выполнить электрические соединения модулей. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

3.2 В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы дешифратора соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи *SA* модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал на одноразрядном семисегментном индикаторе.

3.3 Результаты заносить в таблицу 4.4.

4. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными.

5. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

низкого уровня. Если на входы $\bar{S}$ и $\bar{R}$ одновременно подать напряжение высокого уровня, то напряжения на выходах триггера останутся без изменения (режим хранения). При $\bar{R} = 1$ и $\bar{S} = 0$ триггер устанавливается в нулевое состояние ($Q = 0$), при $\bar{R} = 0$ и $\bar{S} = 1$ — в единичное состояние ($Q = 1$). Комбинация $\bar{R} = \bar{S} = 0$ асинхронного RS-триггера запрещена (таблица 5.1), так как при одновременном снятии информационных сигналов $\bar{R} = \bar{S} = 0$ состояние триггера будет непредсказуемо.

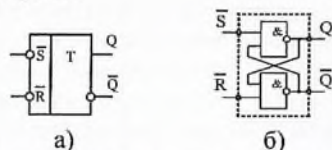


Рисунок 5.1 – Условное графическое обозначение асинхронного RS-триггера (а) и его логическая структура (б)

Таблица 5.1

Вход		Выход		Режим работы
$\bar{R}$	$\bar{S}$	Q	$\bar{Q}$	
0	0	1	1	Неопределенность
0	1	0	1	Состояние сброса
1	0	1	0	Установка единицы
1	1	Q	$\bar{Q}$	Хранение

Синхронный RS-триггер (рисунок 5.2) может быть получен на базе асинхронного RS-триггера. В большинстве схем необходимо переключение всех составляющих в определенный момент времени по сигналам тактового генератора. При этом добавляется третий синхронизирующий вход C . Состояние синхронного RS-триггера изменяется при входных комбинациях R и S аналогично асинхронному RS-триггеру, но только в момент прихода тактового импульса на вход C . Переключение данного триггера возможно лишь при появлении положительного перепада импульса на тактовом перепаде C (таблица 5.2).

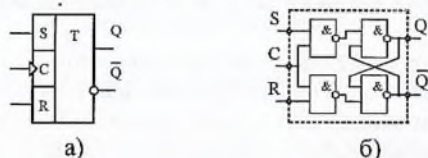


Рисунок 5.2 – Условное графическое обозначение синхронного RS-триггера (а) и его логическая структура (б).

Таблица 5.2

Режимы работы синхронного RS-триггера					
Вход			Выход		Режим работы
C	S	R	Q	$\overline{Q}$	
$\uparrow$	0	0	Q	$\overline{Q}$	Хранение
$\uparrow$	0	1	0	1	Состояние сброса
$\uparrow$	1	0	1	0	Установка единицы
$\uparrow$	1	1	0	1	Неопределенность

D -триггер (рисунок 5.3) соответствует RS-триггеру, работающему только в режимах установки, т.е. либо с комбинациями сигналов $\bar{R} = 1$ и $\bar{S} = 0$, либо с комбинациями сигналов $\bar{R} = 0$ и $\bar{S} = 1$. Для организации хранения информации используется вход C . Сигнал от входа D передается на выходы Q и $\bar{Q}$ по положительному перепаду импульса на тактовом входе C . Чтобы триггер переключился правильно, уровень на входе D следует зафиксировать заранее перед приходом тактового перепада (таблица 5.3).

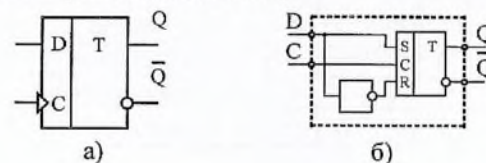


Рисунок 5.3 – Условное графическое обозначение D -триггера (а) и его логическая структура (б).

Таблица 5.3

Режимы работы D -триггера				
Вход		Выход		Режим работы
D	C	Q	$\overline{Q}$	
0	$\uparrow$	0	1	Синхронный сброс
1	$\uparrow$	1	0	Синхронная установка единицы

Однотактный JK-триггер (рисунок 5.4) является наиболее универсальным. Входы J и K соответствуют входам S и R RS-триггера. Главное отличие JK-триггера от RS-триггера состоит в том, что в JK-триггере нет запрещенного состояния входов. При состоянии на входах $J = 1$, $K = 0$ приход тактового импульса переключает JK-триггер в состояние 1. При состоянии на входах $J = 0$, $K = 1$ приход тактового импульса переключает JK-триггер в состояние 0. Состояние на входах $J = 0$, $K = 0$ соответствует режиму хранения информации и

приход тактового импульса при этом состоянии входов не изменяет состояния выхода триггера. При состоянии на входах $J=1$, $K=1$ JK -триггер работает в переключающем режиме, т.е. с приходом каждого тактового импульса при данном состоянии входов состояние триггера меняется на противоположное (таблица 5.4). Состояние триггера изменится при положительном перепаде импульса на тактовом входе C . [5]

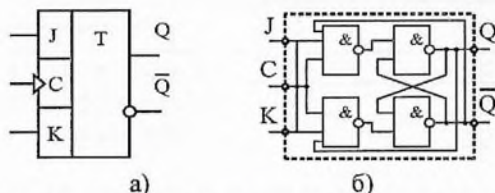


Рисунок 5.4 – Условное графическое обозначение одноканального JK -триггера (а) и его логическая структура (б).

Таблица 5.4

Режимы работы одноканального JK -триггера					
Вход			Выход		Режим работы
C	J	K	Q	$\bar{Q}$	
↑	0	0	Q	$\bar{Q}$	Хранение
↑	0	1	0	1	Сброс
↑	1	0	1	0	Установка единицы
↑	1	1	Q	$\bar{Q}$	Переключение

Двухтактный JK -триггер (рисунок 5.5). Главная особенность триггера состоит в том, что переключение происходит по спаду тактовых импульсов, благодаря чему появляется возможность создавать более сложные схемы, счетчики и регистры (таблица 5.5).

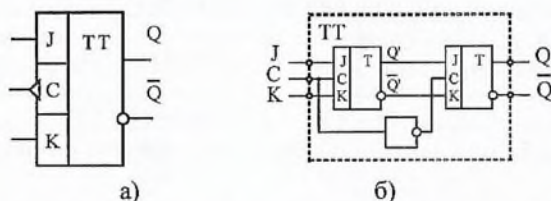


Рисунок 5.5 – Условное графическое обозначение двухтактного JK -триггера (а) и его логическая структура (б).

Таблица 5.5

Режимы работы двухтактного JK -триггера					
Вход			Выход		Режим работы
C	J	K	Q	$\bar{Q}$	
↓	0	0	Q	$\bar{Q}$	Хранение
↓	0	1	0	1	Сброс
↓	1	0	1	0	Установка единицы
↓	1	1	Q	$\bar{Q}$	Переключение

Кратко принцип действия пояснен ниже на примере временной диаграммы (рисунок 5.6).

С приходом тактового импульса по его фронту первый триггер переключается в состояние, сформированное соответствующим состоянием входа. В момент действия тактового импульса на входе C второго триггера сохраняется состояние 0. По спаду тактового импульса на входе C второго триггера появляется логическая единица. Информация, записанная на первом такте в первый триггер, переписывается на выход второго триггера, т.е. двухтактный триггер обеспечивает развязку между выходом и входом на время действия тактового импульса (таблица 5.5). Двухтактный JK -триггер изменяет свое состояние только после окончания действия импульса синхронизации.

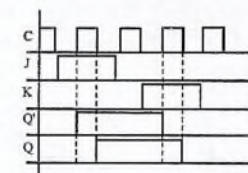


Рисунок 5.6 – Временные диаграммы работы двухтактного JK -триггера.

T-триггер (рисунок 5.7). Это устройство с двумя устойчивыми состояниями и одним информационным входом. Реализуется на базе JK -триггера соединением всех входов в один вход T . Триггер изменяет свое состояние на противоположное всякий раз, когда на вход T поступают управляющие сигналы (таблица 5.6).

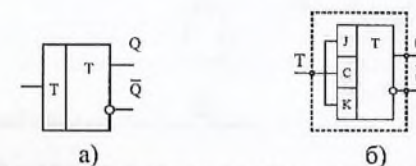


Рисунок 5.7 – Условное графическое обозначение T -триггера (а) и его логическая структура (б).

Таблица 5.6

Режимы работы T-триггера

T	Q	$\bar{Q}$
0	0	1
1	1	0

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Триггеры». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 5.8.

На лицевой панели приведены условные графические обозначения триггерных устройств. Подача напряжения на элементы модуля осуществляется включением тумблера питания.

Коммутация между триггерными устройствами и устройствами задания логических уровней и индикации осуществляется при помощи соединительных проводников, входящих в состав комплекта.

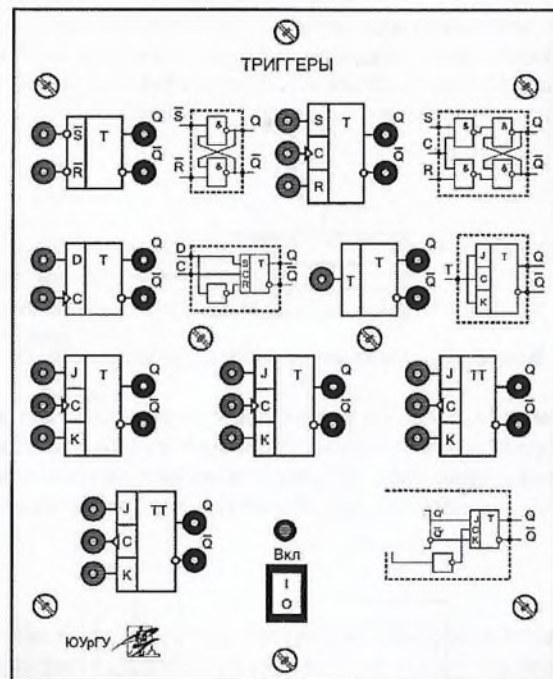


Рисунок 5.8 — Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Триггеры».

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Изучение асинхронного RS-триггера

2.1. Согласно рисунку 5.9 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы асинхронного RS-триггера. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы триггера соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

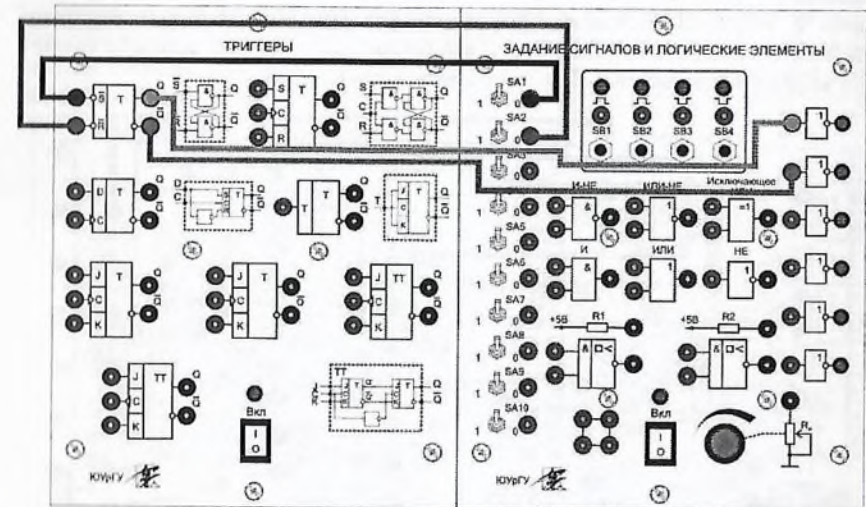


Рисунок 5.9 — Схема электрическая соединений лабораторного комплекта для изучения работы асинхронного RS-триггера.

2.1 Результаты работы заносить в таблицу 5.7.

Таблица 5.7

Вход		Выход		Режим работы
$\bar{R}$	$\bar{S}$	Q	$\bar{Q}$	

2.2 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

3 Изучение синхронного RS-триггера

3.1. Согласно рисунку 5.10 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы синхронного RS-триггера. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы триггера соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

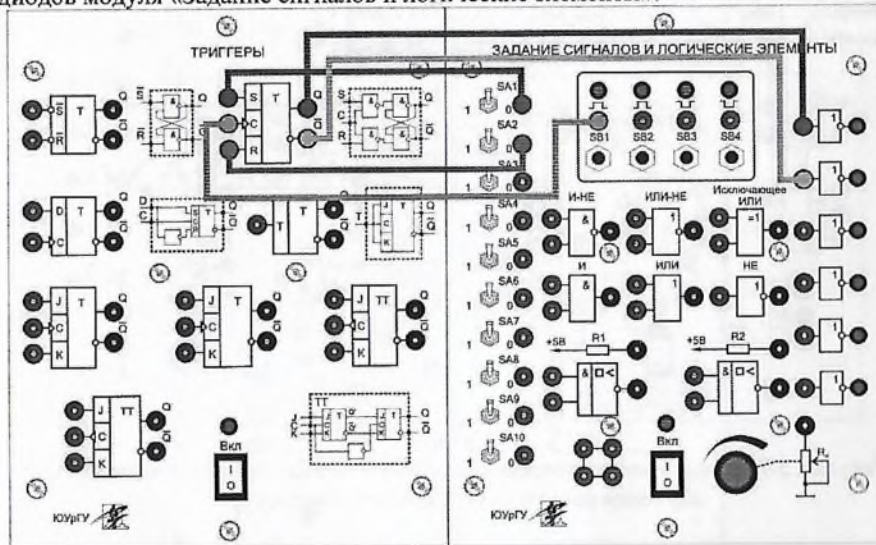


Рисунок 5.10 – Схема электрическая соединений типового комплекта для изучения работы синхронного RS-триггера.

3.2. Результаты работы заносить в таблицу 5.8.

Таблица 5.8

C	S	R	Q	$\bar{Q}$	Режим работы

3.3 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

4. Изучение D-триггера.

4.1. Согласно рисунку 5.11 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы D-триггера. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы триггера соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

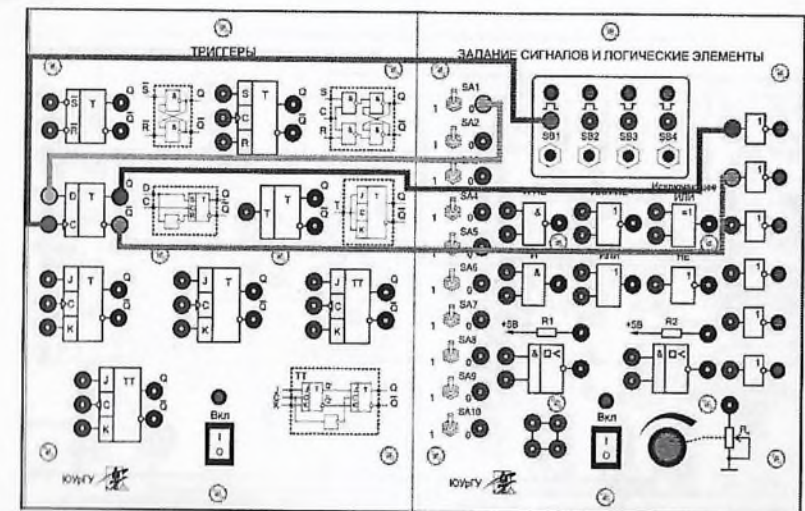


Рисунок 5.11 – Схема электрическая соединений типового комплекта для изучения работы D-триггера.

4.2 Результаты работы заносить в таблицу 5.9.

Таблица 5.9

Вход		Выход		Режим работы
D	C	Q	$\bar{Q}$	

4.3. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

5. Изучение однотактного JK-триггера

5.1. Согласно рисунку 5.12 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы однотактного JK-триггера. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы триггера соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

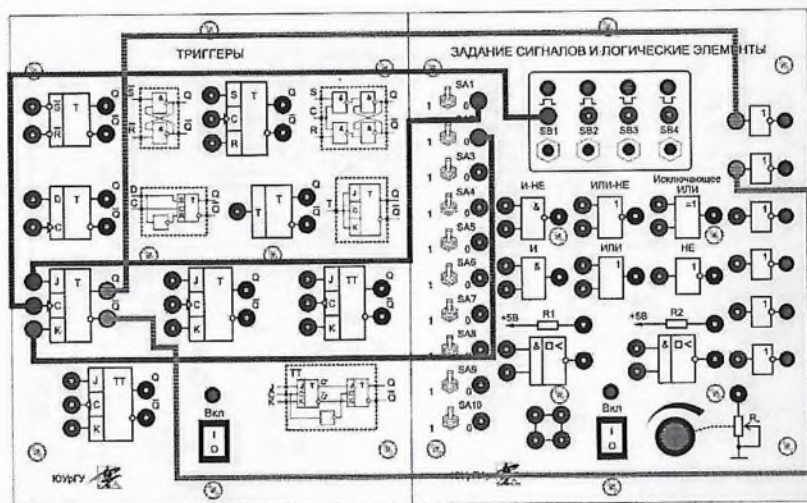


Рисунок 5.12 – Схема электрическая соединений типового комплекта для изучения работы однотактного JK-триггера.

5.2. Результаты работы заносить в таблицу 5.10.

Таблица 5.10

C	J	K	Q	$\bar{Q}$	Режим работы

5.3. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

6. Изучение двухтактного JK-триггера

6.1. Согласно рисунку 5.13 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы двухтактного JK-триггера. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы триггера соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

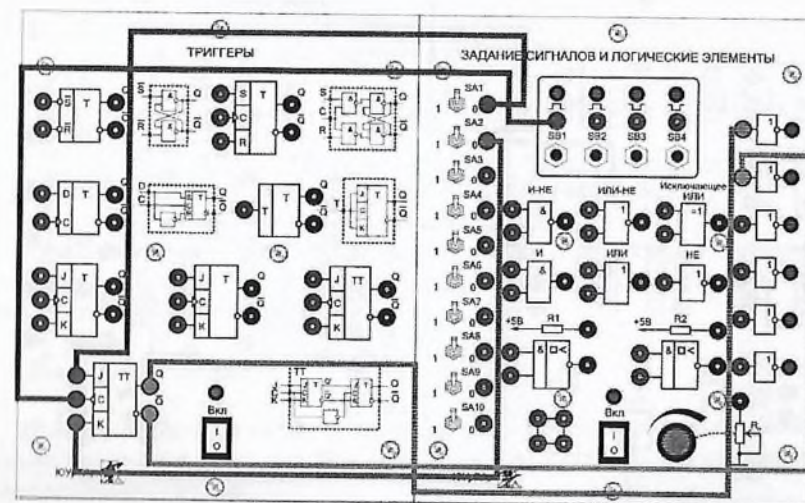


Рисунок 5.13 – Схема электрическая соединений типового комплекта для изучения работы двухтактного JK-триггера.

6.2. Результаты работы заносить в таблицу 5.11.

Таблица 5.11

C	J	K	$\underline{Q}$	$\overline{Q}$	Режим работы

6.3. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

7. Изучение T -триггера

7.1. Согласно рисунку 5.14 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы *T*-триггера. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы триггера соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи *SA* модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиодов на выходе инверторов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

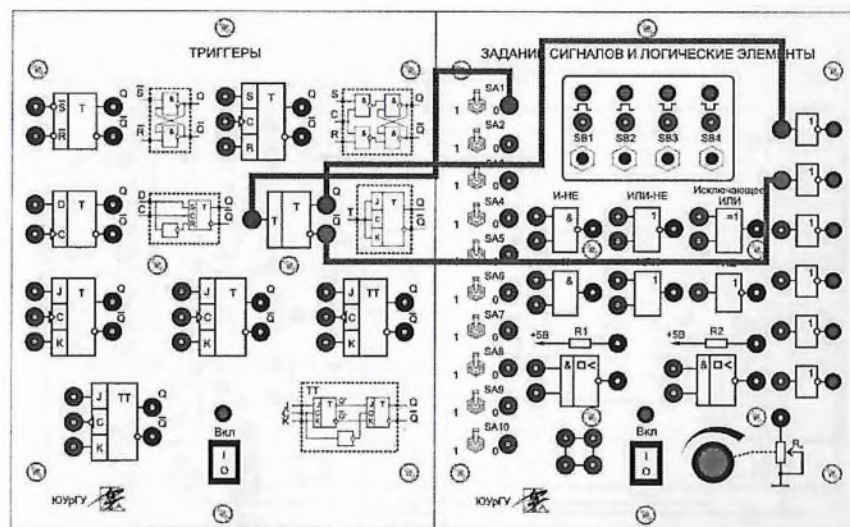


Рисунок 5.14 — Схема электрическая соединений типового комплекта для изучения работы *T*-триггера.

