

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Петрозаводский филиал ПГУПС

ОДОБРЕНО

на заседании цикловой комиссии
протокол № 12 от 15.06.2017

Председатель цикловой комиссии:

О.Сев (А.Севяко.)

УТВЕРЖДАЮ

Начальник УМО

А.В. Калько
«15» 06

А.В. Калько

2017г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации и проведению лабораторных работ

По учебной дисциплине: ОП.04. Электроника и микропроцессорная
техника

Специальность: 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава
железных дорог

Выполнил: Голодюк Олег Юрьевич, преподаватель ПФ ПГУПС

2017г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по организации и проведению лабораторных работ разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.04. Электроника и микропроцессорная техника и предназначено для выполнения лабораторных работ обучающимися.

Лабораторные работы по учебной дисциплине направлены на усвоение знаний, освоение умений и формирование элементов общих компетенций, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен

уметь:

измерять параметры электронных схем;

пользоваться электронными приборами и оборудованием;

знать:

принцип работы и характеристики электронных приборов;

принцип работы микропроцессорных систем;

В результате освоения учебной дисциплины происходит поэтапное формирование элементов общих и профессиональных компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Эксплуатировать подвижной состав железных дорог.

ПК 1.2. Производить техническое обслуживание и ремонт подвижного состава железных дорог в соответствии с требованиями технологических процессов.

ПК 1.3. Обеспечивать безопасность движения подвижного состава.

ПК 2.3. Контролировать и оценивать качество выполняемых работ.

ПК 3.1. Оформлять техническую и технологическую документацию.

ПК 3.2. Разрабатывать технологические процессы на ремонт отдельных деталей и узлов подвижного состава железных дорог в соответствии с нормативной документацией.

Рабочей программой предусмотрено выполнение обучающимися практических занятий, включая, как обязательный компонент практические задания с использованием персонального компьютера.

Распределение результатов освоения учебного материала в ходе выполнения лабораторных работ/заданий на практических занятиях происходит в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Распределение результатов освоения учебного материала

Контрольно-оценочные мероприятия	Кол-во часов	результаты		Поэтапно формируемые элементы общих и профессиональных компетенций
		Освоенные умения	Усвоенные знания	
Лабораторная работа №1 Исследование полупроводникового диода	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы и характеристики электронных приборов;	ОК 1-9 ПК 1.2.
Лабораторная работа №2 Исследование работы тиристора	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы и характеристики электронных приборов;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.2
Лабораторная работа №3 Исследование работы биполярного транзистора.	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы и характеристики электронных приборов;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.2
Лабораторная работа №4 Исследование работы полевого транзистора	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы и характеристики электронных приборов;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.1.
Лабораторная работа №5 Исследование работы инвертирующего и неинвертирующего усилителя постоянного тока	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы и характеристики электронных приборов;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.1.
Лабораторная работа №6 Исследование работы мультивибратора	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы и характеристики электронных приборов;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.1.
Лабораторная работа №7 Исследование электронной схемы однофазного и двухфазного неуправляемого выпрямителя, измерение основных параметров	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы и характеристики электронных приборов;	ОК 1-9 ПК 1.1. ПК 1.3.
Лабораторная работа №8 Исследование свойств сглаживающих фильтров	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы микропроцессорных систем;	ОК 1-9 ПК 1.1 ПК 1.3. ПК 3.2
Лабораторная работа №9 Исследование основных логических элементов и простейших комбинационных устройств	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы микропроцессорных систем;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.1
Лабораторная работа №10 Исследование работы шифратора и дешифратора	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы микропроцессорных систем;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.1
Лабораторная работа №11 Исследование работы сумматора	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы микропроцессорных систем;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.1
Лабораторная работа №12 Исследование работы мультиплексора, демультимплексора	2	измерять параметры электронных схем; пользоваться электронными приборами и оборудованием;	принцип работы микропроцессорных систем;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 3.1
Лабораторная работа №13 Исследование работы реверсивного	2	измерять параметры электронных схем;	принцип работы микропроцессорных	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 2.3.

счетчика с переустановкой		пользоваться электронными приборами и оборудованием;	систем;	
Лабораторная работа №14 Исследование работы RS-, J-, JK-, D-триггеров	2	измерять параметры электронных схем; пользоваться электронными приборами и оборудованием;	принцип работы микропроцессорных систем;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 2.3.
Лабораторная работа №15 Исследование работы регистров	2	измерять параметры электронных схем; пользоваться электронными приборами и оборудованием;	принцип работы микропроцессорных систем;	ОК 1-9 ПК 1.2. ПК 2.3.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

При оценке освоенных умений при выполнении практических работ применяется пятибалльная шкала оценивания/ дихотомическая шкала оценивания.

Оценивание практических занятий/лабораторных работ производится в соответствии со следующими нормативными актами:

- Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся;
- Положение о планировании, организации и проведении лабораторных работ и практических занятий.

Лабораторная работа №1

Исследование полупроводникового диода

Цель работы: ознакомление с основными свойствами выпрямительного диода по вольтамперной характеристике (ВАХ).

Оборудование: лабораторный стенд, блок №1, соединительные провода, миллиамперметр.

Общие сведения:

Основой всех полупроводниковых приборов является электронно-дырочный переход (р-п переход). Он образуется на границе двух полупроводников с различными типами проводимости. Поскольку концентрация носителей заряда в области р-п перехода резко неоднородна, по законам диффузии основные носители (дырки в "р" области и электроны в "n" области), будут диффундировать в прилегающие области, создавая диффузионный ток.

Неосновные носители заряда (дырки в n-области и электроны в р-области) начнут дрейфовать в возникшем электрическом поле, создавая дрейфовый ток, направленный навстречу диффузионному току. В результате наступает динамическое равновесие, суммарный ток перехода будет равен нулю и на переходе установится контактная разность потенциалов, составляющая 0,3-0,4 В для германиевых переходов и 0,7-1,0 В для кремниевых. Если к переходу подключить источник эдс положительным полюсом к р области, а отрицательным - к n области, то результирующая разность потенциалов на переходе уменьшится. Переход откроется и начнет проводить ток за счет возрастания диффузии основных носителей заряда из n-области в р-область. При этом дрейфовый ток через переход уменьшится. Такое включение перехода принято называть включением в прямом направлении (прямо смещенный переход).

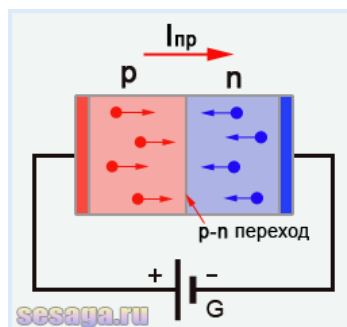


Рис 1 Прямое включение р-п перехода

Приложение напряжения в обратном направлении (плюсом к n, а минусом - к р-области) приведет к увеличению разности потенциалов на переходе, а значит к уменьшению диффузионного тока и увеличению дрейфового. Поскольку дрейфовый ток создается неосновными носителями заряда, которых в полупроводнике значительно меньше, чем основных, суммарный ток через переход будет очень мал. Такое состояние перехода принято называть закрытым.

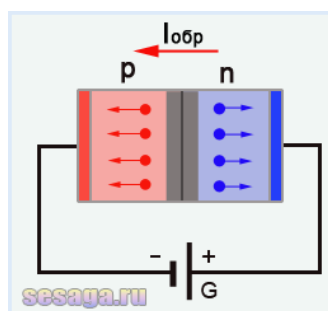
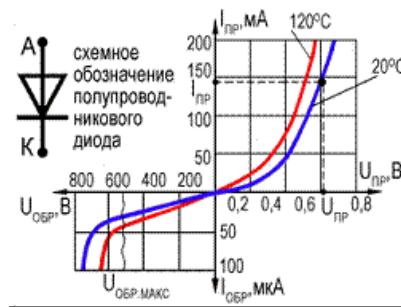


Рис.1 Обратное включение р-п перехода.

Полупроводниковые приборы, состоящие из одного р-п перехода и предназначены для выпрямления переменного тока, называют выпрямительными диодами. В таких диодах

используется основное свойство перехода - способность хорошо проводить ток только в одном направлении. ВАХ полупроводникового диода:



Порядок выполнения работы:

1. Снятие прямой ветви ВАХ диода. Схема 1

1.1. Включить стенд в сеть, поставив сетевой тумблер в положение ВКЛ и нажав кнопку СЕТЬ на блоке питания.

1.2. На одном из источников питания V_1 или V_2 с помощью ручек **ГРУБО** и **ПЛАВНО** выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром на пределе измерения 20В.

1.3. Поворачивая ручку потенциометра R_1 по часовой стрелке, изменяя прямое напряжение диода в пределах, указанных в таблице I.I, фиксируя значения тока через каждые 0,1В. Результаты измерений занести в таблицу I.I.

Таблица I.I

Uпр, В	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Iпр, mA						
Rпр, Ом						

1.4. Выключить сетевой тумблер.

2. Снятие обратной ветви ВАХ диода. Схема 2.

2.1 На обоих источниках питания V_1 и V_2 выставить максимальные напряжения 15В, повернув ручки **ГРУБО** и **ПЛАВНО** по часовой стрелке до упора 30В.

2.2 Соединить источники последовательно, установив таким образом напряжение блока питания 30В.

2.3 Подать напряжение питания на исследуемую схему:

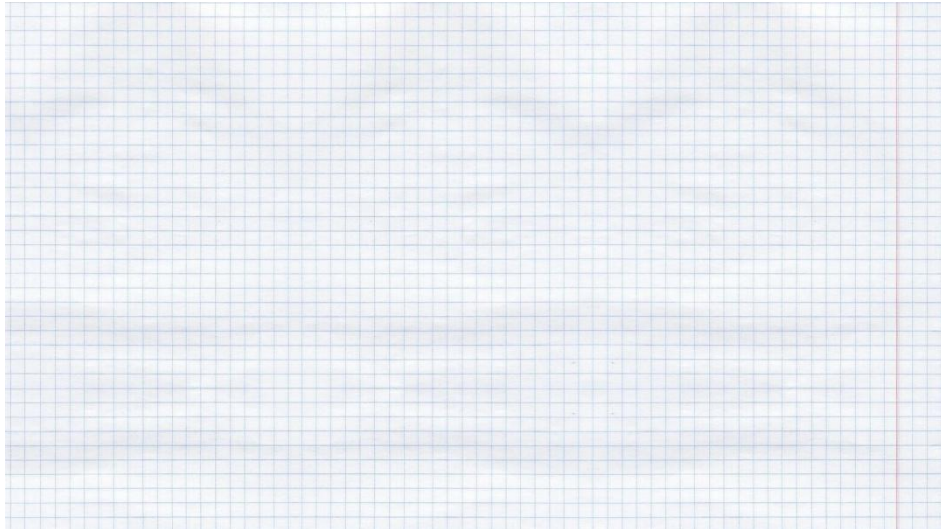
«+» источника V_2 – на клемму X1.

«-» источника V_1 – на клемму X2.

2.4 Поворачивая ручку потенциометра R2 по часовой стрелке, изменять обратное напряжение на диоде в пределах указанных в таблице 1.2. Значение тока фиксировать через каждые 5В. Результаты измерений занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2.

Uобр, В	0	5	10	15	20	25	30
Iобр, mA							
Rобр, Ом							



2.5 Выключить сетевой тумблер.

Контрольные вопросы.

1.Объяснить выпрямляющие действия диода.

2.Основные параметры выпрямительного диода.

3.Влияние внешних параметров на работу диода.

4.Применение диодов.

Вывод:

Лабораторная работа №2

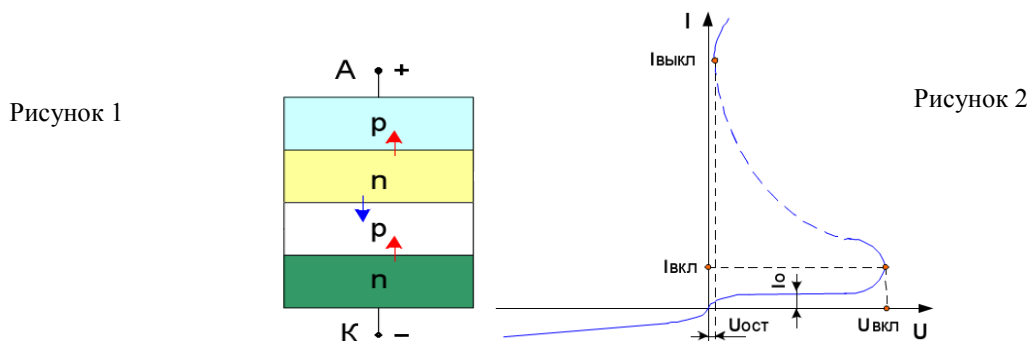
Исследование работы тиристора

Цель работы: Изучение особенностей работы тиристорov в цепях постоянного и переменного тока.

Оборудование: Макет №1, соединительные провода

Краткие теоретические сведения:

Общие сведения: Имеется группа полупроводниковых приборов с набором последовательно чередующихся областей р- и n - типов проводимости. Типичными представителями таких приборов, имеющих четыре области последовательно разной проводимости, являются тиристоры. Чередование областей показано на следующем рисунке 1.