7.2. Результаты работы заносить в таблицу 5.12.

Таблица 5.12

T	Q	$\overline{Q}$

8. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

9. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем нужно предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение триггера.
2. Перечислите основные виды триггеров.
3. Назначение и состав триггерных устройств?
4. Отличие асинхронные триггеры от синхронных?
5. Перечислите режимы работы универсального триггера.
6. Что означает термин “запрещенная комбинация” для RS – триггера?
7. Какой выход триггера называют прямым, а какой инверсным?
8. Какую функцию выполняет D -триггер?
9. Какую функцию выполняет T -триггер?

Лабораторная работа №6

Изучение асинхронного и синхронного реверсивного счетчика

Цель работы: изучение режимов работы счетчиков.

Оборудование: модуль «Регистры и счетчики» (рисунок 6.4), модуль «Задание сигналов и логические элементы», модуль «Модуль питания и измерений», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Регистром называется последовательное устройство, предназначенное для записи, хранения и (или) сдвига информации, представленной в виде многозначного двоичного кода.

В соответствии с данным определением в общем случае регистр может выполнять следующие микрооперации над кодовыми словами:

- установка в исходное состояние (запись нулевого кода);
 - запись входной информации в последовательной форме;
 - запись входной информации в параллельной форме;
 - хранения информации;
 - сдвиг хранимой информации вправо или влево;
 - выдача хранимой информации в последовательной форме;
 - выдача хранимой информации в параллельной форме.
- По способу приема информации регистры подразделяют на:
- параллельные (статические), в которые информация записывается и считывается только в параллельной форме;
 - последовательные (сдвигающие), в которые информация записывается и считывается только в последовательной форме;
 - последовательно-параллельные, в которые информация записывается или считывается как в параллельной, так и в последовательной формах.

Микросхема 74HCT194E — универсальный двунаправленный четырехразрядный сдвиговый регистр, при помощи которого можно строго синхронно сдвигать цифровое слово вправо или влево.

Регистр может выполнять расширенный ряд функций, поскольку снабжен несколькими входами выбора режимов: S_0 , S_1 , DR , DL . Если установить на входах S_0 и S_1 логический 0, то регистр переключится в режим хранения. Если установить на входах S_0 и S_1 логическую 1, то данные от параллельных входов $D_0...D_3$ загружаются в регистр и устанавливаются на выходах $Q_0...Q_3$ в момент последующего нарастающего фронта тактового импульса.

При подаче логического 0 на вход S_1 и логической 1 на вход S_0 , по тактовым импульсам на входе C происходит последовательный прием данных на вход DR и сдвиг принятых данных вправо (от Q_0 к Q_3). При логическом 0 на входе S_0 и логической 1 на входе S_1 происходит прием данных на вход DL и сдвиг принятых данных влево (от Q_3 к Q_0). При подаче на вход $\bar{R}$ логического 0 происходит сброс данных и на выходах $Q_0...Q_3$ устанавливается логический 0.

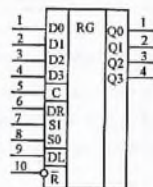


Рисунок 6.1 — УГО регистра 74HCT194E.

Таблица 6.1

Режимы работы 74HCT194E											
Режим	Вход							Выход			
	C	$\bar{R}$	S_1	S_0	DR	DL	D_n	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
Сброс	x	0	x	x	x	x	x	0	0	0	0
Хранение	x	1	0	0	x	x	x	q_0	q_1	q_2	q_3
Сдвиг влево	↑	1	1	0	x	0	x	q_1	q_2	q_3	0
	↑	1	1	0	x	1	x	q_1	q_2	q_3	1
Сдвиг вправо	↑	1	0	1	0	x	x	0	q_0	q_1	q_2
	↑	1	0	1	1	x	x	1	q_0	q_1	q_2
Параллельная загрузка	↑	1	1	1	x	x	d_n	d_1	d_2	q_2	d_3

Поскольку режимы хранения, загрузки и сдвига синхронные, следует фиксировать момент вводных команд управления режимами. Если на вход $\bar{R}$ подается напряжение низкого уровня, происходит сброс данных и на выходах $Q_0...Q_3$ появляются напряжения низкого уровня [11].

Микросхема 74HC374N — восьмиразрядный регистр - защелка отображения данных, выходные буферные усилители которого имеют третье Z-состояние. Схема регистра состоит из двух частей. Первая часть — это восемь триггеров с тактовым входом разрешения параллельной записи C . Регистр принимает и отображает информацию синхронно с положительным перепадом на тактовом входе. Вторая выходная часть устройства управляется по входу разрешения $\bar{E}_0$. Ее восемь буферных ключевых выходных усилителей отличаются большой нагрузочной способностью и имеют третье Z-состояние.

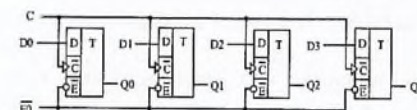


Рисунок 6.2 — УГО регистра 74HC374N.

Таблица 6.2

Режимы работы 74HC374N				
Режим	Вход			Выход $Q_0...Q_7$
	$\bar{E}_0$	C	D_n	
Загрузка и считывание	0	↑	0	0
	0	↑	1	1
Загрузка регистра и отключение выходов	1	↑	0	Z
	1	↑	1	Z

Счетчиком называется последовательностное устройство, предназначенное для счета входных импульсов и фиксации их числа в двоичном коде [7].

Счетчики так же, как и сдвиговые регистры, строятся на основе N однотипных связанных между собой разрядных схем, каждая из которых, в общем случае, состоит из триггера и некоторой комбинационной схемы, предназначенной для формирования сигналов управления триггером.

В цифровых схемах счетчики могут выполнять следующие микрооперации над кодовыми словами:

- установка в исходное состояние (запись нулевого кода);
- запись входной информации в параллельной форме;
- хранение информации;
- выдача хранимой информации в параллельной форме;
- инкремент — увеличение хранящегося кодового слова на единицу;
- декремент — уменьшение хранящегося кодового слова на единицу.

Основным статическим параметром счетчика является модуль счета M , который характеризует максимальное число импульсов, после прихода которого счетчик устанавливается в исходное состояние.

Основным динамическим параметром, определяющим быстродействие счетчика, является время установления выходного кода t_k , характеризующее временной интервал между моментом подачи входного сигнала и моментом установления нового кода на выходе.

По значению модуля счета счетчики подразделяют на:

- двоичные, модуль счета которых равен целой степени числа 2 ($M=2^n$);
- двоично-кодированные, в которых модуль счета может принимать любое, не равное целой степени числа 2, значение.

По направлению счета счетчики подразделяют на:

- суммирующие, выполняющие микрооперацию инкремента над хранящимся кодовым словом;
- вычитающие, выполняющие микрооперацию декремента над хранящимся кодовым словом;
- реверсивные, выполняющие в зависимости от значения управляющего сигнала над хранящимся кодовым словом либо микрооперацию декремента, либо инкремента.

По способу организации межразрядных связей счетчики делятся на:

- счетчики с последовательным переносом или асинхронные, в которых переключение триггеров разрядных схем осуществляется последовательно один за другим.
- счетчики с параллельным переносом или синхронные, в которых переключение всех триггеров разрядных схем осуществляется одновременно по сигналу синхронизации;
- счетчики с комбинированным последовательно-параллельным переносом, при котором используются различные комбинации способов переноса.

Микросхема 74HC192E — четырехразрядный двоично-десятичный ревер-

сивный счетчик. Импульсные тактовые входы для счета на увеличение C_u и на уменьшение C_d в этой микросхеме разделены. Состояние счетчика меняется по положительным перепадам тактовых импульсов от низкого уровня к высокому на каждом из тактовых входов.

Для упрощения построения счетчиков с числом разрядов, превышающим четыре, обе микросхемы имеют выходы окончания счета на увеличение ($\overline{TC_u}$) и уменьшение ($\overline{TC_d}$). С этих выходов берутся тактовые сигналы переноса и заема для последующего и от предыдущего четырехразрядного счетчика. Дополнительной логики при последовательном соединении этих счетчиков не требуется: выходы $\overline{TC_u}$ и $\overline{TC_d}$ предыдущей микросхемы присоединяются ко входам C_u и C_d последующей. Также есть входы разрешения параллельной загрузки PE и сброса R .

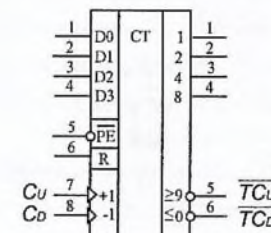


Рисунок 6.3 – УГО счетчика 74HC192E.

Таблица 6.3

Режимы работы 74HC192E

Режим	Вход								Выход					
	R	$\overline{PE}$	C_u	C_d	D0	D1	D2	D3	Q0	Q1	Q2	Q3	$\overline{TC_u}$	$\overline{TC_d}$
Сброс	1	x	x	0	x	x	x	x	0	0	0	0	1	0
	1	x	x	1	x	x	x	x	0	0	0	0	1	1
Параллельная загрузка	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	x	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	0	x	1	0	0	1	$Q_n = D_n$				0	1
	0	0	1	x	1	0	0	1	$Q_n = D_n$				1	1
Счет на увеличение	0	1	↑	1	x	x	x	x	Счет на увеличение				1	1
Счет на уменьшение	0	1	1	↑	x	x	x	x	Счет на уменьшение				1	1

В микросхеме счетчики основаны на четырех двухступенчатых триггерах "мастер-помощник". Десятичный счетчик отличается от двоичного внутренней логикой, управляющей триггерами. Счетчики можно переводить в режимы:

сброса, параллельной загрузки, а также синхронного счета на увеличение и уменьшение.

Если на вход C_d подается импульсный перепад от низкого уровня к высокому (дается команда на уменьшение — *down*), от содержимого счетчика вычитается 1. Аналогичный перепад, поданный на вход C_u , увеличивает счет на 1. Если для счета используется один из этих входов, на другом тактовом входе следует зафиксировать напряжение высокого логического уровня. Первый триггер счетчика не может переключиться, если на его тактовом входе зафиксировано напряжение низкого уровня. Во избежание ошибок менять направление счета следует в моменты, когда запускающий тактовый импульс перешел на высокий уровень, т.е. во время плоской вершины импульса.

На выходах $\overline{TC_u}$ (окончание счета на увеличение) и $\overline{TC_d}$ (окончание счета на уменьшение) нормальный уровень — высокий. Если счет достиг максимума (цифра 9), с приходом следующего тактового перепада на вход C_u от высокого уровня к низкому (более 9) на выходе $\overline{TC_u}$ появится низкое напряжение. После возврата напряжения на тактовом входе C_u к высокому уровню напряжение на выходе $\overline{TC_u}$ останется низким еще на время, соответствующее двойной задержке переключения логического элемента ТТЛ.

Аналогично на выходе $\overline{TC_d}$ появляется напряжение низкого уровня, если на вход C_d пришел счетный перепад низкого уровня. Импульсные перепады от выходов $\overline{TC_u}$ и $\overline{TC_d}$ служат, таким образом, как тактовые для последующих входов C_u и C_d при конструировании счетчиков более высокого порядка. Такие многокаскадные соединения счетчиков не полностью синхронные, поскольку на последующую микросхему тактовой импульс передается с двойной задержкой переключения.

Если на вход разрешения параллельной загрузки PE подать напряжение низкого уровня, то код, зафиксированный ранее на параллельных входах $D_0 \dots D_3$, загружается в счетчик и появляется на его выходах $Q_0 \dots Q_3$ независимо от сигналов на тактовых входах. Следовательно, операция параллельной загрузки — асинхронная.

Параллельная загрузка триггеров запрещается, если на вход сброса R подано напряжение высокого уровня. В этом случае на всех выходах Q установится низкий уровень [11].

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Регистры и счетчики». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 6.4.

На лицевой панели приведены условные графические обозначения регистров и счетчиков. Питание на модуль подается при помощи тумблера.

Коммутация между регистрами, счетчиками и устройствами задания уровней происходит при помощи соединительных проводников, входящих в состав

комплекта.

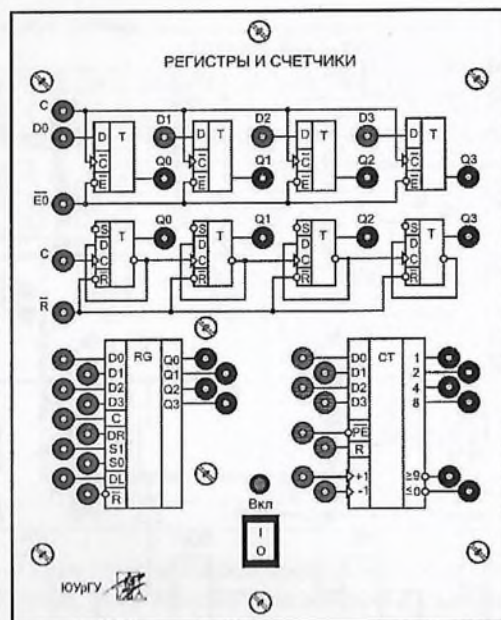


Рисунок 6.4 — Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Регистры и счетчики».

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 6.5) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 6.6 для изучения счетчика, реализованного на логических элементах. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

3. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы счетчика соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

4. Результаты изучения заносить в таблицу 6.4.

Таблица 6.4

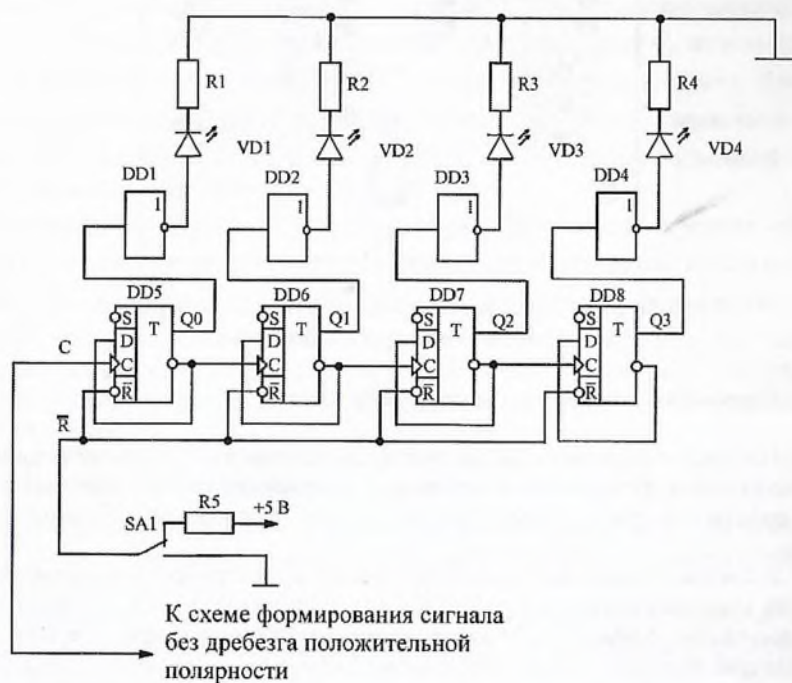
[illegible]

Рисунок 6.5 — Схема электрическая принципиальная включение счетчика, реализованного на логических элементах.

4.1.1. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта. Сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

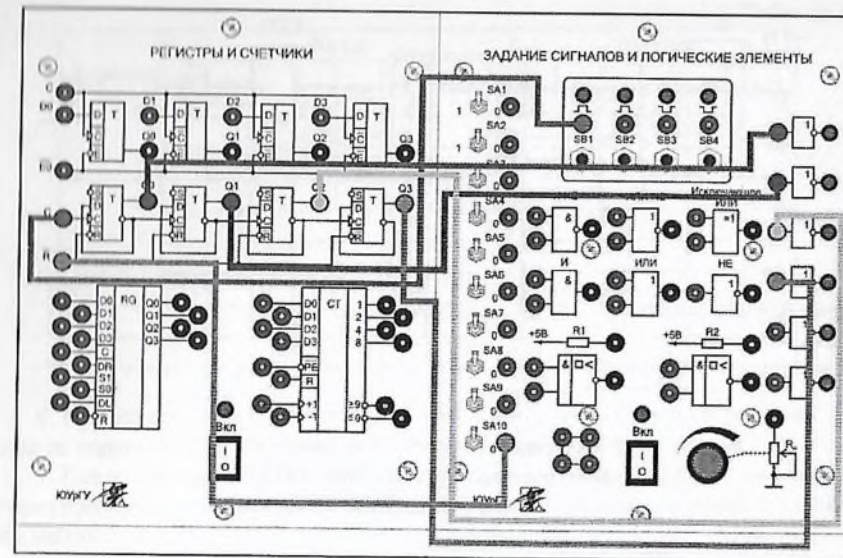


Рисунок 6.6 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения счетчика, реализованного на логических элементах.

5. Изучение 74HC192E — четырехразрядного двоично-десятичного реверсивного счетчика.

5.1 Согласно схеме (рисунок 6.7) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 6.8. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

5.2 В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы счетчика соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

5.3 Результаты изучения заносить в таблицу 6.5.

речической частью лабораторной работы №6.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы и получить у преподавателя разрешение к проведению лабораторной работы.

2. Изучение параллельного регистра 74НС374N.

3. На схеме (рисунок 7.1) представлена схема электрическая принципиальная включения одного триггера параллельного регистра 74НС374N. Подобно рисунку 7.1 выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 7.2, для изучения параллельного регистра. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы регистра соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

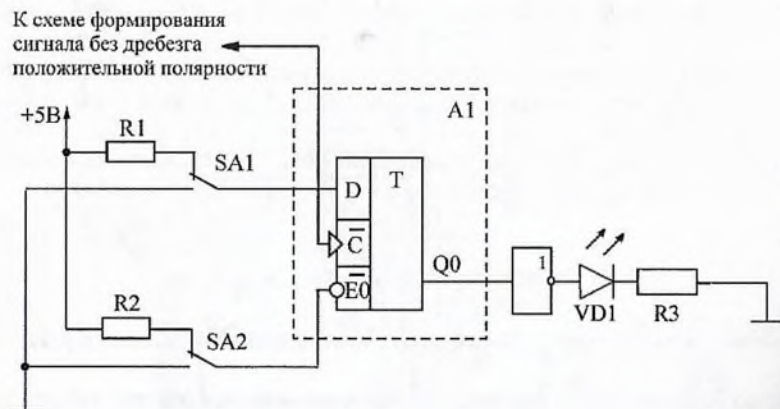


Рисунок 7.1 — Схема электрическая принципиальная включения триггера в параллельном регистре.

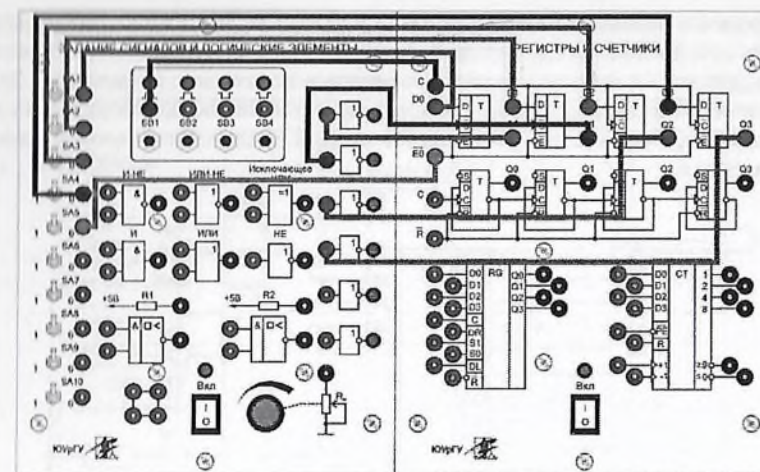


Рисунок 7.2 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения параллельного регистра.