Наружная р-область и вывод от неё называется анодом. Наружная n-область и вывод от неё называется катодом. Внутренние р- и n-области называются базами. Крайние р-n переходы называются эмиттерными, а средний р-n переход называется коллекторным.

При обратном включении: минус на аноде и плюс на катоде, эмиттерные переходы закрыты, а коллекторный переход открыт. Основные носители зарядов из анода и катода не смогут перейти в базу, поэтому через прибор будет протекать только маленький обратный ток, вызванный не основными носителями заряда.

При прямом включении: плюс на аноде и минус на катоде, эмиттерные переходы будут открыты, а коллекторный переход закрыт, через диод будет протекать прямой ток, но он тоже будет небольшим. Однако при увеличении прямого напряжения до определённой величины происходит электрический пробой внутреннего коллекторного перехода. Сопротивление прибора резко уменьшается, прямой ток через него сильно увеличивается, а падение напряжения на нём значительно уменьшается. Считается, что прибор перешёл из выключенного состояния во включённое.

Вольт-амперная характеристика такого четырёхслойного полупроводникового прибора показана на следующем рисунке 2.

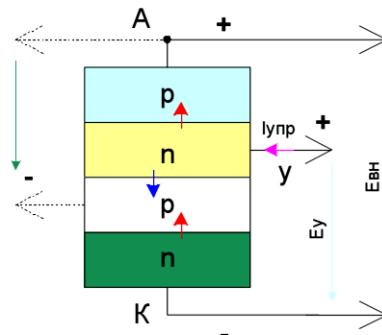
Тиристоры характеризуются следующими основными параметрами:

- напряжение включения ($U_{вкл}$);
- ток включения ($I_{вкл}$) - это ток, соответствующий напряжению включения;
- ток выключения ($I_{выкл}$) - это минимальный ток, при котором прибор ещё включён;
- остаточное напряжение ($U_{ост}$) - это минимальное напряжение на приборе во включённом состоянии;
- ток утечки (I_o) - это ток в выключенном состоянии при заданном напряжении на аноде;

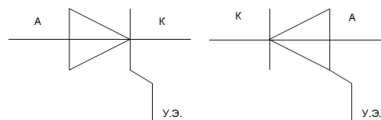
- максимально допустимый прямой ток ($I_{пр.мах}$);
- максимально допустимое обратное напряжение ($U_{обр.мах}$).

Тиристоры (тринисторы) - управляемые переключающие диоды (Silicon Controlled Rectifier, SCR);

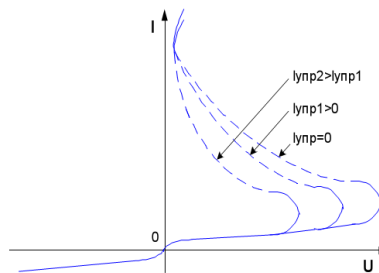
Тиристоры имеют третий вывод – управляющий электрод, подключённый к одной из внутренних областей (к одной из баз). Изменением напряжения на управляющем электроде можно управлять напряжением включения тиристора.



В зависимости от используемой базы управляющее напряжение может быть положительным, - тиристор с управлением по аноду, или отрицательным, - тиристор с управлением по катоду.



Тиристор имеет семейство ВАХ, каждая из которых отображает зависимость напряжения включения от тока управления.

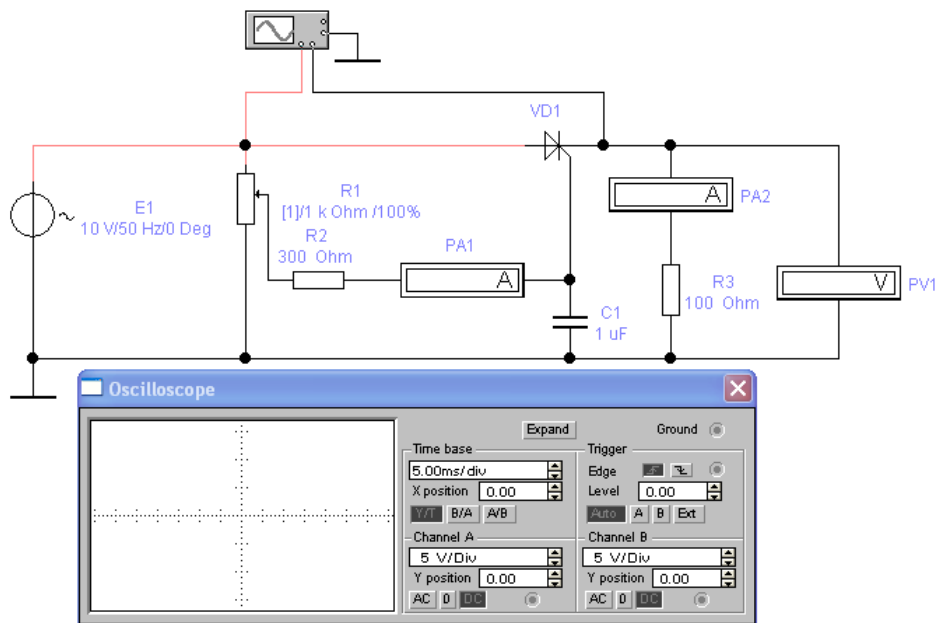


Тиристоры различаются напряжением включения и допустимым прямым током. В цепях постоянного тока используются как элементы коммутации, - элементы бесконтактного переключения (коммутации) больших нагрузок (токов). Для включения тиристора достаточно подать импульс тока управления, достаточного для включения на рабочем напряжении.

Порядок выполнения работы:

Задание 1: Исследовать работу тиристора в качестве регулятора мощности.

Схема для исследования приведены на следующем рисунке:



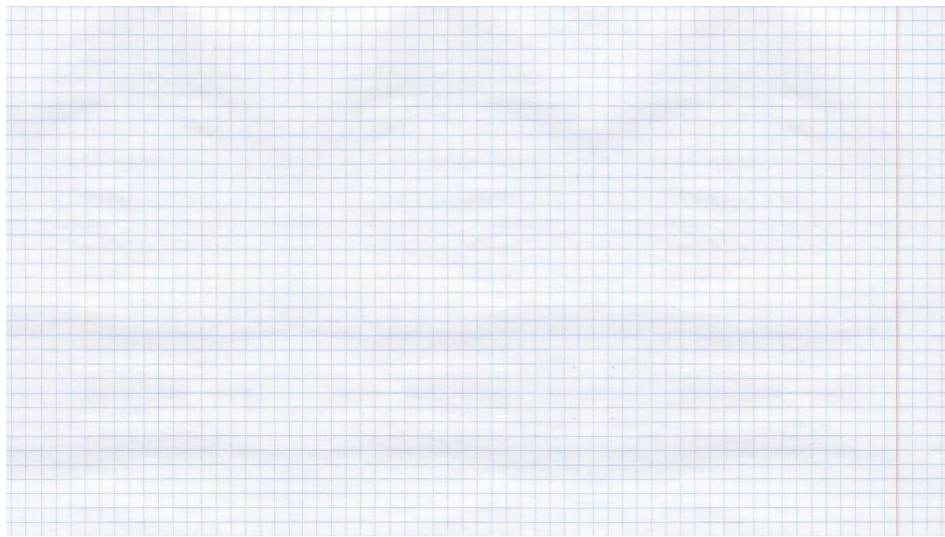
Изменение положение движка переменного резистора R1 (величина значения процентов) выполняется нажатием клавиши 1 для увеличения и сочетанием клавиш Ctrl+1 – для уменьшения.