4. Результаты работы заносить в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

Режим	Вход						Выход			
	$\overline{E_0}$	C	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃

Примечание: На основе такого регистра можно реализовать последовательный регистр путем последовательного соединения входов D₁ ... D₃ и выходов Q₀ ... Q₂ соответственно. Данные подаются на вход D₀ и последовательно сдвигаются по выходам Q₀ ... Q₃.

4.1. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта. Сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

5. Изучение регистра 74НС194E — универсального четырехразрядного сдвигового регистра.

5.1 Согласно схеме (рисунок 7.3) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 7.4. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** Включить тумблер питания модуля «Задание сигналов и логические элементы».

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы регистра соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

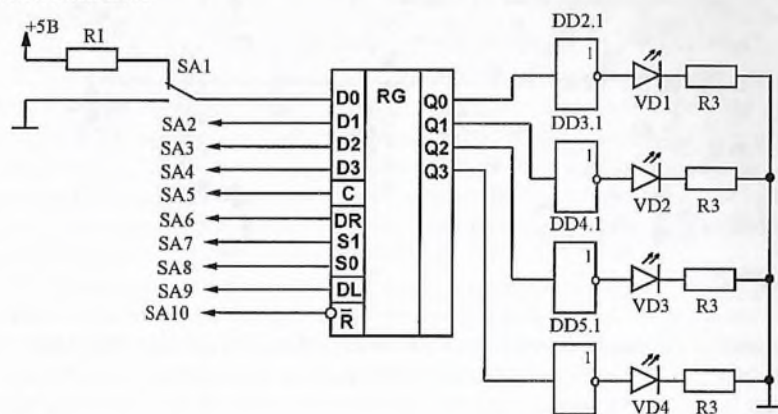


Рисунок 7.3 — Схема электрическая принципиальная включения микросхемы 74НСТ194Е.

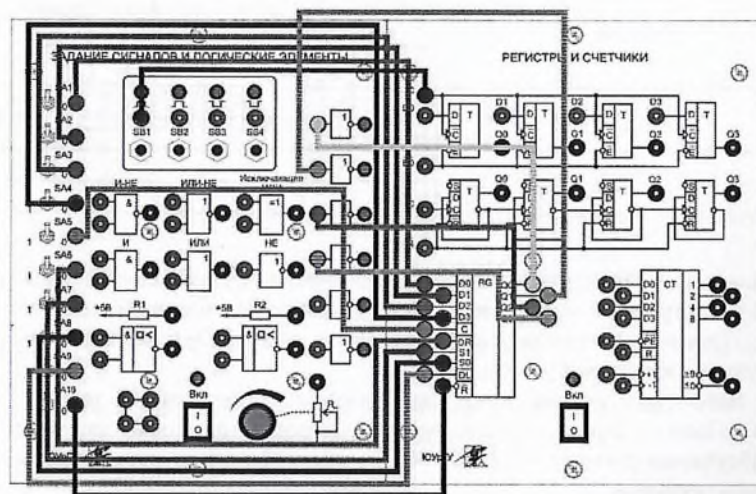


Рисунок 7.4 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения микросхемы 74НСТ194Е.

6.1 Результаты работы заносить в таблицу 7.2.

Таблица 7.2

Режим	Вход							Выход			
	C	$\bar{R}$	S ₁	S ₀	DR	DL	D _n	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃

7. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта. Сравнить режимы работы со справочными данными, построить временные диаграммы.

8. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. К какому виду логических устройств относятся изучаемые в лабораторной работе устройства?
2. Приведите логические схемы и условные обозначения параллельного, сдвигающего и реверсивного регистров.
3. Приведите основные типы счетчиков.
4. Опишите способы связи между разрядными схемами счетчиков. Чем они различаются между собой?
5. Каким образом достигается повышение быстродействия счетчиков?
6. Как осуществляется предварительная установка счетчиков?
7. Приведите схему кольцевого регистра.

Лабораторная работа №8

Изучение одноразрядного и четырехразрядного ОЗУ, ПЗУ

Цель работы: изучение работы одноразрядного и четырехразрядного ОЗУ, ПЗУ.

Оборудование: модуль «Запоминающие устройства» (рисунок 8.4), модуль «Модуль питания и измерений», модуль «Задание сигналов и логические эле-

менты», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Для хранения информации применяют запоминающие устройства, выполненные на специализированных интегральных схемах.

Принципиально все микросхемы памяти делятся на энергонезависимые, не теряющие информацию при выключении питания, и энергозависимые, содержание которых теряется при выключении питания. Первые предназначены для хранения неменяющихся или редко меняющихся данных и называются постоянными запоминающими устройствами (далее — ПЗУ). Вторые предназначены для временного хранения данных, возникающих в процессе функционирования устройства, и называются оперативными запоминающими устройствами (далее — ОЗУ). В свою очередь, ПЗУ классифицируются по способу занесения информации и по способу ее стирания. Самым дешевым способом записи является масочное программирование в процессе изготовления кристалла. Такие микросхемы называются ROM (Read Only Memory) и их нельзя перепрограммировать. Существует разновидность ПЗУ — PROM. Они предоставляют возможность пользователю самостоятельно запрограммировать микросхему. PROM бывают однократно программируемые OTP (One Time Programmable) и многократно программируемые EPROM. EPROM, в зависимости от способа стирания, могут быть UV-EPROM, с ультрафиолетовым стиранием, и EEPROM, с электрическим стиранием.

Энергозависимой памятью является оперативная память RAM (Read Access Memory), которая делится на два типа: статическая — SRAM и динамическая — DRAM. Статическая память, при наличии питающего напряжения, может сохранять записанную информацию сколь угодно долго, запоминающей ячейкой является триггер. Динамическая память требует постоянной «регенерации», то есть считывания и повторной записи в соответствующие ячейки. Это связано с физическими свойствами запоминающей ячейки, которой является конденсатор ничтожно малой емкости, включенный на пересечении строк и столбцов матрицы. Тем самым достигается сверхвысокая плотность упаковки и большая удельная информационная емкость микросхемы.[8]

Запоминающие устройства (далее — ЗУ) характеризуются следующими параметрами:

1. Емкость ЗУ определяет максимально возможный объем хранимой в нем информации, обычно измеряемой в байтах;
2. Организация ЗУ ($N \times L$) — число кодовых слов (N), хранимых в ЗУ с указанием их длины (разрядности) (L);
3. Время выборки t_a — временной интервал между подачей на вход памяти заданного сигнала и получением на выходе данных;
4. Время цикла адреса в режиме записи ($t_{cy(a)wr}$) — минимальное время совпадения сигналов на управляющих входах памяти, необходимое для надежной записи в нее информации.

В зависимости от способа нахождения нужного элемента в массиве других однотипных элементов различают структуры с одномерной (линейной) и двумерной адресацией. При двумерной адресации каждому элементарному запоминающему элементу (далее — ЭЗЭ) матрицы присваивается определенный адрес, поиск которого производится указанием номеров соответствующих строки и столбца. Разряды регистра адреса ЗУ с двумерной адресацией делятся на две группы: одна определяет двоичный адрес строки, другая — двоичный адрес столбца. [10]

Микросхема K155PY5 (рисунок 8.1) имеет структуру матричного ОЗУ с организацией 256 слов по 1 биту. Матрица имеет 16 рядов и 16 колонок запоминающих ячеек. Для выбора ячейки, куда записано требуемое одноразрядное слово, служат два четырехвыходовых дешифратора. Один выбирает из 16 рядов матрицы, другой — из 16 колонок. Считывание данных ячейки и запись в ячейку производится усилителем считывания/записи, который имеет четыре входа управления $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$, $CS3$, $\overline{WE}$, а также вход записи данных $D_{вх}$ и выход данных D_0 . Входы $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$ и $CS3$ открывают доступ к матрице памяти (для входов $\overline{CS1}$ и $\overline{CS2}$ активный уровень — низкий, для $CS3$ — высокий). По входу $\overline{WE}$ (активный уровень — низкий) разрешается запись в выбранную ячейку.

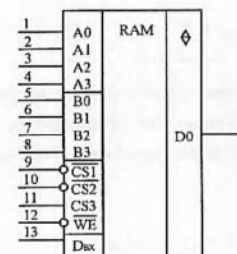


Рисунок 8.1 — УГО K155PY5.

Таблица 8.1

Режимы работы K155PY5

Вход					Выход	Режим работы
$\overline{CS1}$	$\overline{CS2}$	$CS3$	$\overline{WE}$	$D_{вх}$	D_0	
1	x	x	x	x	1	Ячейка не выбирается
x	1	x	x	x	1	Ячейка не выбирается
x	x	0	x	x	1	Ячейка не выбирается
0	0	1	0	0	1	Запись 0 в ячейку
0	0	1	0	1	1	Запись 1 в ячейку
0	0	1	1	x	$D_{вых}$	Считывание

Микросхема K155PY2 (рисунок 8.2) — ОЗУ емкостью 64 бит. Ячейки памяти организованы в матрицу RAM, имеющую 16 рядов и 4 колонки, что соот-

ветствует логической организации 16 слов по 4 бита. Матрица снабжена адресным дешифратором DC , который принимает четырехразрядный код адреса $A1...A4$ и выбирает нужное четырехразрядное слово. Четыре входа данных $D1...D4$ снабжены входом разрешения записи $\overline{WE}$. Для считывания данных из ОЗУ после фиксации адресных данных на вход $\overline{WE}$ подается напряжение высокого уровня, а на вход выбора кристалла $\overline{CS}$ — низкого. Для записи сигналов требуется установить напряжение низкого уровня на входах управления $\overline{WE}$ и $\overline{CS}$. Адресный код в это время также должен быть зафиксирован.

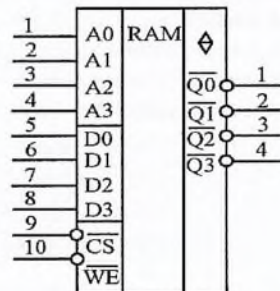


Рисунок 8.2 — УГО K155PY2.

Следует учесть, что в режиме считывания выбранные ячейки памяти доступны для приема данных, поэтому логические сигналы на шинах требуется зафиксировать перед переключением уровней управления от низкого к высокому на входах $\overline{CS}$ или $\overline{WE}$.

Таблица 8.2

Режимы работы K155PY2				
Режимы работы	Вход			Выход
	$\overline{CS}$	$\overline{WE}$	D_n	$\overline{Q_n}$
Запись	0	0	0	1
	0	0	1	0
Считывание	0	1	X	$\overline{D_n}$
Запрет записи	1	0	0	1
	1	0	1	1
Отключение выходов	1	1	X	1

Микросхема K155ПР6 относится к ПЗУ масочного типа. Информация в ПЗУ такого типа записывается в процессе изготовления. Данная микросхема запрограммирована как преобразователь двоично-десятичных слов в двоичные. Ее основа — запоминающая матрица с организацией 32×8 (256 бит). Матрицей управляет дешифратор адресов с 5 входами и 32 выходами. В таблице 8.3 приведены логические уровни ПЗУ такого типа. На входы $A_0 ... A_4$ подается дво-

ично-десятичный код. Вход RE разрешает преобразование при подаче на него напряжения низкого уровня. Напряжение высокого уровня на входе RE запрещает преобразование, а на выходах $Q_0 ... Q_4$ появляются напряжения высокого уровня.[4]

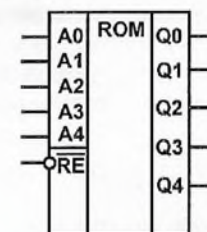


Рисунок 8.3 — УГО ПЗУ K155ПР6.

Таблица 8.3

Логические уровни при преобразовании двоично-десятичных слов в ПЗУ K155ПР6

Номер слова	Вход						Двоичный код на выходе				
	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0	$\overline{RE}$	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
7	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
8	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
9	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
11	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
12	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
13	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
14	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0
15	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
16	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
17	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
18	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
19	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
Любой	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1	1

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Запоминающие устройства». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 8.4.

На лицевой панели приведены условные графические обозначения запоминающих устройств. Подача напряжения на элементы модуля осуществляется включением тумблера питания.

Коммутация между запоминающими устройствами и устройствами задания уровней производится при помощи соединительных проводников, входящих в комплект комплекта.

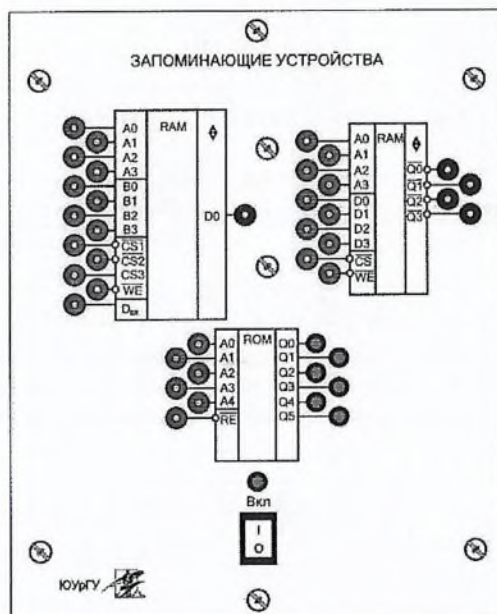


Рисунок 8.4 — Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Запоминающие устройства».

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Изучение одноразрядного ОЗУ.

2.1 Согласно схеме (рисунок 8.5) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 8.6, для изучения одноразрядного ОЗУ. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После

проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы микросхемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

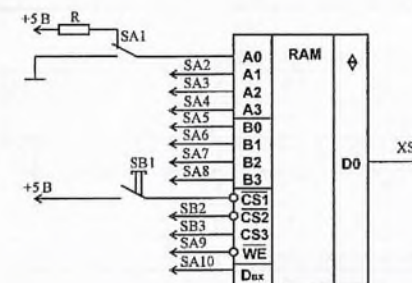


Рисунок 8.5 — Схема электрическая принципиальная включения микросхемы K155PV5.

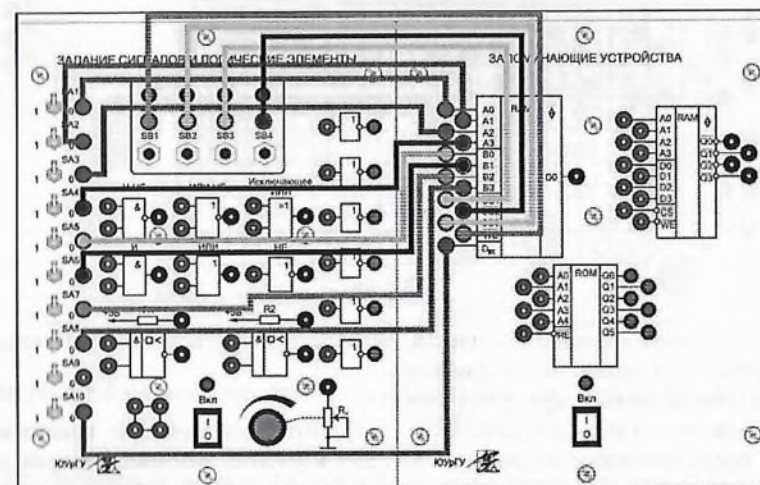


Рисунок 8.6 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения микросхемы K155PV5.

2.2 Записать в первые 16 ячеек ОЗУ информацию согласно варианту (таблица 8.5), назначенному преподавателем, и затем считать информацию на выходе

2.3 Результаты заносить в таблицу 8.4.

Вход					Выход	Режим работы
$\overline{CS1}$	$\overline{CS2}$	$\overline{CS3}$	$\overline{WE}$	$D_{вх}$	D_0	

Таблица 8.4

Таблица 8.5

Исходные данные по вариантам										
№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Адрес	Данные									
0 0 0 0 0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	
0 0 0 1 1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	
0 0 1 0 1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	
0 0 1 1 1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	
0 1 0 0 0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	
0 1 0 1 1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
0 1 1 0 1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
0 1 1 1 0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	
1 0 0 0 0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
1 0 0 1 1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	
1 0 1 0 1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
1 0 1 1 0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	
1 1 0 0 1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	
1 1 0 1 0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	
1 1 1 0 1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	
1 1 1 1 0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	

2.4 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта. Сравнить режимы работы со справочными данными.

3. Изучение четырехразрядного ОЗУ.

3.1 Согласно схеме (рисунок 8.7) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 8.8, для изучения запоминающихся устройств. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы микросхемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контро-

лировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

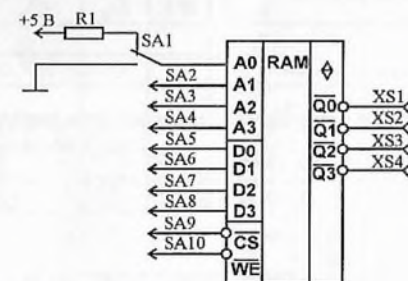


Рисунок 8.7 — Схема электрическая принципиальная включения микросхемы K155PY2.

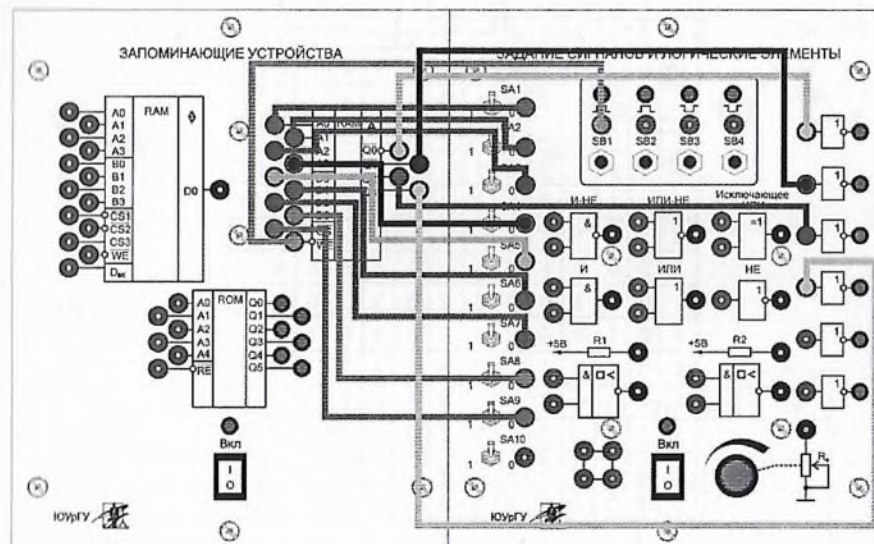


Рисунок 8.8 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения микросхемы K155PY2.

3.2 Записать в первые 16 ячеек ОЗУ информацию в двоичном коде согласно варианту (таблица 8.7), назначенному преподавателем, и затем считать информацию на выходе. Информация в таблице представлена в десятичном коде, для записи ее необходимо перевести соответственно в двоичный. Результаты занести в таблицу 8.6.

3.3 Результаты заносить в таблицу 8.6.

Режимы работы	Вход			Выход
	$\overline{CS}$	$\overline{WE}$	D_n	$\overline{Q_n}$

Исходные данные по вариантам													
№ вар				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Адрес				Данные									
0	0	0	0	0	0	9	1	7	9	0	8	1	2
0	0	0	1	1	2	7	5	8	6	7	2	0	5
0	0	1	0	2	1	8	9	9	3	4	7	2	4
0	0	1	1	3	4	6	7	4	8	1	1	3	1
0	1	0	0	4	3	5	5	5	5	2	9	4	3
0	1	0	1	5	6	4	3	6	2	5	3	5	6
0	1	1	0	6	5	1	4	1	7	8	7	2	9
0	1	1	1	7	8	2	5	2	4	9	9	1	8
1	0	0	0	8	7	3	6	3	1	6	4	6	7
1	0	0	1	9	9	8	2	0	3	3	6	1	0
1	0	1	0	0	0	5	5	0	2	0	1	8	3
1	0	1	1	1	2	2	8	1	1	7	3	2	2
1	1	0	0	2	1	1	7	1	6	8	0	7	1
1	1	0	1	3	3	3	8	2	5	9	8	2	4
1	1	1	0	4	4	2	9	5	4	4	5	9	7
1	1	1	1	5	5	4	0	8	0	5	2	0	8

3.4 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта. Сравнить режимы работы со справочными данными.