1. Включить питание схемы исследования при положении движка переменного резистора R1 - 100 % .
2. Уменьшать сопротивление резистора R1 до состояния включения тиристора, - появления эпюры напряжения на выходе тиристора.
3. По эпюре выходного напряжения определить величину напряжения включения тиристора $U_{т1}$ и время задержки включения тиристора $T_з$, а по показаниям приборов ток управления на момент включения $I_{упр1}$ (PA1), ток в нагрузке $I_{н1}$ (PA2) и напряжение на нагрузке $U_{н1}$ (PV1).
4. Уменьшать сопротивление резистора R1 до 85% и повторить измерения согласно п.3.
5. Уменьшать сопротивление резистора R1 до 80% и повторить измерения согласно п.3.
6. Уменьшать сопротивление резистора R1 до состояния, когда $T_з = 0$, - ток в нагрузке не изменяется: $I_n = const$, и по показаниям приборов определить максимальный ток управления, обеспечивающий постоянно открытое состояние тиристора $I_{упр.max}$ (PA1) и максимальный действующий ток в нагрузке $I_{н.max}$ (PA2) и максимальное действующее напряжение на нагрузке $U_{н.max}$ (PV1).
7. Рассчитать мощность отдаваемую тиристором в нагрузку для выполненных измерений.
8. Результаты измерений свести в таблицу 1.

Таблица 1

Измерение	R1, %	$U_{т}$, В	$T_з$, ms	$I_{упр}$	I_n , mA	U_n , В	P_n , ВА

9. Построить график зависимости передаваемой в нагрузку мощности от тока управления тиристора.



Контрольные вопросы:

1. Назначение тиристоров и чем они отличаются от выпрямительных диодов?

2. Чем отличаются ВАХ тиристоров от ВАХ выпрямительных диодов?

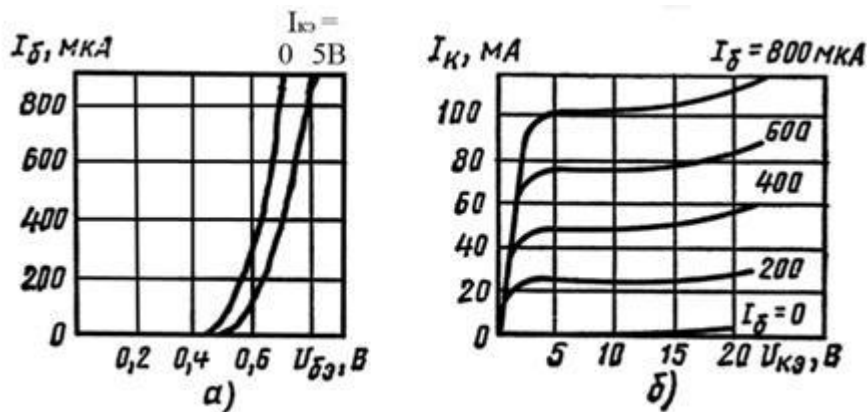
3. Как используются тиристоры?

4. Какие способы управления включением и выключением тиристоров на постоянном токе?

5. Какие способы управления открытием тиристоров на переменном токе?

Вывод:

Входная и выходная ВАХ биполярного транзистора средней мощности типа п-р-п приведены на рисунке:



Порядок выполнения работы:

1. Снятие выходной характеристики транзистора.

1.1 На источнике питания V_1 с помощью ручек **ГРУБО** и **ПЛАВНО** выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром.

1.2. На источнике питания V_2 выставить напряжение 15В, повернув ручки **ГРУБО** и **ПЛАВНО** по часовой стрелке до упора.

1.3. Соединить источник питания V_1 со входом транзистора согласно мнемосхемы («-» источника подать на общую точку).

1.4. Соединить источник питания V_2 с выводными клеммами транзистора согласно мнемосхемы.

1.5. Ручку потенциометра R_5 повернуть против часовой стрелки до упора.

1.6. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерения согласно мнемосхемы, соблюдая указанную полярность.

1.7. Поворачивая ручку потенциометра R_5 по часовой стрелке, изменять напряжения коллектора $U_{кэ}$ в пределах, указанных в таблице 1.

1.8. Для каждого фиксированного значения $U_{кэ}$ измерить ток коллектора I_k . Результаты измерений занести в таблицу

1.9. Аналогичные измерения произвести при подключении входного напряжения +5В к клеммам X_2, X_3, X_4 . Результаты измерений занести в таблицу 1.

Ручку потенциометра R_5 проворачивать в исходное положение при каждом измерении уровня входного сигнала I_B .

Схема 1.

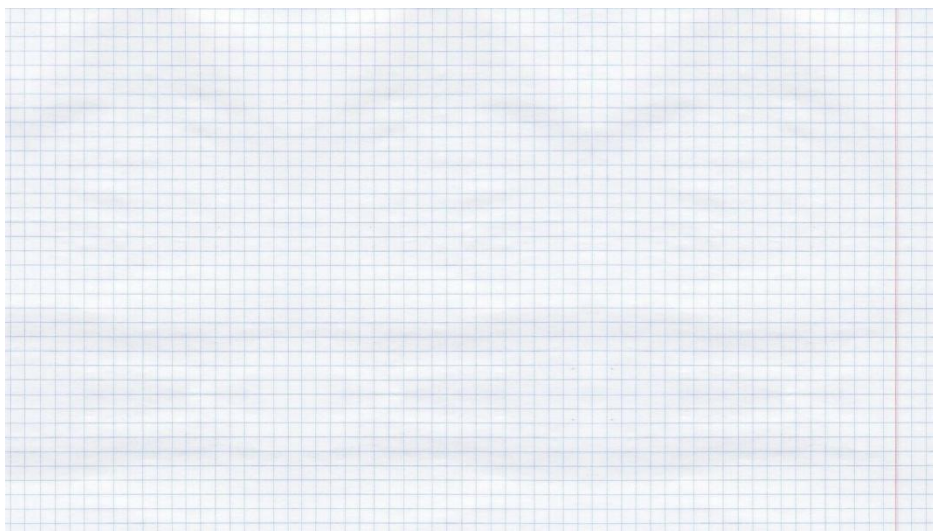


Таблица 1.

$U_{кэ}, В$	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	4	6	8
$I_{к, мА}$ при $R_1(I_{б1})$											
$I_{к, мА}$ при $R_2(I_{б2})$											
$I_{к, мА}$ при $R_3(I_{б3})$											
$I_{к, мА}$ при $R_4(I_{б4})$											

1.10 По данным таблица 2.1. построить выходные характеристики $I_{к} = f(U_{кэ})$ при разных уровнях входного сигнала $I_{б}$.



Контрольные вопросы.

1.Привести структуру биполярного транзистора.

2. Какие существуют схемы включения биполярных транзисторов.

3. Что такое h- параметры транзистора.

4. Функции и применение транзисторов.

Вывод:

Лабораторная работа №4

Исследование работы полевого транзистора

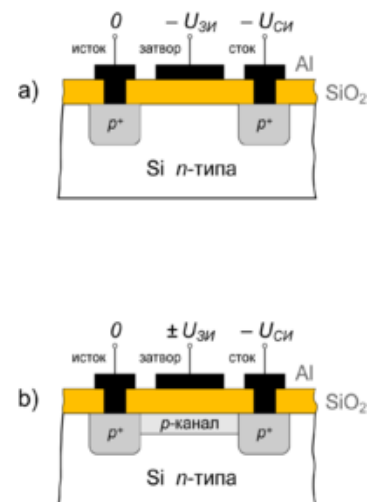
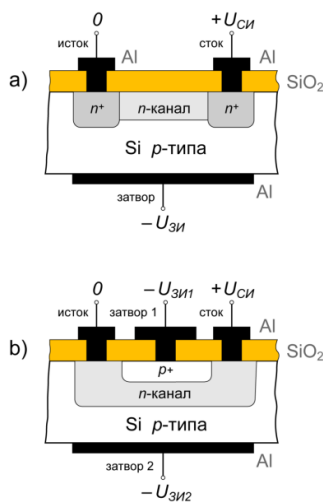
Цель работы: практическое ознакомление со схемой включения полевого транзистора, включенного по схеме с общим истоком (ОИ).

Общие сведения: Полевые, или униполярные, транзисторы в качестве основного физического принципа используют эффект поля. В отличие от биполярных транзисторов, у которых оба типа носителей, как основные, так и неосновные, являются ответственными за транзисторный эффект, в полевых транзисторах для реализации транзисторного эффекта применяется только один тип носителей. По этой причине полевые транзисторы называют униполярными. В зависимости от условий реализации эффекта поля полевые транзисторы делятся на два класса: полевые транзисторы с изолированным затвором и полевые транзисторы с управляющим p-n переходом.

Полевые транзисторы классифицируют на приборы с управляющим p-n-переходом (Рис 1) и с изолированным затвором, так называемые МДП («металл-диэлектрик-полупроводник»)-транзисторы, которые также называют МОП («металл-оксид-полупроводник»)-транзисторами, причём последние подразделяют на транзисторы со встроенным каналом и приборы с

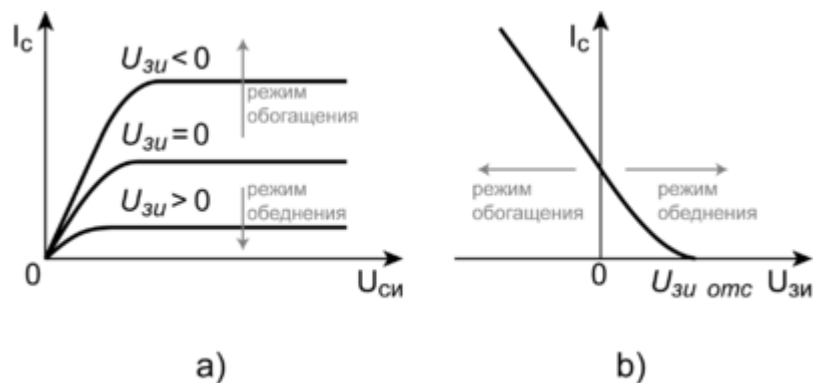
Рис.1 анным каналом (Рис 2).

Рис 2.



К основным параметрам полевых транзисторов причисляют: выходные статические характеристики (Рис 3. а) входное сопротивление, внутреннее сопротивление транзистора, также называемое выходным, крутизну стокзатворной характеристики (Рис 3 б), напряжение отсечки и некоторые другие.

Рис 3.



Оборудование: Лабораторный стенд, блок № 2, соединительные провода

Порядок выполнения работы:

1.Снятие переходной характеристики полевого транзистора. Схема 1.

- 1.1 Включить стенд в сеть, поставить сетевой тумблер в положение **ВКЛ** и нажав кнопку **СЕТЬ** на блоке питания.
- 1.2 На источнике питания V1 с помощью ручек ГРУБО и ПЛАВНО выставить напряжение 5В, измерив его мультиметром.
- 1.3 На источнике питания V2 выставить напряжение 15 В, повернув ручки ГРУБО и ПЛАВНО по часовой стрелке до упора.
- 1.4 Подключить измерительные приборы с указанным на мненосхеме пределами пределами измерений и полярностью.
- 1.5 Поворачивая ручку потенциометра R7 против часовой стрелки, установить такое отрицательное относительно истока напряжения, чтобы ток стока был равен 0 ($I_C=0$) при максимальном напряжении $U_{си}$. Для точной установки нулевого значения тока временно установить предел измерения амперметра 2 мА.
- 1.6. Поворачивая далее ручку потенциометра R7 против часовой стрелки, записать показания измерительных приборов в 5-6 точках, начиная от точки отсечки $U_{зи}=0$.
- 1.7. Когда $U_{зи}=0$ (крайнее левое положение ручки потенциометра R7), изменить полярность напряжения, подаваемого на клемму XI. Одновременно изменить полярность вольтметра.
- 1.8 Поворачивая ручку потенциометра R7 по часовой стрелке, снять показания измерительных приоров в 3-4 точках через каждые 0,4 – 0,5В. Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 .

$U_{зи}$												
$I_C,$ мА												

- 1.9 По данным таблицы 2.1 поставить переходную характеристику $I_C=f(U_{зи})$ при $U_{си} = const = \max$



2. Снятие выходных(стоковых) характеристик полевого транзистора .

2.1. Подключить измерительные приборы с указанными пределами измерений согласно мненосхемы, соблюдая указанную полярность . Мультиметр, работающий в режиме вольтметра, подсоединять к необходимым клеммам с помощью двухлучевого провода для возможности измерения $U_{зи}$ и $U_{си}$.