4. Изучение ПЗУ.

4.1 Согласно рисунку 8.9 выполнить электрические соединения модулей для изучения ПЗУ.

После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

4.2 В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы триггера соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи *SA* модуля «Задание сигналов и логические элемен-

ты»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

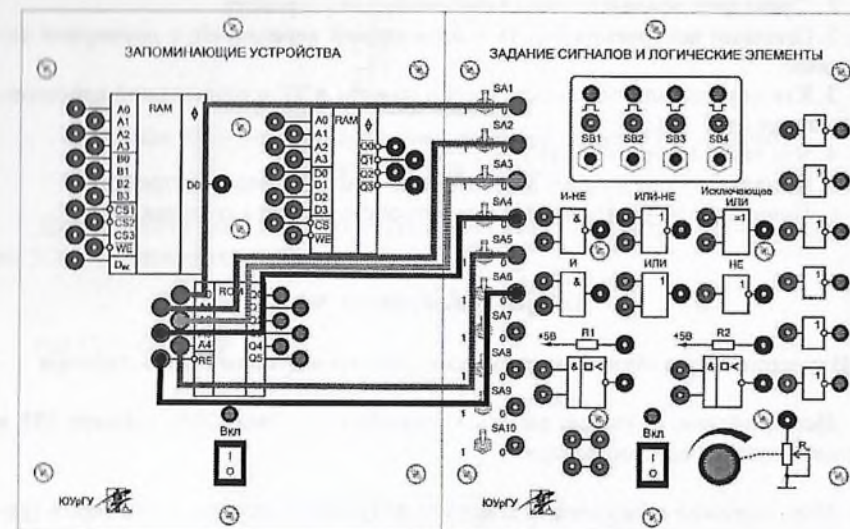


Рисунок 8.9 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения ПЗУ.

4.3 Результаты заносить в таблицу 8.8.

[illegible]

4.4 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта. Сравнить режимы работы со справочными данными.

5. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите основные типы запоминающих устройств.
2. Принцип построения ИС ЗУ с одномерной адресацией; с двумерной адресацией?
3. Как осуществляется выбор ячейки памяти в ЗУ с одномерной адресацией; с двумерной?
4. Что такое масочные ПЗУ?
5. Приведите определение оперативного запоминающего устройства?
6. Приведите УГО запоминающих устройств различных типов.

Лабораторная работа №9

Изучение одновибратора, таймера в режиме ждущего одновибратора

Цель работы: изучение работы одновибратора 74LS123N, таймера 555 в режиме ждущего одновибратора.

Используемое оборудование: модуль «Мультивибраторы и таймеры» (рисунки 9.8), модуль «Задание сигналов и логические элементы», модуль «Модуль питания и измерений», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Мультивибратор — это устройство, имеющее два квазиравновесных состояния, самопроизвольно переключающееся из одного состояния в другое, генерируя при этом на выходах импульсы прямоугольной формы.

Для импульсных генераторов характерно наличие внешней или внутренней положительной обратной связи, обуславливающей возможность их самовозбуждения и лавинообразный процесс перехода активных элементов генератора из одного крайнего состояния в другое.

Генераторы прямоугольных импульсов делятся на автоколебательные мультивибраторы и ждущие мультивибраторы.

Автоколебательные мультивибраторы не обладают состоянием устойчивого равновесия, ждущие мультивибраторы обладают одним состоянием устойчивого равновесия и поэтому часто называются одновибраторами.

Микросхема 74LS123N (рисунок 9.1) — ждущий мультивибратор с возможностью перезапуска. Одновибратор имеет выходы $\bar{Q}$ и Q , вход сброса $\bar{R}$ (активный уровень — низкий) и два входа запуска B — прямой с активным высоким уровнем и $\bar{A}$ — инверсный с активным низким уровнем. Одновибратор может повторно запускаться подачей нового запускающего импульса до окончания выходного, поэтому можно получить один импульс на выходе при поступлении на вход серии импульсов. Таким образом, при помощи данного мультивибрато-

ра получается на выходе один импульс заданной длительности после запуска (таблица 9.1). [10]

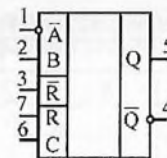


Рисунок 9.1 — Условно-графическое обозначение (УГО) одного мультивибратора 74LS123N.

Длительность выходного импульса зависит от параметров RC -цепи (рисунок 9.2) и определяется по формуле:

$$t = 0,45 R_1 C_1,$$

где $C_1 > 10000 \text{ пФ}$.

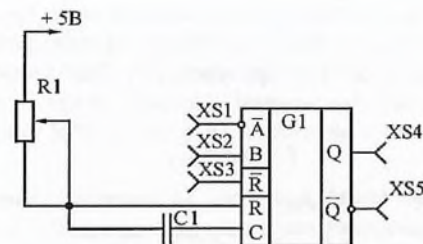


Рисунок 9.2 — Схема электрическая принципиальная одновибратора на основе микросхемы 74LS123N.

Одновибратор запускается отрицательным фронтом сигналом на входе $\bar{A}$. При этом на входе B необходимо зафиксировать напряжение высокого уровня (таблица 9.1).

По входу B одновибратор включается перепадом входного сигнала с низкого уровня напряжения на высокий (положительный фронт), при этом на входе $\bar{A}$ необходимо зафиксировать напряжение низкого уровня.

На вход сброса $\bar{R}$ подается напряжение высокого уровня. Если на этот вход подается напряжение низкого уровня, то включение схемы блокируется и на выходе Q устанавливается напряжение низкого уровня, а на $\bar{Q}$ — высокого.

Кроме того, схему можно запустить положительным фронтом импульса на входе сигнала сброса $\bar{R}$.

Таблица 9.1

Сигнал управления для мультивибратора

Вход			Выход	
$\bar{R}$	$\bar{A}$	B	Q	$\bar{Q}$
0	-	-	0	1
-	1	-	0	1
-	-	0	0	1
1	0	0/1		
1	1/0	1		
0/1	0	1		

Минимальное время одного импульса 40нс, поскольку паразитная ёмкость вывода R/C на землю около 50пФ. При изменении навесного сопротивления длительность выходного сигнала будет меняться.

Если ждущий мультивибратор в микросхеме включить по кольцевой схеме, то можно построить мультивибратор-автогенератор (мультивибратор с самовозбуждением). На выходе будет наблюдаться непрерывная совокупность выходных сигналов одновибратора (рисунок 9.4). Длительность выходного импульса будет определяться выражением:

$$t = 0,3R_1C_1$$

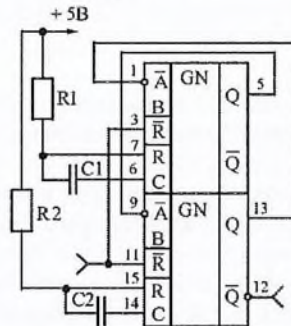


Рисунок 9.4 — Схема электрическая принципиальная генератора на основе двух одновибраторов, включенных по кольцевой схеме.

Таймером называется электронное устройство, предназначенное для формирования импульсных сигналов с регулируемой длительностью и скважностью.

До рассмотрения схемы типичного таймера уточним некоторые относящиеся к нему термины.

Частота повторений импульсов f импульсного сигнала характеризует число импульсов, приходящихся на заданный временной интервал, обычно на 1с. Сигнал с частотой 1кГц соответствует 1000 импульсам в секунду.

Период импульсов T импульсного сигнала – это время одного полного цикла импульса:

$$T = \frac{1}{f}.$$

Период указанного выше импульсного сигнала составляет 1/1000 с, или 1мс.

Коэффициент заполнения (K_3), - отношение длительности импульса t_n к периоду повторения T :

$$K_3 = \frac{t_n}{t_n + t_{\text{п}}}.$$

Сигнал, у которого время импульса $t_n = 1\text{мс}$ и время паузы $t_{\text{п}} = 1\text{мс}$, имеет коэффициент заполнения 50%, называется меандром.

Ширина импульса прямоугольной формы равна временному интервалу, измеренному на уровне 50% амплитуды, в течение которого сигнал имеет высокий уровень.

Время нарастания (фронта) $t_{\text{ф}}$ импульса равно временному интервалу между точками 10% и 90% его амплитуды. Время нарастания «идеального» импульса равно нулю.

Время спада (среза) $t_{\text{с}}$ импульса равно временному интервалу между точками 90% и 10% его амплитуды. Время спада «идеального» импульса равно нулю.

Основные параметры таймера 555: напряжение питания 5...18В; потребляемый ток при $U_{\text{п}} = 5\text{В}$ составляет 5мА, при $U_{\text{п}} = 15\text{В}$ – 12мА; порог переключения таймера при $U_{\text{п}} = 5\text{В}$ равен 1,67В, для $U_{\text{п}} = 15\text{В}$ – 5В; входной ток переключения 0,5мкА; напряжение возврата в исходное состояние 0,7В; ток возврата в исходное состояние 0,1мА; пороговый ток включения 0,1...0,25мкА; уровень напряжения срабатывания при $U_{\text{п}} = 15\text{В}$ равен 10В, для $U_{\text{п}} = 5\text{В}$ – 3,33В; время фронта выходного импульсного сигнала 100нс, время спада 100нс.

Упрощенная внутренняя структура таймера 555 приведена на рисунке 9.5. По существу, таймер состоит из двух операционных усилителей, используемых в качестве компараторов, и RS-триггера. Кроме того, предусмотрен инвертирующий выходной буфер, обеспечивающий достаточно высокую нагрузочную способность. Для быстрого разряда внешнего времязадающего конденсатора имеется транзисторный ключ VT1.

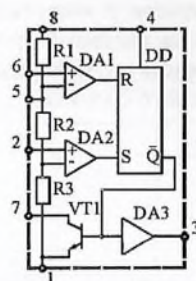


Рисунок 9.5 – Логическая структура таймера 555.

Рассмотрим таймер 555 (рисунок 9.6), работающий в режиме мультивибратора. Предположим, что на *Выходе* (контакт 3) первоначально действует напряжение высокого уровня и транзистор выключен. Тогда конденсатор $C1$ начнет заряжаться от источника питания через резисторы $R1$ и $R2$.

Когда напряжение на входе *Порог* (контакт 6) превысит две трети напряжения питания, состояние на входе верхнего компаратора изменится, RS -триггер сбросится и на выходе $\bar{Q}$ появится напряжение высокого уровня, которое откроет транзистор $VT1$. Из-за наличия инвертирующего буфера на *Выходе* (контакт 3) формируется напряжение низкого уровня.

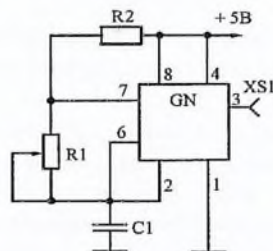


Рисунок 9.6 — Схема электрическая принципиальная генератора на основе таймера.

Теперь конденсатор $C1$ будет разряжаться током, который протекает через резистор $R2$ и транзистор $VT1$. Через некоторое время напряжение на входе *Запуск* (контакт 2) уменьшится до одной трети напряжения источника питания, и нижний компаратор изменит свое состояние, возвратив триггер в исходное состояние. На выходе $\bar{Q}$ появится напряжение низкого уровня, транзистор $VT1$ выключится, и на *Выходе* (контакт 3) появится напряжение высокого уровня. Таким образом, весь цикл работы таймера будет повторяться непрерывно. [7]

Основные параметры генератора рассчитываются следующим образом:

$$t_{\text{и}} = 0,693(R1 + R2)C$$

$$t_{\text{п}} = R1C \ln 2$$

Частота выходного напряжения составит:

$$f = \frac{1}{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}} \approx \frac{1,44}{(R2 + 2R1)C}$$

Коэффициент заполнения определяется соотношением:

$$K_3 = \frac{t_{\text{и}}}{t_{\text{и}} + t_{\text{п}}} \approx \frac{R1 + R2}{R2 + 2R1}$$

Для получения симметричного прямоугольного сигнала следует выбрать резистор $R1$ намного больше $R2$.

Рассмотрим таймер 555, работающий в режиме одновибратора (рисунок 9.7). Для получения выходного импульса на вход *Запуск* (контакт 2) подается спадающий фронт, то есть осуществляется переход от 1 к 0. Когда действует этот сигнал и запускающее входное напряжение уменьшается ниже одной трети напряжения питания ($U_{\text{п}}$), на выходе нижнего компаратора появляется напряжение ($U_{\text{пор.н}}$) высокого уровня и триггер переводится в состояние 1. На выходе $\bar{Q}$ триггера формируется напряжение низкого уровня, транзистор $VT1$ закрывается, и на выходе схемы (контакт 3) появляется напряжение высокого уровня.

После этого конденсатор $C1$ заряжается от источника питания через резистор R_T до тех пор, пока напряжение *Порога* (контакт 6) не достигнет двух третей напряжения питания. В этот момент напряжение на выходе верхнего компаратора ($U_{\text{пор.в}}$) изменяется и триггер сбрасывается. На его выходе $\bar{Q}$ появляется напряжение высокого уровня, транзистор $VT1$ открывается, а на *Выходе* (контакт 3) формируется напряжение низкого уровня. Следовательно, схема переводится в пассивное состояние и ожидает следующего запускающего импульса.

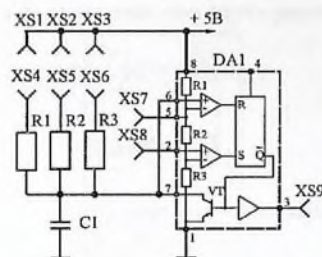


Рисунок 9.7 — Схема электрическая принципиальная одновибратора на основе таймера

Для этого режима справедливы следующие расчетные соотношения:

Временной интервал, в течении которого на выходе действует напряжение высокого уровня:

$$t = 1,1R_1C_1.$$

Рекомендуемая ширина запускающего импульса:

$$t_{\text{зап}} \leq \frac{t}{4}.$$

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Мультивибраторы и таймеры». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 9.8.

На лицевой панели приведены условные графические обозначения генераторов. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

Коммутация между модулями происходит при помощи соединительных проводников, входящих в состав комплекта.

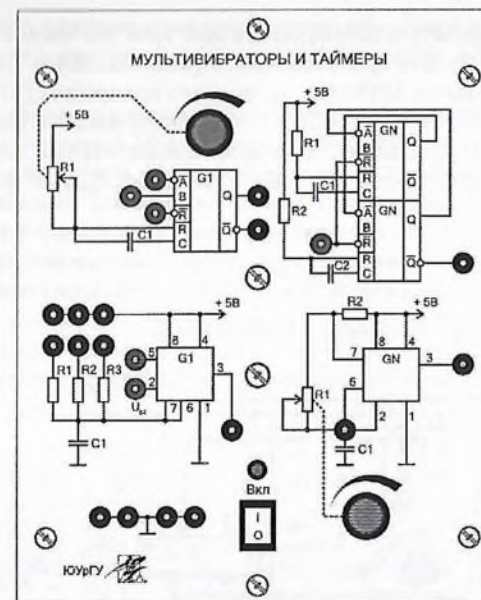


Рисунок 9.8 — Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Мультивибраторы и таймеры».

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Снять и зафиксировать на черновике таблицы состояний входов и выходов схемы. Проверить правильность работы схемы.

3. Изучение одовибратора в режиме ждущего мультивибратора.

3.1 Согласно рисунку 9.9 выполнить электрические соединения модулей. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов на выходе инверторов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

3.2 Рассмотреть работу одновибратора при трех значениях сопротивления R_1 (смотри рисунок 9.2): для крайнего левого (минимального 390 Ом), крайнего правого (максимального 10390 Ом) и среднего положения (5195 Ом).

3.3 Результаты занести в таблицу 9.3, таблица приведена для одного значения сопротивления R_1 . Длительность импульса измерять при помощи секундомера. Рассчитать длительность выходного импульса $t_{расч}$ по формуле, при $C_1 = 10^6$ пФ:

$$t_{расч} = 0,45 R_1 C_1,$$

где, $t_{расч}$ – время в мс, R – сопротивление в кОм

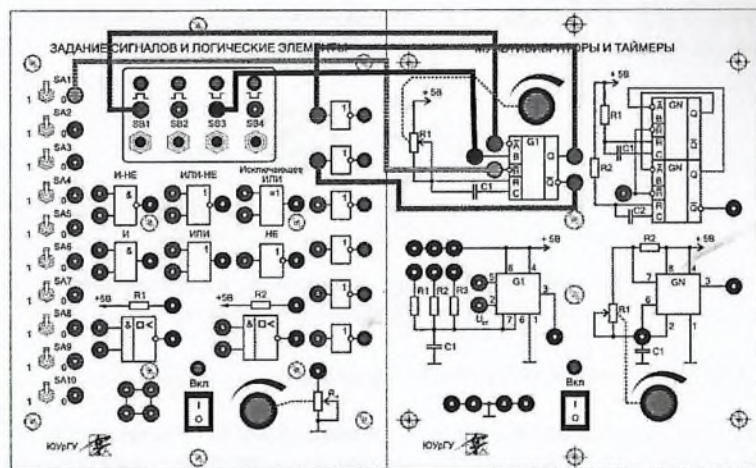


Рисунок 9.9 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы одновибратора в режиме ждущего мультивибратора

3.4 Результаты заносить в таблицу 9.3.

Вход				Выход			
R_1	$\bar{R}$	$\bar{A}$	B	Q	$\bar{Q}$	$t_{эксп}$, с	$t_{расч}$, с
0	-	-	-			-	-
-	1	-	-				
-	-	0	-				
1	0	0/1	-				
1	1/0	1	-				
0/1	0	1	-				

Таблица 9.3

3.5 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальные и расчетные длительности импульса, построить временные диаграммы.

4. Изучение таймера в режиме ждущего одновибратора.

4.1 Согласно рисунку 9.10 выполнить электрические соединения модулей.

Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

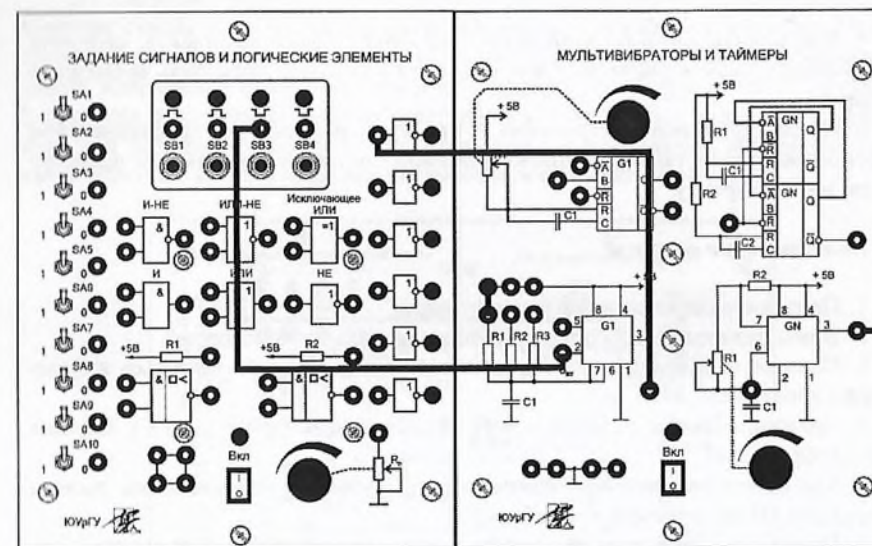


Рисунок 9.10 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы одновибратора в режиме таймера.

4.2 Рассмотреть работу схемы при шести значениях сопротивления R_t (см. рисунок 9.7): $R_t=R_1$; $R_t=R_2$; $R_t=R_3$; $R_t=R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$; $R_t=R_1 \cdot R_3 / (R_1 + R_3)$; $R_t=R_2 \cdot R_3 / (R_2 + R_3)$. Данные изучения одновибратора в режиме таймера занести в таблицу 9.4. Длительность импульса измерять при помощи секундомера.

4.3 Рассчитать длительность выходного импульса $t_{расч}$, в течение которого на выходе действует напряжение высокого уровня по формуле:

$$t_{\text{расч}} = 1,1 R_{\tau} C1,$$

где $R1 - 5,1 \text{ кОм}$; $R2 - 6,2 \text{ кОм}$; $R3 - 7,5 \text{ кОм}$; $C1 - 470 \mu F$.

4.4 Результаты заносить в таблицу 9.4.

Таблица 9.4

Вход		Выход		
R_{τ}	$U_{\text{вх}}$	Q	$t_{\text{экср}}, \text{с}$	$t_{\text{расч}}, \text{с}$
$R1$	1/0			
$R2$	1/0			
...	...			
$R2 \cdot R3 / (R2 + R3)$	1/0			

5 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальные и расчетные длительности импульса, построить временные диаграммы.

6 После оформления черновика и проверки результатов преподавателем не обходимо предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение одновибратора.
2. В чём разница между одновибратором и мультивибратором?
3. Приведите формулу расчета длительности выходного импульса ждущего одновибратора.
4. Принципиальные отличия между схемами автоколебательных и ждущих мультивибраторов?
5. Как получить различные скважности импульсных сигналов на выходе таймера для обоих режимов его работы?
6. Приведите определение коэффициента заполнения (скважности) импульсов.

Лабораторная работа №10

Изучение одновибратора, таймера в режиме мультивибратора

Цель работы: изучение работы одновибратора 74LS123N, таймера в режиме мультивибратора.

Оборудование: модуль «Мультивибраторы и таймеры» (рисунок 9.8), модуль «Задание сигналов и логические элементы», модуль «Модуль питания и

измерений», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Перед выполнением лабораторной работы ознакомиться с теоретической частью к лабораторной работе №9.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Изучение генератора на основе двух одновибраторов.

2.1 Согласно рисунку 10.1 выполнить электрические соединения модулей. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания модулей. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо вход схемы соединить при помощи соединительного проводника с источником логических сигналов (ключ SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»).

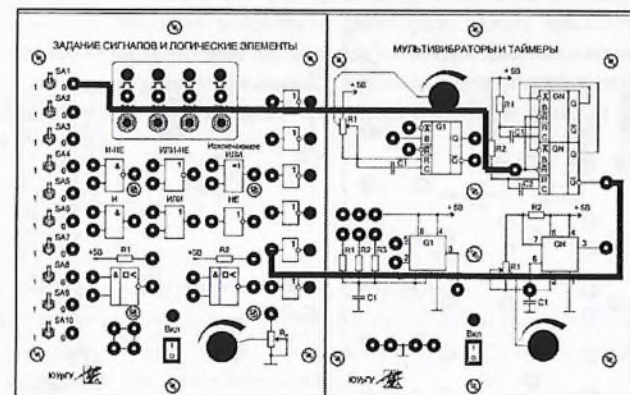


Рисунок 10.1 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы генератора на основе двух одновибраторов, включенных по кольцевой схеме.

2.2 Задавая входной сигнал R (0 и 1), контролировать частоту выходного сигнала светодиодом модуля «Задание сигналов и логические элементы».

2.3 Результаты заносить в таблицу 10.1.

Таблица 10.1

Вход	Выход
Сброс R	Q , Hz

2.4 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными.

3. Изучение генератора на основе таймера.

3.1 Согласно рисунку 10.2 выполнить электрические соединения модулей. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. Серию импульсов контролировать светодиодом модуля «Задание сигналов и логические элементы». Измерить длительность импульса $t_{и}$ и длительность паузы $t_{п}$ секундомером. Рассчитать частоту $f_{эсп}$ по формуле:

$$f_{эсп} = \frac{1}{t_{и} + t_{п}}$$

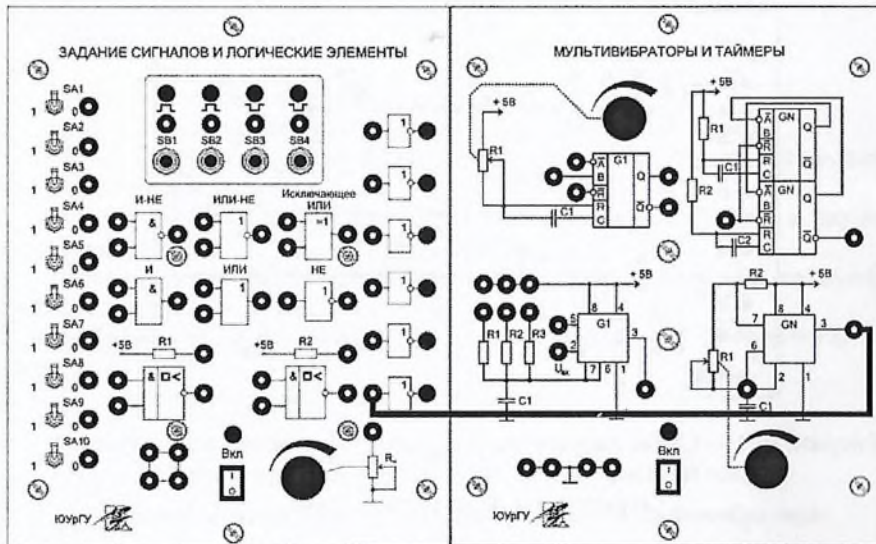


Рисунок 10.2 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы генератора на основе таймера.

3.2 Рассмотреть работу таймера при трех значениях сопротивления $R1$: для крайне левого (минимального значения 15 кОм), крайне правого (максимального 37 кОм) и среднего положения (26 кОм).

3.3 Рассчитать частоту $f_{расч}$ выходного сигнала по формуле:

$$f_{расч} = \frac{1.44}{(R2 + 2R1)C},$$

где $R1$ – 15 кОм...37 кОм,

$R2$ – 1 кОм

C – 20 μF

3.4 Результаты заносить в таблицу 10.2.

Таблица 10.2

Вход	Выход	
$R1$	$f_{эсп}$, Hz	$f_{расч}$, Hz

4. Для контроля выходного аналогового сигнала необходимо выход элемента или схемы соединить с вольтметром модуля питания и измерений.

5. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальные и расчетные данные частоты выходного сигнала.

6. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение мультивибратора?
2. Поясните принцип работы мультивибраторов.
3. Как рассчитать длительность выходного импульса, от чего она зависит?
4. Какие существуют принципиальные отличия между схемами автоколебательных и ждущих мультивибраторов?
5. Какую роль в схемах мультивибраторов выполняют конденсаторы связи?

Лабораторная работа №11

Изучение ЦАП на основе матрицы R - $2R$

Цель работы: изучение принципов работы цифро-аналогового преобразователя на основе матрицы R - $2R$.

Оборудование: модуль «Элементы ЦАП и АЦП» (рисунок 11.6), модуль «Модуль питания и измерений», модуль «Задание сигналов и логические элементы», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Цифро-аналоговые преобразователи (далее ЦАП) предназначены для преобразования цифровых сигналов в аналоговые и служат для сопряжения цифровых устройств формирования и обработки сигналов с аналоговыми потребителями информации. Они широко используются для управления аналоговыми устройствами при помощи ЭВМ.

Существует несколько схем, каждая из которых служит базой для построения многих разновидностей ЦАП.

Схема ЦАП с переключателями и матрицей постоянного импеданса представлена на рисунке 11.1. В качестве ключей здесь используются МОП-транзисторы.

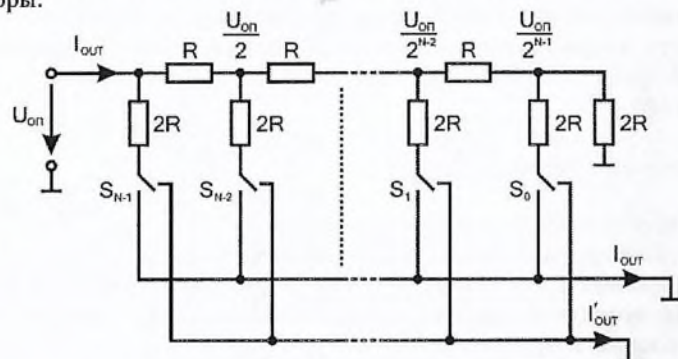


Рисунок 11.1 Схема ЦАП с переключателями и матрицей постоянного импеданса

В этой схеме задание весовых коэффициентов ступеней преобразователя осуществляют посредством последовательного деления опорного напряжения с помощью резистивной матрицы постоянного импеданса (так называемой матрицы R - $2R$). Основным элементом такой матрицы представляет собой делитель напряжения (рисунок 11.2), который должен удовлетворять следующему условию:

если он нагружен на сопротивление R_L , то его входное сопротивление R_{in} также должно принимать значение R_L .

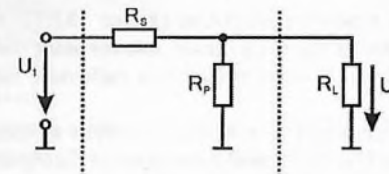


Рисунок 11.2 Построение ступени резистивной матрицы постоянного импеданса

Коэффициент ослабления цепи $\alpha = U_2/U_1$ при этой нагрузке должен иметь заданное значение. При выполнении этих условий получаем следующее выражение для сопротивления:

$$R_p = \frac{\alpha}{1 - \alpha} R_L \quad R_s = (1 - \alpha) R_L$$

При двоичном кодировании $\alpha = 0,5$. Если положить $R_L = 2R$, то

$$R_s = R \quad \text{и} \quad R_p = 2R$$

в соответствии с рисунком 11.2.

Предполагается, что благодаря малому или близкому к нулю входному импедансу приемников тока I_{out} и I'_{out} при любом положении переключателей S_k нижние выводы резисторов находятся под потенциалом общей шины схемы. Поэтому источник опорного напряжения всегда нагружен на постоянное входное сопротивление $R_{in} = R$. Это гарантирует неизменность опорного напряжения при любом входном коде ЦАП.

Если пренебречь сопротивлением нагрузки, то выходное напряжение можно определить по формуле:

$$U_{вых} = \frac{U_{оп}}{2^n} D,$$

где n - разрядность преобразования,

D - преобразуемый код (для максимального двоичного числа 1111 код $D=15$).

Приведенная схема формирует напряжение от 0В до 5В с числом уровней дискретизации равным 16, при подаче на разряды матрицы входного двоичного 4-х разрядного числа с ТТЛ уровнями. Схемы ЦАП на основе резистивных

матриц $R-2R$ практичны, надежны, обладают высокой скоростью преобразования и легко реализуются в интегральном исполнении. Не требуется широкого диапазона номиналов и чрезвычайной точности при их подгонке.

Аналого-цифровые преобразователи (далее АЦП) представляют собой устройства, которые преобразуют входные аналоговые сигналы в соответствующие им цифровые сигналы, пригодные для работы с ЭВМ и другими цифровыми устройствами.

Параллельные АЦП. Данный тип АЦП реализует метод непосредственного считывания и является на сегодняшний день самым быстродействующим. В параллельных АЦП (рисунок 11.3) входной сигнал одновременно квантуется при помощи набора компараторов, включенных параллельно эталонному источнику сигнала. Пороговые уровни компараторов установлены при помощи резистивного делителя в соответствии с используемой шкалой квантования. При подаче на такой набор компараторов входного сигнала, на выходах последних будет иметь место квантованный сигнал, представленный в параллельном коде, который при помощи кодирующей логики преобразуется в двоичный.

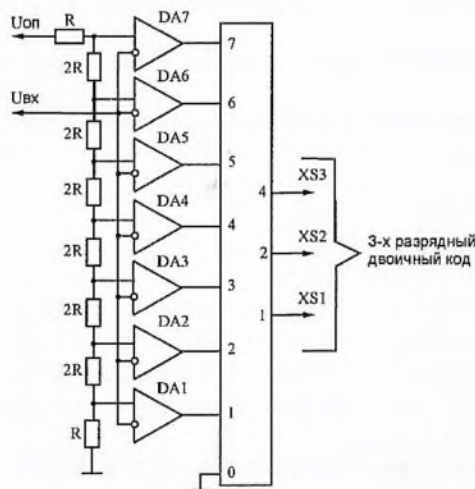


Рисунок 11.3 — Принципиальная схема параллельного АЦП

На неинвертирующих входах компараторов $DA1...DA7$ заданы пороговые напряжения резистивным делителем $R-2R$ на которое подано опорное напряжение $U_{оп}$, на инвертирующие входы подается входное напряжение $U_{вх}$. При этом значение логического 0 принимают выходы тех компараторов, у которых напряжение на инвертирующем входе больше порогового напряжения. Выходы компараторов соединены с шифратором приоритета, который преобразует, в общем случае, входной m -разрядный параллельный единичный код в n -разрядный параллельный двоичный код. Уровни напряжения на инвертирующем входе компараторов, при котором входное напряжение превышает пороговое напряжение заданное резистивной матрицей $R-2R$:

- $DA1, U_{вх. расч} = h/2;$
- $DA2, U_{вх. расч} = h+h/2;$
- $DA3, U_{вх. расч} = 2h+h/2;$
- $DA4, U_{вх. расч} = 3h+h/2;$
- $DA5, U_{вх. расч} = 4h+h/2;$
- $DA6, U_{вх. расч} = 5h+h/2;$
- $DA7, U_{вх. расч} = 6h+h/2;$

где h — квант входного напряжения ($h=U_{оп}/7, U_{оп}=5 В$).

Чаще всего аналоговые сигналы, которые требуется преобразовать в цифровую форму, изменяются во времени достаточно быстро и возникающие при этом апертурные погрешности могут превышать величину интервала (шага) квантования Q . Чтобы сохранить значение преобразуемого сигнала неизменным на всё время преобразования, его величина в определенный момент фиксируется при помощи специального устройства, которое называется устройством выборки-хранения. Схема выборки-хранения должна на интервале времени выборки повторять на выходе входной аналоговый сигнал, а при переключении в режим хранения сохранять последнее значение $U_{вых}$ на своем выходе до поступления сигнала выборки. Основная схема выборки-хранения показана на рисунке 11.4. Эта схема, выполняемая часто как полупроводниковая интегральная микросхема (далее ИМС), содержит два ОУ с малыми временами установления. ОУ — выходной повторитель имеет на входах МОП-транзисторы, что обеспечивает очень малый ток утечки запоминающего конденсатора C . Высококачественный ключ связывает выход первого ОУ с C_1 . Когда ключ замкнут, вся система работает как ОУ, при этом на конденсаторе поддерживается напряжение, как раз такое, чтобы $U_{вых} = KU_{вх}$ (где K — коэффициент передачи, определяемый соотношением резисторов R_1 и R_2). При размыкании ключа $U_{вых}$ сохраняет свое значение, пока токи утечки не изменят заряд C_1 . Для характеристики ошибки в режиме хранения обычно указывают скорость изменения выходного напряжения $U_{вых.хр}$ при данной запоминающей емкости C_1 .

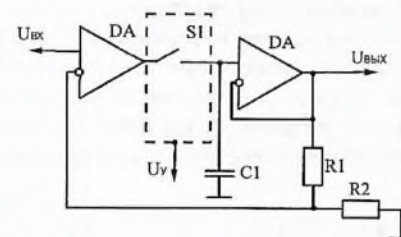


Рисунок 11.4 — Схема выборки — хранения

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Элементы ЦАП и АЦП». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 11.5.

На панели модуля представлены:

- матрица $R-2R$;
- схема выборки-хранения;
- схема параллельного АЦП.

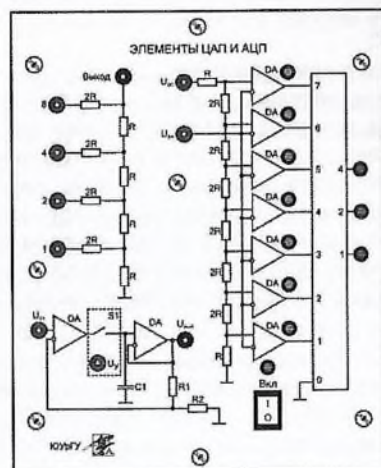


Рисунок 11.5 – Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Элементы ЦАП и АЦП».

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 11.6) выполнить электрические соединения модулей для изучения ЦАП на основе матрицы $R-2R$, представленные на рисунке 11.7. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект, включив тумблеры питания. Выходное напряжение контролировать вольтметром модуля питания и измерений.

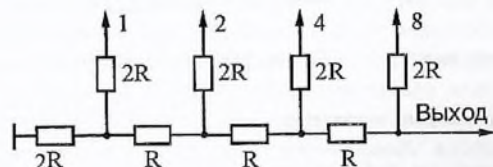


Рисунок 11.6 – Схема электрическая принципиальная изучения ЦАП на основе матрицы $R-2R$

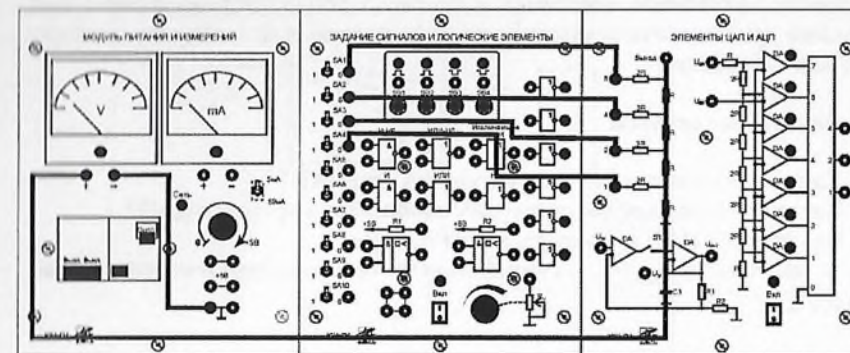


Рисунок 11.7 — Схема электрическая принципиальная типового комплекта для изучения принципов работы ЦАП на основе матрицы $R-2R$.

3. В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы 1, 2, 4, 8 соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задавание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации двоичного кода, контролировать выходное напряжение при помощи вольтметра модуля питания и измерений.

4. Данные о соответствии комбинаций двоичного кода и выходного напряжения заносить в таблицу 11.1.

5. Рассчитать расчетное $U_{\text{вых(расч)}}$ по формуле:

$$U_{\text{вых(расч)}} = \frac{U_{\text{оп}}}{2^n} D,$$

где $U_{\text{оп}}$ - напряжение логического сигнала на входах 1, 2, 4, 8,
 n - разрядность преобразования (для данной матрицы $R-2R$ $n=4$),
 D - преобразуемый код

Таблица 11.1

1	2	4	8	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	$U_{\text{вых(расч)}}, \text{В}$
...	...	...	...	...	...

7. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальные и расчетные данные.

8. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Какие операции необходимо выполнять при ЦАП?
2. Какие принципиальные погрешности вносятся в процессе ЦАП?
3. Как устроен ЦАП с суммированием токов?
4. Зачем на выходе ЦАП с суммированием токов включают операционный усилитель?

Лабораторная работа №12

Изучение параллельного АЦП и схемы выборки-хранения

Цель работы: изучение принципов работы параллельного аналого-цифрового преобразователя и изучение работы схемы выборки-хранения.

Оборудование: модуль «Элементы ЦАП и АЦП» (рисунок 2.7.6), модуль «Модуль питания и измерений», модуль «Задание сигналов и логические элементы», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с теоретической частью к лабораторной работе №11

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 12.1) выполнить электрические соединения модулей для изучения параллельного АЦП, представленные на рисунке 12.2. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

При выполнении лабораторной работы необходимо на вход $U_{оп}$ схемы подать постоянное напряжение 5В, а на вход $U_{вх}$ подавать изменяемое напряжение от 0В до 5В потенциометром модуля «Модуль питания и измерений».