2.2. Мультиметр, работающий в режиме вольтметра , переключить со входа транзистора на выход, предварительно установив на нем предел измерений 20В.

2.3. Включить сетевой тумблер.

2.4. Поворачивая ручку потенциометра R8 по часовой стрелке, изменять напряжение между стоком и истоком $U_{си}$ в пределах, указанных в таблице 2.2. Для каждого фиксированного напряжения $U_{си}$ измерить ток стока I_c .

2.5. Мультиметр, работающий в режиме вольтметра, подключить на выход транзистора и выставить предел измерения 2В.

2.6. Включить сетевой тумблер.

2.7. Поворачивая ручку понтационометра R7 по часовой стрелке, установить напряжение между затвором $U_{зи}=1В$.

2.8. Включить сетевой тумблер.

2.9. Мультиметр, работающий в режиме вольтметра, переключить со входа транзистора на выход, предварительно установив на нем предел измерения 20В.

2.10. Поворачивая ручку потенциометра R8 по часовой стрелке, изменять напряжение $U_{си}$ в пределах, указанных в таблице 2.2. Для каждого фиксированного значения напряжения $U_{си}$ измерить ток $I_{си}$. Результаты измерений занести в таблицу 2.2.

Таблица 2

$U_{зи}=0$	$U_{си}$, В	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	4
	I_c , мА								
$U_{зи}=1В$	$U_{си}$, В								
	I_c , мА								

2.11. По данным таблицы 2.2. построить семейство выходных характеристик $I_c=f(U_{си})$ при $U_{зи}=0,1-1В$.



Контрольные вопросы.

1. Чем определяется ширина канала в полевых транзисторах?

2. Какие существуют виды полевых транзисторов?

Вывод:

Лабораторная работа №5

Исследование работы инвертирующего и неинвертирующего усилителя постоянного тока

Цель работы: Исследовать дифференциальный усилитель (усилитель разности сигналов)

Общие сведения: Операционным усилителем (ОУ) – называют усилитель постоянного тока, имеющий дифференциальный вход и общий выход, предназначенный для выполнения различных операций над аналоговыми и импульсными сигналами в схемах с обратными связями. В настоящее время ОУ, изготовленные по интегральной технологии, являются самыми универсальными и массовыми элементами, а благодаря разнообразным внешним обратным связям позволяют создавать устройства самого различного функционального назначения (усилители, сумматоры, компараторы, фильтры, дифференциаторы, интеграторы и т.д.).

На [рис.1.1](#) приведено условное обозначение ОУ и его схема включения по постоянному току. Как

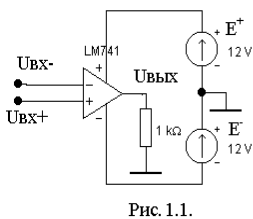


Рис.1.1.

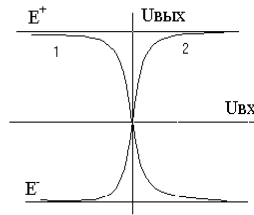


Рис.1.2.

следует из [рис.1.1](#) он имеет два входа и один выход. Вход ($U_{ВХ-}$), напряжение на котором сдвинуто по фазе на 180 (противофазно) относительно выходного напряжения называют инвертирующим и обозначают кружком. Второй вход ($U_{ВХ+}$) – неинвертирующим, т.к. напряжение на нем и выходное совпадают по фазе.

ОУ обычно имеет двухполярное питание, а выводы к которым оно подключается обозначены $U_{ип-}$ и $U_{ип+}$. Кроме того он может иметь вспомогательные выводы для подключения элементов частотной коррекции и балансировки выходного напряжения. ОУ считается сбалансированным когда выполняется условие: $U_{ВЫХ} = 0$, когда $U_{ВХ} = 0$.

Входные ($U_{ВХ+}$, $U_{ВХ-}$) и выходное ($U_{ВЫХ}$) напряжения ОУ связаны соотношением:

$$U_{ВЫХ} = K_{ОУ} (U_{ВХ+} - U_{ВХ-}), \quad (1)$$

где $K_{ОУ}$ – коэффициент усиления операционного усилителя.

В связи с тем, что $K_{ОУ}$ достаточно велик ($10^5 - 10^6$), схемы на ОУ работают в линейном режиме только при введении отрицательной обратной связи.

Параметры ОУ можно разделить на следующие группы:

Входные параметры, определяемые свойствами входного дифференциального каскада:

- напряжение смещения нуля $U_{см}$, значение которого определяется неидентичностью напряжений $U_{бэ0}$ транзисторов входного дифференциального каскада, и его температурный дрейф $\Delta U_{см} \Delta T$;
- входной ток инвертирующего $I_{ВХ}$ и неинвертирующего входа $I_{ВХ+}$, а также средний $I_{ВХ.ср}$ и разностный $I_{ВХ.разн}$ входной ток (ток баз транзисторов в режиме покоя входного дифференциального каскада) и температурный дрейф разностного входного тока $\Delta I_{ВХ.разн} / \Delta T$;
- максимальное входное дифференциальное $U_{ВХ.диф. макс}$ и синфазное $U_{ВХ.сф. макс}$ напряжения;
- входное дифференциальное сопротивление $R_{ВХ.ОУ}$, т.е. сопротивление между входами ОУ для малого дифференциального входного сигнала, при котором сохраняется линейность выходного напряжения;

- входное синфазное сопротивление $R_{вх.сф.}$, т.е. сопротивление, равное отношению напряжения, поданного на оба входа ОУ, к току входов.

Передаточные параметры:

- коэффициент усиления по напряжению $K_{оу}$ определяемый отношением изменения выходного напряжения к вызвавшему это изменение дифференциальному входному сигналу $K_{оу} = U_{вых}/U_{вх.диф}$;
- коэффициент ослабления синфазного сигнала $K_{осс}$ определяемый отношением коэффициента усиления дифференциального сигнала в схеме на ОУ к коэффициенту усиления синфазного сигнала $K_{осс} = K_{оу}/K_{оу.сф.}$. Он характеризует способность ослаблять (не усиливать) сигналы, приложенные к обоим входам одновременно;

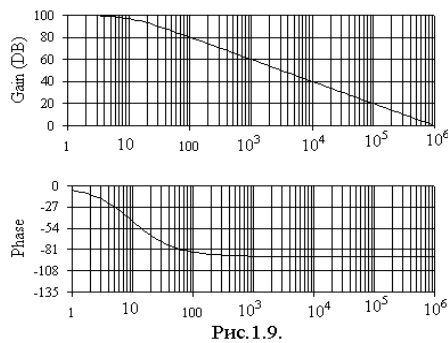


Рис.1.9.