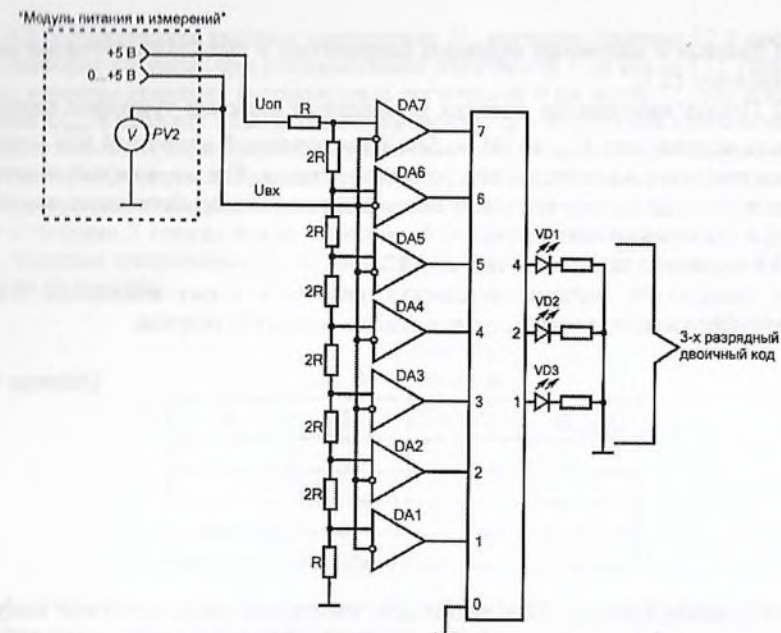


Рисунок 12.1 — Схема электрическая принципиальная для изучения принципов работы параллельного АЦП

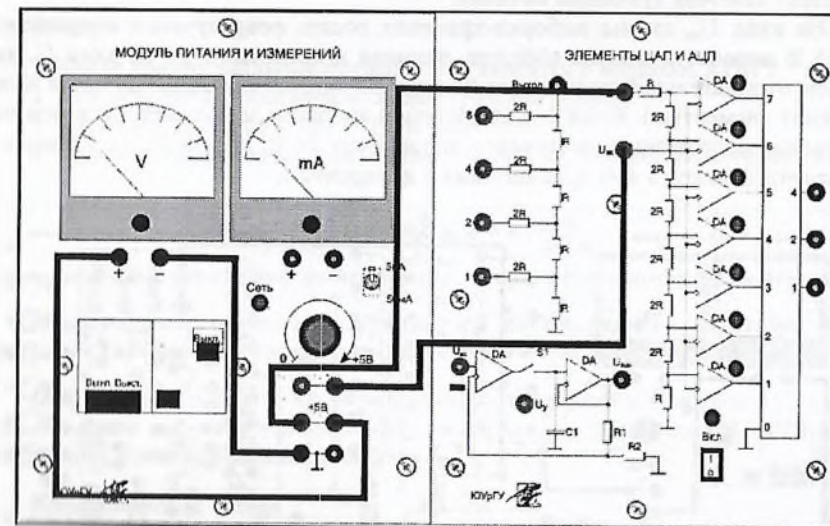


Рисунок 12.2 — Схема электрическая соединений типового комплекта для изучения принципов работы параллельного АЦП.

2.1 Данные о состоянии входного напряжения и выходных сигналов заносить в таблицу 12.1.

2.2 Подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания, повышать напряжение $U_{вх}$ от 0В до 5В. Трехразрядный двоичный код контролируется при помощи светодиодов на выходе схемы. Так же, каждый компаратор имеет светодиод, для контроля последовательного срабатывания компараторов при повышении напряжения.

2.3 Результаты заносить в таблицу 12.1.

2.4 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта. Квант входного напряжения, соответствует единице младшего разряда.

Таблица 12.1

$U_{вх}$, В	1	2	4

3. Согласно рисунку 12.3 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы схемы выборки-хранения. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

На вход $U_{вх}$ схемы выборки-хранения подать регулируемое напряжения 0...+5 В используя модуль «Модуль питания и измерений», а на вход U_{γ} импульсы отрицательной полярности (кнопки SB модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Вход $U_{вх}$ соединить с внешним мультиметром в режиме измерения постоянного напряжения с пределом 20 В, выход $U_{вых}$ соединить с вольтметром модуля «Модуль питания и измерений».

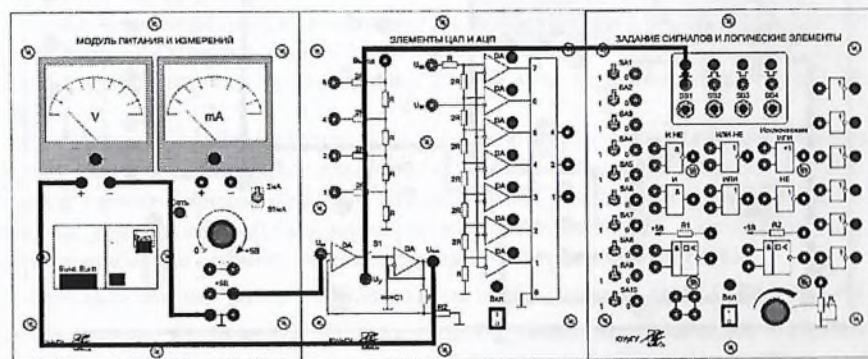


Рисунок 12.3 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы схемы выборки-хранения.

3.1 Устанавливая входное напряжение $U_{вх}$ согласно таблице 12.2 производить выборку сигнала (при установленной логической 1 на входе U_{γ}). Переводя схему в режим хранения (устанавливая логический 0 на входе U_{γ}) заносить показания $U_{вых}$ в таблицу 12.2. Во время хранения, при отсутствии сигнала выборки более чем 5...10с, происходит изменение уровня выходного напряжения за счет изменения заряда конденсатора C1, под действием токов утечки и входных токов операционного усилителя, поэтому заносить значения $U_{вых}$ в таблицу следует в течении 5 секунд после выборки. Используя данные таблицы 12.2 сравнить входные напряжения $U_{вх}$ и значения выборки $U_{вых}$ (расхождения должны быть не более 10%).

Таблица 12.2

$U_{вх}$, В	Значения выборки, $U_{вых}$, В
1±10%	
2±10%	
3±10%	
4±10%	
5±10%	

4. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить режимы работы со справочными данными.

5. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо выключить и предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Какие принципиальные погрешности вносятся в процессе АЦП?
2. Что называется единицей младшего разряда (ЕМР)?
3. Какие основные способы АЦП вы знаете?
4. Почему параллельные АЦП являются самыми быстродействующими?

Лабораторная работа №13

Изучение сумматоров, цифрового компаратора и схемы контроля четности

Цель работы: изучение полусумматора, двухразрядного сумматора, компаратора и схемы контроля четности, проверка таблиц истинности.

Оборудование: модуль «Арифметические устройства» (рисунок 13.5), модуль «Задание сигналов и логические элементы», модуль «Модуль питания и измерений», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Изучаемыми арифметическими устройствами являются полусумматор, сумматор, компаратор и схема контроля четности. Рассмотрим более подробно каждое из этих устройств.

Сумматором называется комбинационное логическое устройство, предназначенное для выполнения операций арифметического сложения чисел, представленных в виде двоичных кодов.

Простейший случай – суммирование двух одноразрядных чисел: $0+0=0$, $1+0=1$, $0+1=1$, $1+1=10$. В последнем случае выходное число 10 оказалось двоичным двухразрядным. Появившаяся в старшем разряде суммы единица, называется единицей переноса.

По признакам сумматоры подразделяются на следующие: полусумматоры, одноразрядные сумматоры, многоразрядные сумматоры.

Полусумматором называется устройство, предназначенное для сложения двух одноразрядных кодов, имеющее два входа и два выхода и формирующее из сигналов входных слагаемых сигналы суммы и переноса в старший разряд (рисунок 13.1).

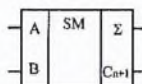


Рисунок 13.1 — Условно-графическое отображение (УГО) полусумматора

Одноразрядным сумматором (рисунок 14.2) называется устройство, предназначенное для сложения двух одноразрядных кодов, имеющее три входа и два выхода, и формирующее из сигналов входных слагаемых и сигнала переноса из младших разрядов сигналы суммы и переноса в старший разряд.

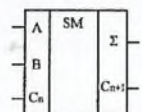


Рисунок 13.2 – УГО одноразрядного сумматора

Многоразрядным сумматором называется устройство, предназначенное для сложения двух многоразрядных кодов, формирующее на выходе код суммы и сигнал переноса в случае, если результат сложения не может быть представлен кодом, разрядность которого совпадает с разрядностью кодов слагаемых.

В свою очередь, многоразрядные сумматоры подразделяются на последовательные и параллельные. В последовательных сумматорах операция сложения выполняется последовательно разряд за разрядом, начиная с младшего. В параллельных сумматорах все разряды входных кодов суммируются одновременно. Частным случаем многоразрядного сумматора является двухразрядный сумматор (рисунок 13.3).

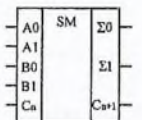


Рисунок 13.3 – УГО двухразрядного полусумматора

Двухразрядный сумматором называется устройство, предназначенное для сложения двух многоразрядных кодов, формирующее на выходе код суммы Σ и код переноса C_n в случае, если результат сложения не может быть представлен

кодом, разрядность которого совпадает с разрядностью кодов слагаемых. C_n (здесь n — число разрядов в суммируемых словах) – переменная возможного переноса из более младшего разряда. В данном сумматоре поразрядно суммируются два двухразрядных слова: разряд $A0$ с разрядом $B0$, разряд $A1$ с разрядом $B1$. При этом, в каждом элементарном сумматоре получаются поразрядные суммы $\Sigma0$, $\Sigma1$ и код внутреннего переноса C_{n+1} , который последовательно поступает на вход переноса C_n старшего сумматора.

В таблицах ниже приведены таблицы истинности для полусумматора (таблица 13.1) и двухразрядного сумматора (таблица 13.2).

Таблица 13.1

Таблица истинности полусумматора

Вход		Выход	
A	B	Сумма Σ	Перенос C_{n+1}
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

В таблицах 13.1 и 13.2, A и B соответственно одноразрядные и двухразрядные двоичные числа, изменяемые в процессе изучения сумматоров, C_n (здесь n — число разрядов в суммируемых словах) – переменная возможного переноса из более младшего разряда. В графе «Сумма Σ » приведено значение результата сложения, в графе «Перенос C_{n+1} » – полученное значение переноса в старший разряд.

Таблица 13.2

Таблица истинности двухразрядного сумматора

Вход					Выход			
$A1$	$B1$	$A0$	$B0$	C_n	Перенос C_{n+1}	Сумма $\Sigma1$	Сумма $\Sigma0$	Десятичная форма
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0	2
0	1	0	0	0	0	1	0	2
0	1	0	1	0	0	1	1	3
0	1	1	0	0	0	1	1	3
0	1	1	1	0	1	0	0	4
1	0	0	0	0	0	1	0	2
1	0	0	1	0	0	1	1	3
1	0	1	0	0	0	1	1	3
1	0	1	1	0	1	0	0	4

Продолжение таблицы 13.2

Вход					Выход			
A1	B1	A0	B0	C _n	Перенос C _{n+1}	Сумма Σ1	Сумма Σ0	Десятичная форма
1	1	0	0	0	1	0	0	4
1	1	0	1	0	1	0	1	5
1	1	1	0	0	1	0	1	5
1	1	1	1	0	1	1	0	6
0	0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	0	1	1	0	1	0	2
0	0	1	0	1	0	1	0	2
0	0	1	1	1	0	1	1	3
0	1	0	0	1	0	1	1	3
0	1	0	1	1	1	0	0	4
0	1	1	0	1	1	0	0	4
0	1	1	1	1	1	0	1	5
1	0	0	0	1	0	1	1	3
1	0	0	1	1	1	0	0	4
1	0	1	0	1	1	0	0	4
1	0	1	1	1	1	0	1	5
1	1	0	0	1	1	0	1	5
1	1	0	1	1	1	1	0	6
1	1	1	0	1	1	1	0	6
1	1	1	1	1	1	1	1	7

В последнем столбце таблицы 13.2 истинности двухразрядного сумматора результаты суммирования даны в десятичной форме. В присутствии входной единицы переноса C_n сумма чисел увеличивается на 1.

Цифровым компаратором (рисунок 13.4а) называется комбинационное логическое устройство, предназначенное для сравнения чисел, представленных в виде двоичных кодов.

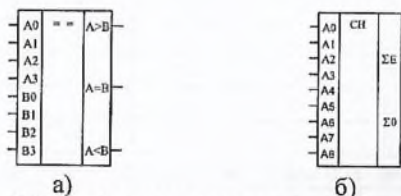


Рисунок 13.4 — УГО цифрового компаратора (а) и схемы контроля четности (б).

Число входов компаратора определяется разрядностью сравниваемых кодов. Сначала сравниваются значения старших разрядов, если значение разряда на входе A3 больше значения разряда на входе B3, то на выходе «A>B» устанавливается логическая 1, в противном случае логическая 1 устанавливается на выходе «A<B». В случае равенства значений разрядов на входах A3 и B3, компаратор переходит к сравнению более младших разрядов и т. д. В итоге, если значения самых младших разрядов равны, то логическая 1 устанавливается на выходе «A=B».

Работу компаратора при сравнении двух четырехразрядных кодов поясняет таблица истинности (таблица 13.3). Анализ таблицы истинности показывает, что при любой комбинации входных сигналов на выходе компаратора может быть сформирован только один активный логический сигнал.

Таблица 13.3

Таблица истинности компаратора

Вход сравнения данных				Выход		
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	A>B	A<B	A=B
A3>B3	x	x	x	1	0	0
A3<B3	x	x	x	0	1	0
A3=B3	A2>B2	x	x	1	0	0
A3=B3	A2<B2	x	x	0	1	0
A3=B3	A2=B2	A1>B1	x	1	0	0
A3=B3	A2=B2	A1<B1	x	0	1	0
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0>B0	1	0	0
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0<B0	0	1	0
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	0	0	1

Схема контроля четности (рисунок 13.4б) – девятиразрядная схема проверки на четность суммы единиц входного двоичного слова с целью обнаружения ошибок при высокоскоростной передаче данных. Микросхема имеет девять входов I0-I8, а также два выхода ΣЕ (выход четности суммы единиц входного слова) и Σ0 (выход нечетности). Если на входах A0-A8 код нечетный, на выходе Σ0 будет напряжение высокого уровня (1), а на выходе ΣЕ – низкий уровень (таблица 13.4).

Таблица 13.4

Таблица истинности схемы контроля четности

Вход	Выход	
Число высоких уровней на входах A0-A8	ΣЕ	Σ0
Четное	1	0
Нечетное	0	1

Описание лабораторного модуля

Работа проводится на лабораторном модуле «Арифметические устройства». Внешний вид лабораторного модуля изображен на рисунке 13.5.

На лицевой панели приведены условные графические обозначения арифметических устройств. Подача напряжения осуществляется включением тумблера питания.

Коммутация между арифметическими устройствами и устройствами задания уровней происходит при помощи соединительных проводников, входящих в состав комплекта.

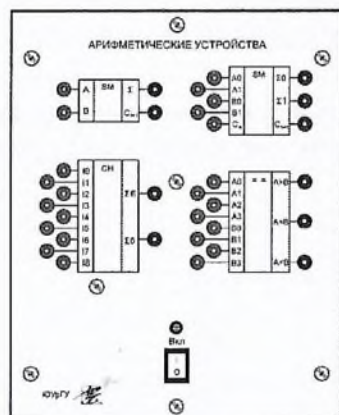


Рисунок 13.5 — Внешний вид лицевой панели лабораторного модуля «Арифметические устройства»

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Изучение арифметического устройства – полусумматор.

2.1 Согласно рисунку 13.6 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы полусумматора. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

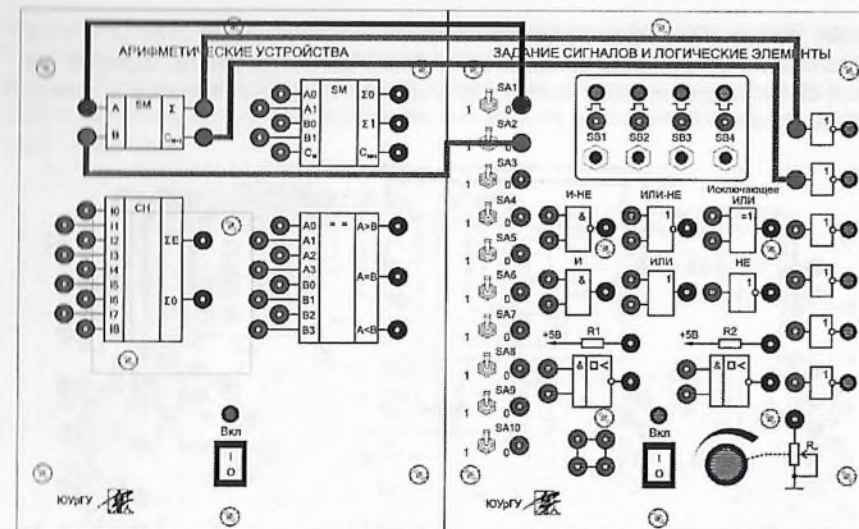


Рисунок 13.6 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы полусумматора

2.2 Результаты работы заносить в таблицу 13.5

Вход		Выход	
A	B	Сумма Σ	Перенос C_{n+1}
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

Таблица 13.5

2.3 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальные и справочные таблицы истинности.

3. Изучение арифметического устройства – двухразрядный сумматор.

3.1. Согласно рисунку 13.7 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы двухразрядного сумматора. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических

сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

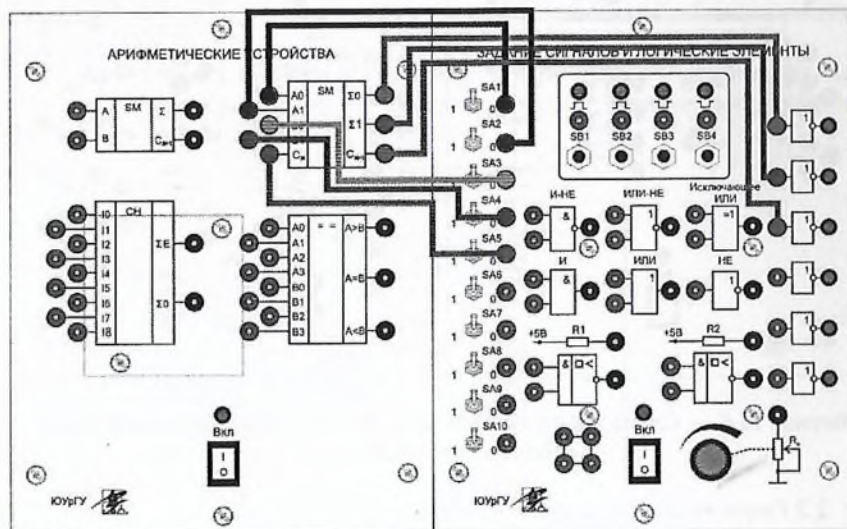


Рисунок 13.7 — Схема электрическая соединений комплекта изучения работы двухразрядного полусумматора

3.2 Результаты работы заносить в таблицу 13.6.

Таблица 13.6

Вход					Выход		
C_n	A_0	B_0	A_1	B_1	Сумма Σ	Перенос C_{n+1}	Десятичная форма

3.3 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта.

4. Изучение арифметического устройства – цифровой компаратор.

4.1. Согласно рисунку 13.8 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы цифрового компаратора. Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы

соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходные сигналы при помощи светодиодов модуля «Задание сигналов и логические элементы».