- граничная частота $f_{гр}$ – частота на которой коэффициент усиления уменьшается в $(1/2)^{1/2}$ раз по отношению к максимальному значению коэффициенту усиления. Эта частота соответствует уменьшению коэффициента усиления на -3 дБ, при задании коэффициента усиления в логарифмическом масштабе. Для ОУ АЧХ коэффициента усиления которого приведена на рис.1.9 граничная частота $f_{гр}=10$ Гц;
- частота единичного усиления f_1 т. е. частота, при которой $K_{оу}=1$. Для ОУ АЧХ коэффициента усиления которого приведена на рис.1.9 частота единичного усиления $f_1=10^6$ Гц. Граничная частота $f_{гр}$, частота единичного усиления f_1 и коэффициент усиления по напряжению $K_{оу}$ для ОУ с внутренней коррекцией связаны соотношением $f_1 = f_{гр}K_{оу}$.
- запас устойчивости по фазе на частоте единичного усиления $\varphi_{зап}$, характеризует устойчивость ОУ. $\varphi_{зап} = 180^\circ - |\varphi_1|$, где φ_1 – фазовый сдвиг на частоте f_1 . Положительный запас устойчивости по фазе является показателем устойчивости ОУ. Для получения максимально быстрого отклика на импульсный входной сигнал и одновременно исключения звона или неустойчивости желательно иметь запас устойчивости по фазе порядка 45° . Для ОУ фазово-частотная характеристика, которого приведена на рис.1.9 $\varphi_1=90^\circ$, а $\varphi_{зап}=90^\circ$.

Выходные параметры, определяемые свойствами выходного каскада ОУ:

- выходное сопротивление $R_{вых}$;
- максимальный выходной ток $I_{вых.мах}$, измеряемый при максимальном выходном напряжении, или минимальное сопротивление нагрузки $R_{н.мин}$;
- максимальное выходное напряжение в диапазоне линейного усиления. Для большинства типов ОУ величина $U_{вых.мах} = (E_{п} - 1,5)V$, что составляет примерно - 10 В.

Переходные параметры:

- скорость нарастания выходного напряжения $V_{у.вых.}$ максимальная скорость изменения во времени напряжения на выходе ОУ (В/мкс) при подаче на вход большого сигнала;
- время установления выходного напряжения $t_{уст}$ время за которое выходное напряжение достигает свое стационарное значение с заданной точностью.

Параметры цепи питания:

- напряжение питания $\pm E_{п}$;
- потребляемый ток $I_{пот}$.
- потребляемая мощность. Мощность (без нагрузки) потребляемая операционным усилителем.

Важной характеристикой ОУ является его амплитудная (передаточная) характеристика. Она приведена на рис. 1.2 – $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}+}, U_{\text{ВХ}-})$. Кривая 1 соответствует выходному напряжению при входном напряжении на инвертирующем входе и нулевом напряжении на неинвертирующем входе, т.е. $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}-})|_{U_{\text{ВХ}+} = 0}$. Кривая 2 – $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}+})|_{U_{\text{ВХ}-} = 0}$. По амплитудной характеристике можно определить $K_{\text{ОУ}} = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}$, и $U_{\text{см}}$ – напряжение смещения – это постоянное напряжение на входе при котором выходное напряжение равно нулю, т.е. ОУ - сбалансирован, $U_{\text{сдв}}$ – напряжение сдвига - это постоянное напряжение на входе, когда $U_{\text{ВХ}-} = U_{\text{ВХ}+} = 0$. Типовые значения: $K_{\text{ОУ}} = 10^4, 10^7$; $U_{\text{см}} = 5...20$ мВ.

При упрощенном анализе схем, содержащих ОУ, удобно пользоваться понятием "идеального ОУ", для которого:

1. $K_{\text{ОУ}} = \infty$;
2. $R_{\text{ВХ}}$ – входное сопротивление = ∞ ;
3. $R_{\text{ВЫХ}}$ – выходное сопротивление = 0 Ом;
4. $U_{\text{ВЫХ}} = 0$ при $U_{\text{ВХ}-} = U_{\text{ВХ}+} = 0$ т.е. ОУ сбалансирован;
5. Δf – диапазон усиливаемых частот = ∞ ;
6. $I_{\text{ВХ}}$ – входной ток 0А.

Дифференциальный усилитель (усилитель разности)

Это усилитель в котором выходное напряжение пропорционально разности входных сигналов $U_{\text{ВХ}2}$ и $U_{\text{ВХ}1}$. Установим связь между входными и выходными сигналами этой схемы, учитывая что $R_1 = R_2$ и $R_3 = R_4$. Поскольку для идеального ОУ $U_{\text{ВХ}-} = U_{\text{ВХ}+} = U_2 R_4 / (R_2 + R_4)$ и $I_{\text{ВХ}} = I_{\text{ОС}}$, где $I_{\text{ВХ}} = (U_{\text{ВХ}+} - U_{\text{ВХ}-}) / R_3$, то выражение связывающее выходное и входное напряжения примет вид

$$U_{\text{ВЫХ}} = R_4 / R_2 (U_{\text{ВХ}2} - U_{\text{ВХ}1}). \quad (6)$$

Идеальный разностный усилитель при подаче на оба входа одинаковых напряжений, т.е. $U_{\text{ВХ}1} = U_{\text{ВХ}2}$, имеет на выходе напряжение равное нулю. Такие входные напряжения называются синфазными $U_{\text{сф}}$. В общем случае синфазный сигнал представляет собой среднее значение двух входных напряжений, т.е. $U_{\text{сф}} = (U_{\text{ВХ}1} + U_{\text{ВХ}2}) / 2$. Если $U_{\text{ВХ}1} = -U_{\text{ВХ}2}$, то $U_{\text{сф}} = 0$.

Разность двух входных напряжений называется дифференциальным сигналом $U_{\text{дс}} = U_{\text{ВХ}2} - U_{\text{ВХ}1}$. Поскольку усилитель разности усиливает только разностный (дифференциальный) сигнал, то такой усилитель часто называют дифференциальным усилителем.

Порядок выполнения работы:

Цель: Собрать схему усилителя разности сигналов.

1. Зарисовать временные диаграммы входных $U_{\text{ВХ}1}$, $U_{\text{ВХ}2}$ сигналов, подав на инвертирующий вход $U_{\text{ВХ}1}$ гармонический сигнал с амплитудой 1В и частотой 50 Гц, а на неинвертирующий вход $U_{\text{ВХ}2}$ сигнал прямоугольной формы, такой же амплитуды и частоты (Рис.2.1).