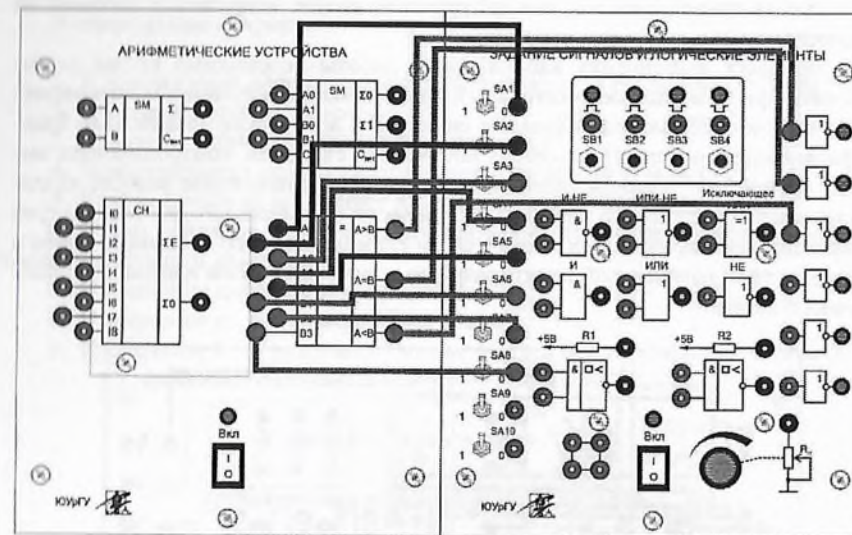


Рисунок 13.8 — Схема электрическая соединений комплекта изучения работы цифрового компаратора

4.2 Результаты работы заносить в таблицу 13.7.

Таблица 13.7

Вход сравнения данных				Выход		
A_3, B_3	A_2, B_2	A_1, B_1	A_0, B_0	$A > B$	$A < B$	$A = B$

4.3 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить

экспериментальные и справочные данные.

5. Изучение арифметического устройства – схема контроля четности.

5.1 Согласно рисунку 13.9 выполнить электрические соединения модулей для изучения работы схемы контроля четности. **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо входы схемы соединить при помощи соединительных проводников с источником логических сигналов (ключи SA модуля «Задание сигналов и логические элементы»). Задавая различные комбинации входных логических сигналов, контролировать выходной сигнал при помощи светодиодов на выходе инверторов модуля «Задание сигналов и логические элементы». Провести 6 измерений: для любых трех комбинаций девятиразрядных четных сумм единиц входного двоичного слова и для любых трех комбинаций девятиразрядных нечетных сумм единиц входного двоичного слова.

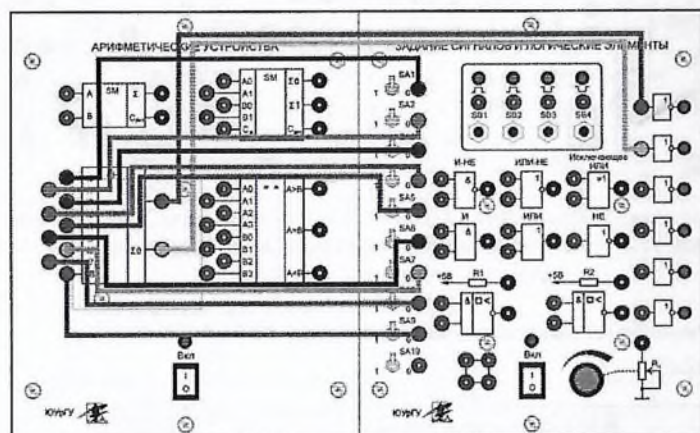


Рисунок 13.9 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения работы схемы контроля четности

5.2 Результаты работы заносить в таблицу 13.8.

Таблица 13.8

Вход	Выход	
Число высоких уровней на входах A0-A8	ΣE	$\Sigma 0$
Четное		
Нечетное		

5.3 Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, сравнить экспериментальные и справочные данные.

6. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. К какому виду логических устройств относятся изучаемые устройства?
2. Что такое единица переноса?
3. Какую функцию выполняет полусумматор?
4. Чем отличается полусумматор и одноразрядный сумматор?
5. Какую функцию выполняет двухразрядный сумматор?
6. В чем основное отличие многоразрядных сумматоров параллельного и последовательного действий?
7. Назначение цифрового компаратора.
8. Назначение схемы контроля четности.
9. Изобразите УГО цифрового компаратора и схемы контроля четности.

Лабораторная работа №14

Изучение концевых выключателей

Цель работы: изучение конструкции, принципа действия, характеристик концевого выключателя типа МП1105.

Оборудование: модуль «Командоаппараты и датчики», модуль «Модуль питания и измерений», модуль «Задание сигналов и логические элементы», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Концевой выключатель предназначен для замыкания или размыкания слаботочных сигнальных цепей в зависимости от пространственного положения (позиции) рабочего органа управляемого электропривода. При срабатывании контактов концевого выключателя формируются электрические сигналы, приводящие в действие устройства управления автоматизированного электропривода. Наиболее простой и распространенный пример использования концевого выключателя в схеме управления механизмом – устройство для предотвращения возможности выхода механизма за пределы его конечного положения.

По принципу действия концевые выключатели разделяют на контактные (электромеханические) и бесконтактные (индуктивные, ёмкостные и др.). Контактные концевые выключатели можно подразделить на кнопочные и рычажные. В кнопочном концевого выключателе контролируемый рабочий орган воз-

действует на шток кнопочного элемента. Размыкание и замыкание контактов происходит со скоростью перемещения контролируемого органа.

В данной лабораторной работе изучается выключатель типа МП1105.

Концевой выключатель МП1105, с самовозвратом, предназначен для коммутации электрических цепей управления переменного напряжения до 660В, частотой тока 50Гц и 60Гц и постоянного напряжения до 440В под воздействием управляющих упоров в определенных точках пути контролируемого объекта.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 14.1) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 14.2, для исследования концевой выключателя типа МП1105 (рисунок 14.1). **Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания.** После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

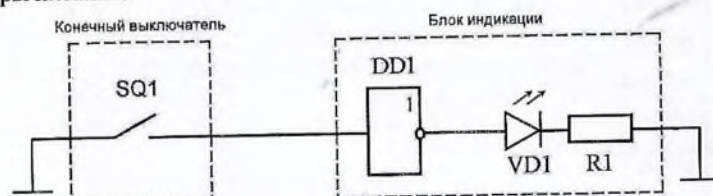


Рисунок 14.1 — Схема электрическая принципиальная включения концевой выключателя.

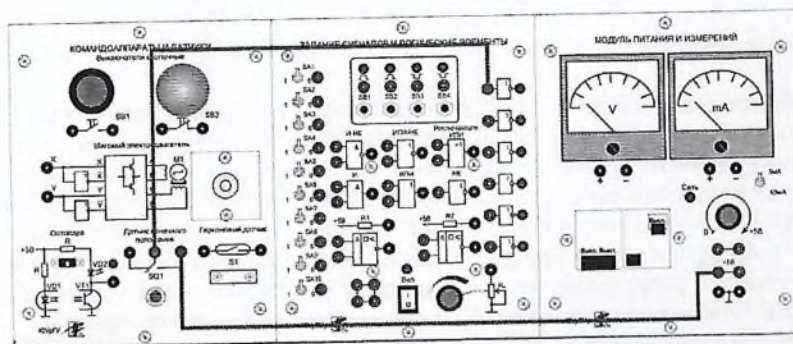


Рисунок 14.2 — Схема электрическая соединений комплекта для изучения концевой выключателя типа МП1105.

3. Выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта.

4. После оформления черновика и проверки результатов преподавателем необходимо предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение конечного выключателя.
2. Классификация концевых выключателей.
3. Опишите конструкцию выключателя типа МП1105.

Лабораторная работа №15

Изучение бесконтактных датчиков (выключателей)

Цель работы: ознакомление с устройством бесконтактных датчиков, изучение принципов работы и схем включения.

Оборудование: модуль «Командоаппараты и датчики», модуль «Модуль питания и измерений», модуль «Задание сигналов и логические элементы», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Выключателем бесконтактным (ВБ) называется датчик, приводимый в действие внешним объектом без механического контакта выключателя и объекта. Коммутация нагрузки производится полупроводниковыми элементами узла коммутации ВБ. Все это обеспечивает высокую надежность работы бесконтактного выключателя.

Оптоэлектронный переключатель

Оптоэлектронный переключатель – бесконтактный переключатель, действие которого основано на использовании светового потока. Содержит в качестве основных элементов источник оптического излучения и фотоприёмник, связанные между собой управляемым или неуправляемым оптическим каналом. В простейшем случае оптоэлектронный переключатель представляет собой оптроп управляемый по входу. Коммутация при помощи оптоэлектронного переключателя осуществляется при изменении генерируемого источником светового потока в результате либо увеличения (уменьшения) уровня излучения от источника, либо изменения характеристик оптического канала, по которому распространяется световой поток, что приводит к изменению параметров этого потока (например, амплитуды, фазы, частоты, поляризации). Изменение величины светового потока в оптоэлектронном переключателе контролируется фотопри-

ёмником и трансформируется в электрический сигнал (происходит преобразование световой энергии в электрическую).

Наибольшее распространение получили оптоэлектронные переключатели с управляемым оптическим каналом. Для управления световым потоком в оптическом канале таких оптоэлектронных переключателей используются различные оптические элементы: линзы, призмы, отражатели, фильтры, модуляторы, дефлекторы, преобразователи частоты, а также слои жидких кристаллов, тонкие магнитные плёнки, меняющие свою прозрачность под действием магнитного поля, и другие. Простейший способ управления оптическим каналом осуществляется механическим введением и выводением из него непрозрачного экрана (рисунок 15.1). В качестве источников и приёмников оптического излучения в оптоэлектронных переключателях, как правило, используются излучающие диоды и кремниевые фотодиоды и фототранзисторы (согласованные между собой по спектру).

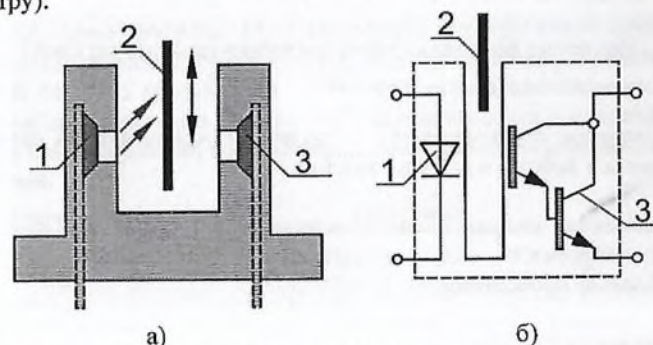


Рисунок 15.1 – Конструкция оптоэлектронного переключателя:
а) эскиз датчика в разрезе; б) схема электрическая принципиальная датчика;
1 – светодиод; 2 – непрозрачная пластина; 3 – фототранзистор.

Оптоэлектронные переключатели находят применение в бесконтактных коммутационных устройствах вычислительной техники, связи, а также для контроля электрических процессов и других целей. [3]

Герконовый датчик

Геркон – переключатель с пружинящими контактами из ферромагнитного материала, помещёнными в герметизированный стеклянный баллон. Внутри баллона создается вакуум или газовая среда (азот, аргон, водород) различного давления. Контакты герконов, свободные концы которых разделены промежутком в несколько десятков или сотен мкм, соприкасаются под действием магнитного поля электромагнита или постоянного магнита, устанавливаемого снаружи баллона. Различают герконы, работающие на замыкание, переключение и размыкание электрической цепи.

Максимальная мощность, переключаемая герконом, 4-60 Вт; время срабатывания – до 2 мкс. Большинство герконов с газовым наполнением имеют пробивное напряжение 200 – 500 В; у вакуумных герконов пробивное напряжение

достигает 5 кВ. Важные особенности геркона: простота конструкции, надёжность в работе, отсутствие регулировок, широкий диапазон рабочих температур (от -100 до +200 °С). Герконы применяются в телефонных и телеграфных реле, коммутаторах, в устройствах автоматики и других.

Преимущества магниточувствительных бесконтактных выключателей с герконом:

- простота
- возможность работы при переменном и постоянном напряжении до 300В
- низкое (близкое к нулю) падение напряжения на контактах.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 15.2) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 15.3, для исследования оптического датчика (оптопары). Инвертор DD1 и светодиод VD3 – индикатор модуля «Задание сигналов и логические элементы». Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

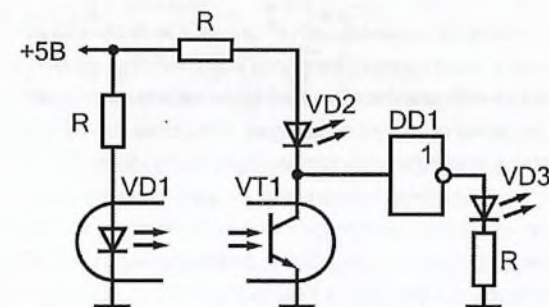


Рисунок 15.2 – Схема электрическая принципиальная включения оптического датчика.

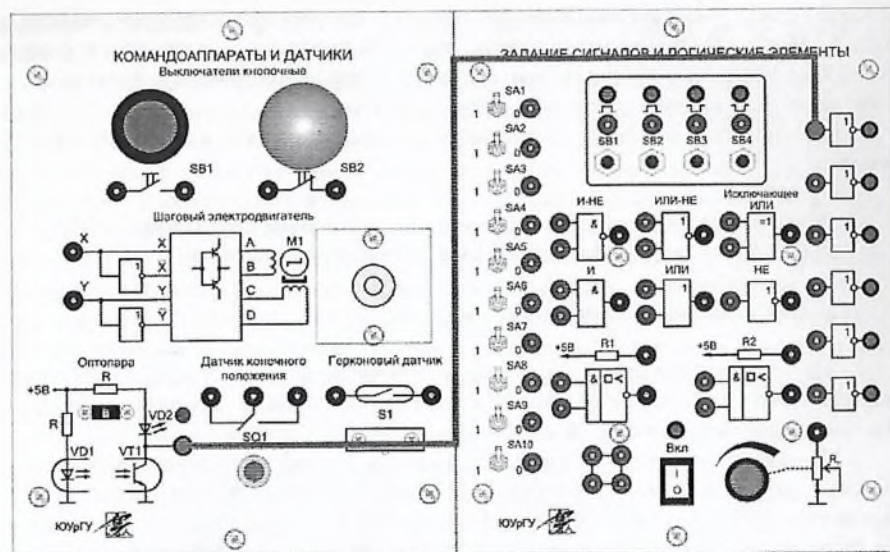


Рисунок 15.3 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения оптического датчика.

3. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включением автоматического выключателя и выключателя дифференциального тока «Модуля питания и измерений», включить питание модуля «Задание сигналов и логические элементы». Убедиться, что при отсутствии препятствий между светодиодом $VD1$ и фототранзистором $VT1$, фототранзистор открыт и светодиод $VD2$ светится. Установить в зазор оптопары непрозрачную пластинку, тем самым перекрыв световой поток между светодиодом $VD1$ и фототранзистором $VT1$, при этом фототранзистор закроется, и светодиод $VD2$ погаснет.

4. Согласно схеме (рисунок 15.4) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 15.5, для изучения герконового датчика. Переключатель $SA1$ – тумблер модуля «Задание сигналов и логические элементы», инвертор $DD1$ и светодиод – индикатор модуля «Задание сигналов и логические элементы».

5. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. Перевести тумблер $SA1$ в положение «0». Убедиться, что при отсутствии постоянного магнита рядом с герконом $S1$ светодиод $VD1$ не светится. Поднести постоянный магнит к герконовому датчику $S1$, при этом светодиод $VD1$ начнет светиться.

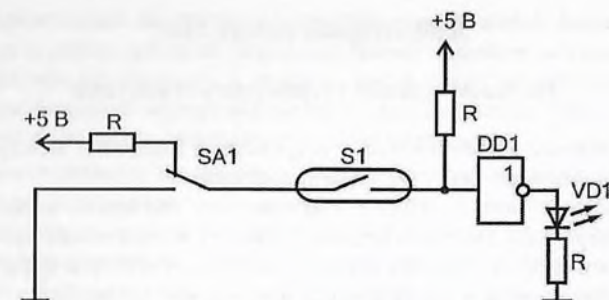


Рисунок 15.4 – Схема электрическая принципиальная включения герконового датчика.

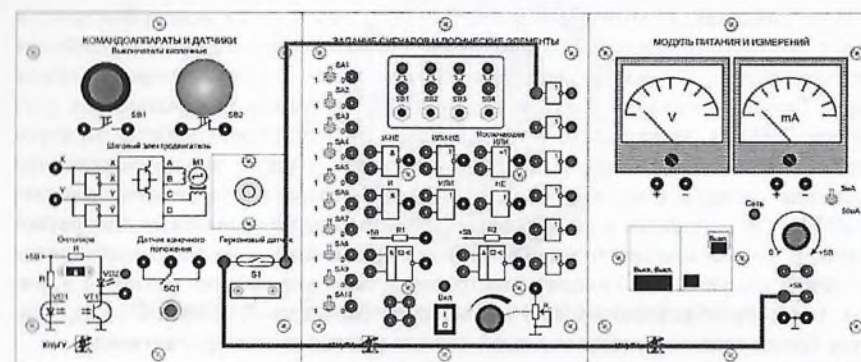


Рисунок 15.5 – Схема электрическая соединений комплекта для исследования герконового датчика.

6. Сделать вывод и сравнить работу оптического и герконового датчиков.
7. После оформления черновика (схемы электрические принципиальные, ход выполнения лабораторной работы) и проверки результатов преподавателем необходимо выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение оптического переключателя.
2. Назовите основные виды оптических датчиков, какой из них изучается в лабораторной работе?
3. Приведите определение герконового датчика.
4. Опишите конструкцию герконового датчика.

Исполнительные устройства автоматики

Цель работы: ознакомление с устройством шагового электродвигателя, изучение принципов его работы и схем управления.

Оборудование: модуль «Командоаппараты и датчики», модуль «Модуль питания и измерений», модуль «Задание сигналов и логические элементы», модуль «Мультиплексоры и дешифраторы», модуль «Регистры и счетчики», модуль «Мультивибраторы и таймеры», соединительные проводники.

Теоретическая часть

Основные сведения о шаговых электродвигателях

В устройствах, в которых на электропривод возлагается задача быстрого и точного позиционирования того или иного узла или рабочего органа, наиболее часто используются электродвигатели с дискретным, шаговым перемещением ротора. Такие электродвигатели используются, например, в печатающих устройствах ЭВМ, в электромеханических часах, в регуляторах работы электродвигателя автомобиля. Электродвигатель, преобразующий электрические импульсы или сигналы в механические импульсы, называется **шаговым двигателем (ШД)**. Он относится к электромеханическим преобразователям дискретного типа. В состав шагового электропривода кроме шагового электродвигателя (позиция 7, рисунок 16.1) входят электронный блок управления (позиция 3, рисунок 16.1), преобразователь или коммутатор (позиция 5, рисунок 16.1), указанные блоки являются неотъемлемой частью шагового электродвигателя.

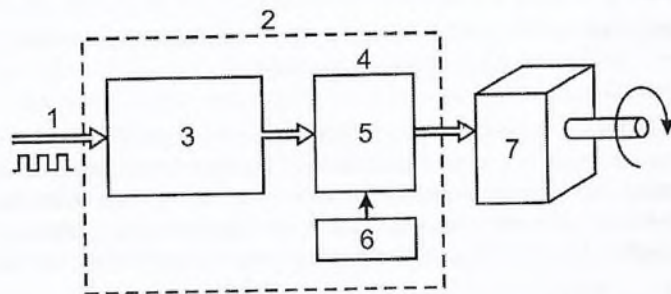


Рисунок 16.1 – Шаговый электропривод:

1 – датчик; 2 – схема управления; 3 – электронный блок; 4 – коммутатор; 5 – силовой блок; 6 – питающая сеть; 7 – электродвигатель.

Существует три основных типа ШД:

1. электродвигатели с переменным магнитным сопротивлением;
2. электродвигатели с постоянными магнитами;
3. гибридные электродвигатели.

ШД с переменным магнитным сопротивлением имеют несколько полюсов на статоре и ротор зубчатой формы из магнитомягкого материала. Намагниченность ротора отсутствует, в связи с чем в таких электродвигателях не обеспечивается большой магнитный поток и, как следствие, большой момент, поэтому их довольно редко используют в промышленности.

ШД с постоянными магнитами состоят из статора, который имеет обмотки, и ротора, содержащего постоянные магниты (рисунок 16.2). Чередующиеся полюса ротора имеют прямолинейную форму и расположены параллельно оси электродвигателя. Благодаря намагниченности ротора в таких электродвигателях обеспечивается большой магнитный поток и, как следствие, большой момент, чем у электродвигателей с переменным магнитным сопротивлением.

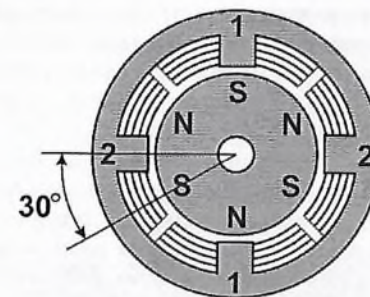


Рисунок 16.2 – Электродвигатель с постоянными магнитами.

ШД с постоянными магнитами подвержены влиянию обратной ЭДС со стороны ротора, которая ограничивает максимальную скорость.

На практике ШД с постоянными магнитами обычно имеют 24 – 48 шага на оборот (угол шага 7.5 – 15 град).

Гибридные ШД являются более дорогими, чем электродвигатели с постоянными магнитами, но они обеспечивают меньшую величину шага, больший момент и большую скорость. Типичное число шагов на оборот для гибридных электродвигателей составляет от 100 до 400 (угол шага 3.6 – 0.9 град.). Гибридные электродвигатели сочетают в себе лучшие черты электродвигателей с переменным магнитным сопротивлением и электродвигателей с постоянными магнитами. Ротор гибридного электродвигателя имеет зубцы, расположенные в осевом направлении (рисунок 16.3), и разделен на две части, между которыми расположен цилиндрический постоянный магнит. Таким образом, зубцы верхней половины ротора являются северными полюсами, а зубцы нижней половины – южными. Кроме того, верхняя и нижняя половинки ротора повернуты друг относительно друга на половину угла шага зубцов.

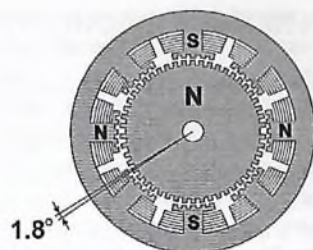


Рисунок 16.3— Гибридный электродвигатель.

Число пар полюсов ротора равно количеству зубцов на одной из его половинок. Зубчатые полюсные наконечники ротора, как и статор, набраны из отдельных пластин для уменьшения потерь на вихревые токи. Статор гибридного электродвигателя также имеет зубцы, обеспечивая большое количество эквивалентных полюсов, в отличие от основных полюсов, на которых расположены обмотки. Обычно используются 4 основных полюса для электродвигателей с шагом 3.6 град, и 8 основных полюсов — с шагом 1.8 и 0.9 град, электродвигателей. Зубцы ротора обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи в определенных положениях ротора, что улучшает статический и динамический момент. Это обеспечивается соответствующим расположением зубцов, когда часть зубцов ротора находится строго напротив зубцов статора, а часть между ними.

Применение гибридных ШД, в настоящее время, является более перспективным, но дорогостоящим.

В зависимости от конфигурации обмоток ШД делятся на биполярные и униполярные.

Биполярный ШД имеет одну обмотку в каждой фазе, которая для изменения направления магнитного поля должна переполюсовываться системой управления. Для такого типа ШД требуется мостовой выходной каскад, или полумостовой с двухполярным питанием, для каждой обмотки.

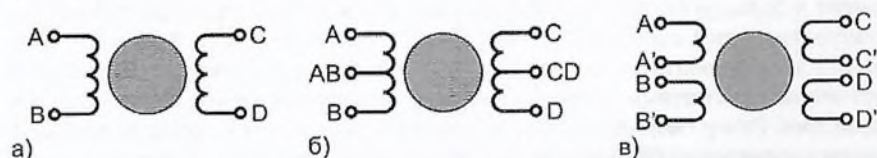


Рисунок 16.4 – Конфигурации обмоток шаговых электродвигателей:

а) биполярный; б) униполярный со средним выводом; в) униполярный с отдельными обмотками.

Всего биполярный ШД имеет две обмотки и, соответственно, четыре вывода (рисунок 16.4, а).

Униполярный ШД также имеет одну обмотку в каждой фазе, но от середины обмотки сделан отвод. Это позволяет изменять направление магнитного поля, создаваемого обмоткой, простым переключением половинок обмотки. При этом существенно упрощается система управления, которая должна иметь только 4 простых ключа. Таким образом, в униполярном ШД используется другой способ изменения направления магнитного поля. Средние выводы обмоток могут быть объединены внутри, поэтому такой ШД может иметь 5 или 6 выводов (рисунок 16.4, б). Иногда униполярные ШД имеют отдельные 4 обмотки, по этой причине их ошибочно называют 4-х фазными электродвигателями. Каждая обмотка имеет отдельные выводы, поэтому всего выводов 8 (рисунок 16.4, в). При соответствующем соединении обмоток такой электродвигатель можно использовать как униполярный или как биполярный. Униполярный ШД с двумя обмотками и отводами тоже можно использовать в биполярном режиме, если отводы оставить неподключенными. В любом случае ток обмоток следует выбирать так, чтобы не превысить максимальной рассеиваемой мощности.

Достоинствами ШД являются:

- возможность прецизионного позиционирования без применения обратной связи, так как угол поворота ротора определяется числом импульсов, которые поданы на электродвигатель;
- возможность обеспечения полного момента в режиме остановки (если обмотки находятся под напряжением);
- возможность получения очень низких скоростей вращения нагрузки, присоединенной непосредственно к валу электродвигателя без промежуточного редуктора;
- скорость вращения пропорциональна частоте входных импульсов;
- высокая надежность (отсутствие щеточного узла);
- высокий срок службы, который фактически определяется сроком службы подшипников.

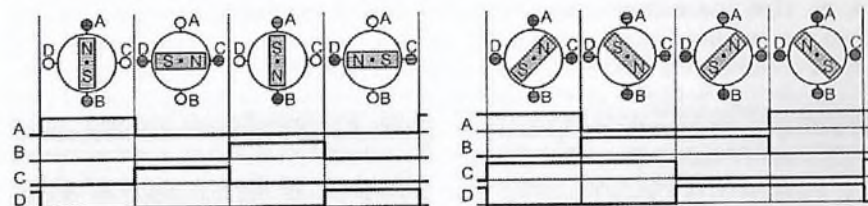
К недостаткам ШД следует отнести:

- присущее явление резонанса – внезапное падение момента на некоторых скоростях, что может привести к пропуску шагов и потере синхронности. Проявляется в том случае, если частота шагов совпадает с собственной резонансной частотой ротора электродвигателя;
- возможность потери контроля положения ввиду работы без обратной связи;
- потребление энергии не уменьшается даже без нагрузки;
- затруднена работа на высоких скоростях;
- невысокая удельная мощность;
- относительно сложная схема управления.

Способы управления шаговыми электродвигателям

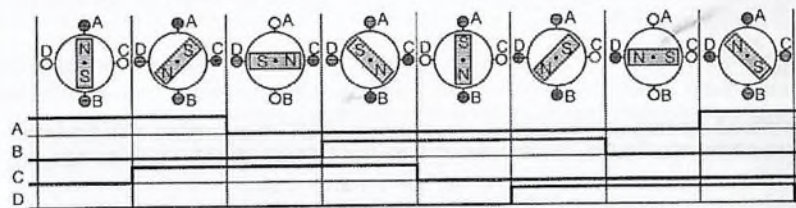
Существует несколько способов управления фазами ШД.

1. Полношаговый режим без перекрытия фаз ("one phase on" full step или wave drive mode). Реализуется попеременной коммутацией фаз при этом они не перекрываются, в один момент времени включена только одна фаза (рисунок 16.5, а). Точки равновесия ротора для каждого шага совпадают с «естественными» точками равновесия ротора у обесточенного электродвигателя. Недостатком этого способа управления является то, что для биполярного электродвигателя в один и тот же момент времени используется 50% обмоток, а для униполярного – только 25%. Это означает, что в таком режиме не может быть получен полный момент.



а) полношаговый режим, включена одна фаза, «one phase on» full step (wave drive mode)

б) полношаговый режим, включены две фазы, «two-phase-on» full step (full step mode)



в) полушаговый режим, «one and two-phase-on» half step (half step mode)

Рисунок 16.5. Способы управления фазами ШД.

2. Полношаговый режим с перекрытием фаз ("two-phase-on" full step или просто full step mode). Реализуется коммутацией фаз с перекрытием (две фазы включены в одно и то же время), причем управляющие импульсы в одной фазе опережают управляющие импульсы в другой на 90 эл. град. При этом способе управления ротор фиксируется в промежуточных позициях между полюсами статора (рисунок 16.5, б) и обеспечивается примерно на 40% больший момент, чем в случае одной включенной фазы. Этот способ управления обеспечивает такой же угол шага, как и первый способ, но положение точек равновесия ротора смещено на полшага.

3. Полушаговый режим ("one and two-phase-on" half step или просто half step mode). Является комбинацией первых двух, когда электродвигатель делает шаг в половину основного. Этот метод управления достаточно распространен, так как двигатель с меньшим шагом стоит дороже и очень заманчиво получить от 100-шагового электродвигателя 200 шагов на оборот. Каждый второй шаг подключена одна фаза, а в остальных случаях подключены две (рисунок

16.5, в). В результате угловое перемещение ротора составляет половину угла шага для первых двух способов управления. Кроме уменьшения размера шага этот способ управления позволяет частично избавиться от явления резонанса. Полушаговый режим обычно не позволяет получить полный момент.

В лабораторной работе изучается биполярный шаговый электродвигатель с постоянными магнитами. На выходе электродвигателя установлен червячный редуктор, преобразующий вращательное движение в поступательное движение штока.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучить теоретический материал, достаточный для выполнения лабораторной работы. Ответить на контрольные вопросы, привести схему лабораторной работы и получить у преподавателя допуск к проведению лабораторной работы.

2. Согласно схеме (рисунок 16.6) выполнить электрические соединения модулей, представленные на рисунке 16.7, для изучения полношагового управления шаговым электродвигателем. Для монтажа схемы использовать: DA1 – мультивибратор модуля «Мультивибраторы и таймеры», DD1 – счетчик модуля «Регистры и счечики», DD2 – мультиплексор модуля «Мультиплексоры и дешифраторы», инвертор и шаговый электродвигатель M1 модуля «Командоаппараты и датчики». Монтаж схемы производить при отключенных тумблерах питания. После проверки правильности соединений схемы преподавателем или лаборантом, подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания.

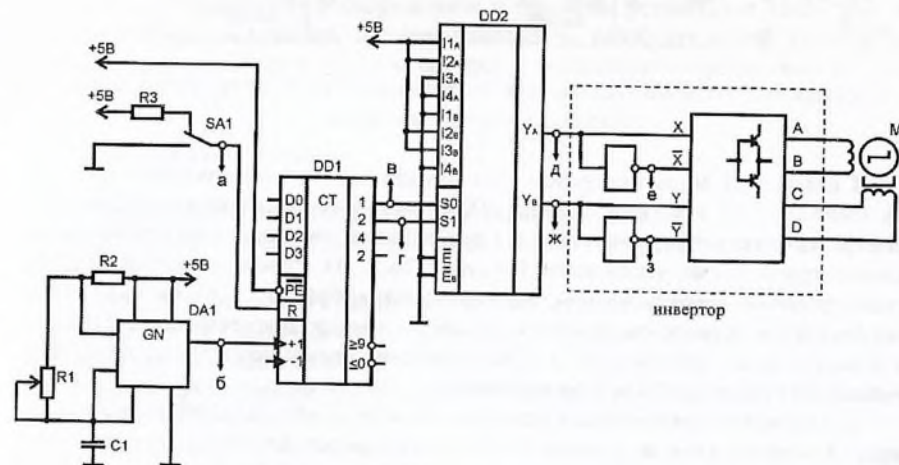


Рисунок 16.6 – Схема электрическая принципиальная управления шаговым электродвигателем.

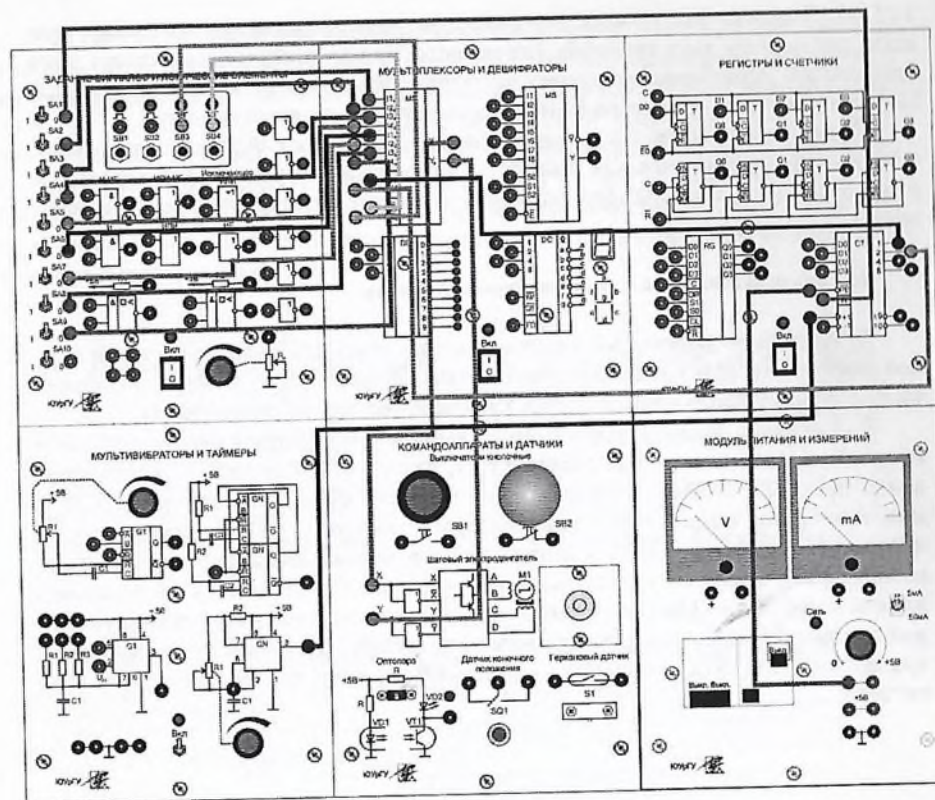


Рисунок 16.7 – Схема электрическая соединений комплекта для изучения шагового электродвигателя.

В схеме 16.7 мультивибратор DA1 служит задатчиком тактовых импульсов. Счетчик DD1 и мультиплексор DD2 являются блоком управления, то есть преобразуют тактовые импульсы в управляющие сигналы, соответствующие полношаговой схеме управления (рисунок 16.5, б). Реверс электродвигателя осуществляется переключением выхода мультивибратора DA1 на вход «+1» счетчика DD1. Изменение скорости вращения электродвигателя осуществляется резистором R1 (рисунок 16.6). Для включения схемы необходимо перевести тумблер SA1 (рисунок 16.6) в положение «0».

3. Установить переменный резистор R1 модуля «Мультивибраторы и таймеры» в минимальное положение (по часовой стрелке, до упора), при этом частота выходного сигнала мультивибратора DA1 будет равна 6,4Гц.

4. Подать напряжение питания на комплект включив тумблеры питания. Включить питание используемых модулей. Включить схему управления, переведя тумблер SA1 в положение «0» и одновременно запустить отсчет времени секундомером, по истечении 15 секунд остановить работу электродвигателя,

переведя тумблер SA1 в положение «1». По шкале определить величину перемещения штока, 1мм перемещения штока соответствует повороту ротора на 180 градусов.

Определить шаг электродвигателя по формуле:

$$\varphi = \frac{\alpha l}{f t},$$

где α – угол поворота ротора при перемещении штока на 1 мм;

l – величина перемещения штока (определяется по шкале, расположенной на ограничителе), мм;

f – частота выходного сигнала мультивибратора, Гц;

t – время, в течении которого осуществляется перемещение, с.

Отключить питание комплекта автоматом и выключателем дифференциального тока «Сеть».

4. Подключить выход мультивибратора к входу «+1» счетчика. Включить питание комплекта и модулей. Запустить электродвигатель переведя тумблер SA1 в положение «1», при этом шток будет перемещаться в обратном направлении.

5. Произвести анализ работы схемы управления шаговым электродвигателем (рисунок 16.6) и составить единую временную диаграмму логических сигналов в точках а,б,в,г,д,е,ж,з схемы, интервал временной диаграммы не менее 8 периодов сигнала мультивибратора. Привести в отчете к лабораторной работе данную временную диаграмму.

6. После проведения экспериментов и проверки результатов преподавателем необходимо выключить питание комплекта, разобрать схему комплекта, предоставить комплект в полном составе и исправности преподавателю или лаборанту.

Контрольные вопросы

1. Приведите определение шагового электродвигателя.
2. Назовите основные виды шаговых электродвигателей, сферы их применения
3. Опишите способы управления шаговым электродвигателем
4. Для чего в схеме управления шаговым электродвигателем (рисунок 16.6) используется мультиплексор?
5. Как в лабораторной работе осуществляется реверс шагового электродвигателя?

Список рекомендуемой литературы

1. Ашихмин А.С. Цифровая схемотехника.—М: Диалог-МИФИ, 2008. — 304с., ил.
2. Бойт К. Цифровая электроника.—М.: Техносфера, 2007. — 472с., ил.
3. Водовозов А.М. Элементы систем автоматики.—М.: Академия, 2006.—224с., ил.
4. Микросхемы ТТЛ. Том 2 = TTL – Taschenbuch. Teil 2: Пер. с нем. — М.: ДМК Пресс, 2001. —544 с.: ил. (Справочник).
5. Микросхемы ТТЛ. Том 1 = TTL – Taschenbuch. Teil 1: Пер. с нем. — М.: ДМК Пресс, 2001. —384 с.: ил. (Справочник).
6. Никамин В.А. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Справочник. — СПб.: Корона принт; М.: «Альтекс-А», 2003 — 224 с., ил.
7. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): Учебник для вузов. Под ред. Глудкина О.П. — М.: Горячая линия — Телеком, 2003. — 768 с.: ил.
8. Таранов И.Н., Трофимова С.Н., Цыпышев В.В. Электроника: Учебное пособие. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2000. — Ч.2. — 139 с.
9. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника.— Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2010. — 798с., ил.
10. Шило В. Л. Популярные микросхемы КМОП, 2002г.
11. Шишмарев В. Ю., Типовые элементы систем автоматического управления, Изд-во: Академия, 2011г. — 304 с.

Содержание

Техника безопасности при выполнении лабораторных работ.....	3
Методические указания к выполнению лабораторных работ.....	4
Лабораторная работа №1. Изучение способов задания логических уровней, сигналов и их индикации	5
Лабораторная работа №2. Изучение основных и базовых логических элементов.....	13
Лабораторная работа №3. Изучение мультиплексоров	25
Лабораторная работа №4. Изучение дешифраторов.....	31
Лабораторная работа №5. Изучение асинхронного, синхронных, двухтактных триггеров.....	37
Лабораторная работа №6. Изучение асинхронного и синхронного реверсивного счетчика	50
Лабораторная работа №7. Изучение параллельного, последовательного и универсального регистров	60
Лабораторная работа №8. Изучение одноразрядного и четырехразрядного ОЗУ, ПЗУ	64
Лабораторная работа №9. Изучение одновибратора, таймера в режиме ждущего одновибратора	75
Лабораторная работа №10. Изучение одновибратора, таймера в режиме мультивибратора.....	85
Лабораторная работа №11. Изучение ЦАП на основе матрицы R-2R	89
Лабораторная работа №12. Изучение параллельного АЦП и схемы выборки-хранения.....	95
Лабораторная работа №13. Изучение сумматоров, цифрового компаратора и схемы контроля четности	98
Лабораторная работа №14. Изучение концевых выключателей	108
Лабораторная работа №15. Изучение бесконтактных датчиков (выключателей)	110
Лабораторная работа №16. Исполнительные устройства автоматики	115
Список рекомендуемой литературы	123