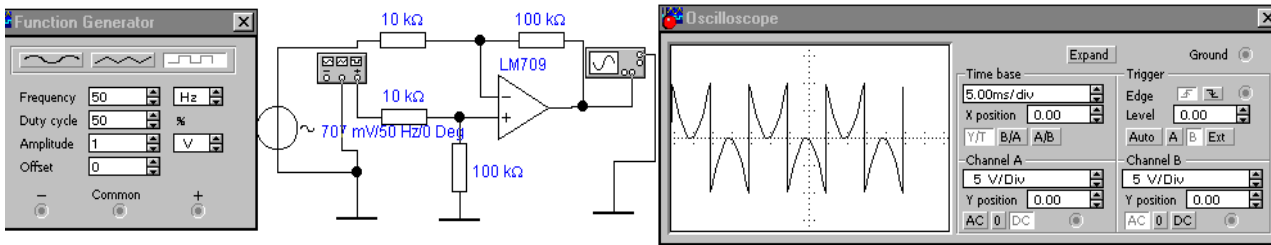


Рис.2.1

Измерения проводить в режиме синхронизации осциллографа от гармонического сигнала.

2. Рассчитать коэффициент ослабления синфазного сигнала. $K_{осс} = U_{вх} / U_{вых}$.

Для расчета $K_{осс}$, объединив входы усилителя разности и подав на них гармонический сигнал ($U_m = 1V$, $f = 100$ Гц) от генератора, измерить с помощью осциллографа амплитуду входного и выходного сигналов (рис.3.3).

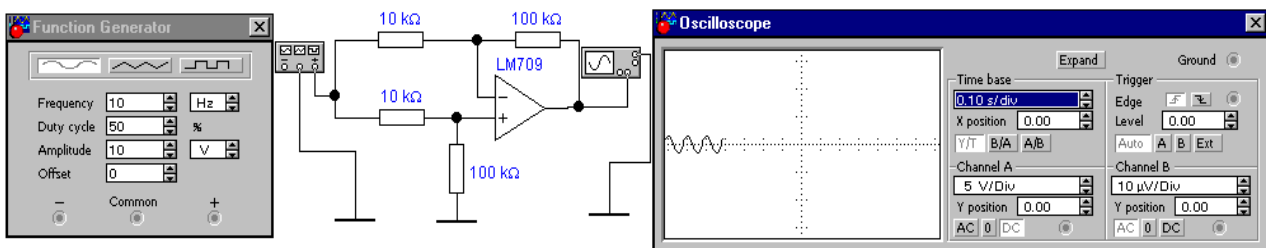


Рис.3.3

3. Объяснить результат измерения

Вывод:

Лабораторная работа №6 Исследование работы мультивибратора

Цель работы: Исследовать работу мультивибратора с помощью осциллографа

Оборудование: 1. Осциллограф, 2. Конденсаторы, 3. Резисторы, 4. Источник питания

Общие сведения: Мультивибратор - это устройство с двумя неустойчивыми состояниями равновесия (мультивибратор с самовозбуждением) или устройство с одним устойчивым и одним неустойчивым состоянием равновесия (ждуший мультивибратор или одновибратор). Эти состояния схемы отличаются тем, что в одном из них первый транзистор открыт, а второй закрыт. В противоположном состоянии второй транзистор открыт, а первый закрыт.

Мультивибратор с самовозбуждением переходит скачком из одного состояния в другое самопроизвольно. Частота его переключения зависит от параметров схемы (R_6 и C).

Ждуший мультивибратор из неустойчивого состояния в устойчивое переходит самопроизвольно (это время определяется длительностью разряда соответствующего конденсатора C), а из устойчивого в неустойчивое под действием входного импульса. Применительно к электронной схеме под устойчивым состоянием равновесия понимают такой режим работы, при котором токи и напряжения в любом ее элементе неизменны во времени (постоянны). Устройство, имеющее устойчивое состояние равновесия, может находиться в нем произвольно длительное время.

Мультивибратор с самовозбуждением может быть симметричным. Понятие симметричности относится не только к схеме, но и параметрам ее элементов:

$$R_{к1} = R_{к2}, R_{б1} = R_{б2}, R_1 = R_2$$

При подключении источника питания схема быстро принимает одно из устойчивых состояний (один из транзисторов открыт, а другой закрыт). Происходит заряд одного из конденсаторов C и одновременно разряд другого конденсатора. Схема находится в неустойчивом состоянии. Как только конденсатор разрядится, схема переключается в противоположное состояние, т.е. открытый транзистор закрывается, а закрытый - открывается (схема принимает второе неустойчивое состояние). Разряженный конденсатор будет заряжаться, а заряженный - разряжаться. Когда этот процесс закончится, схема вновь примет первое неустойчивое состояние. На Рис.1 приведены диаграммы напряжения на базе и коллекторе каждого из транзисторов.

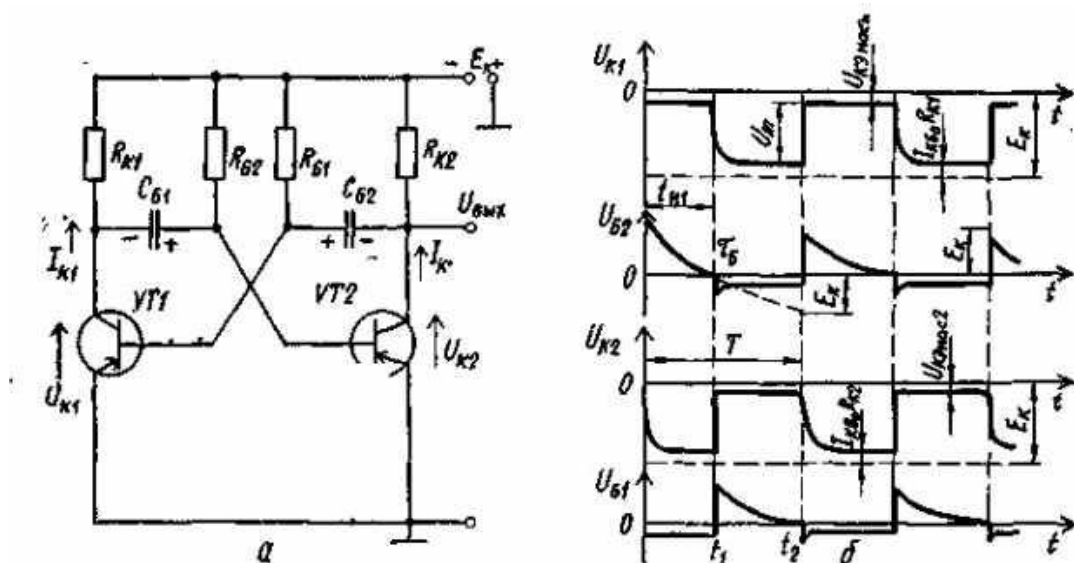
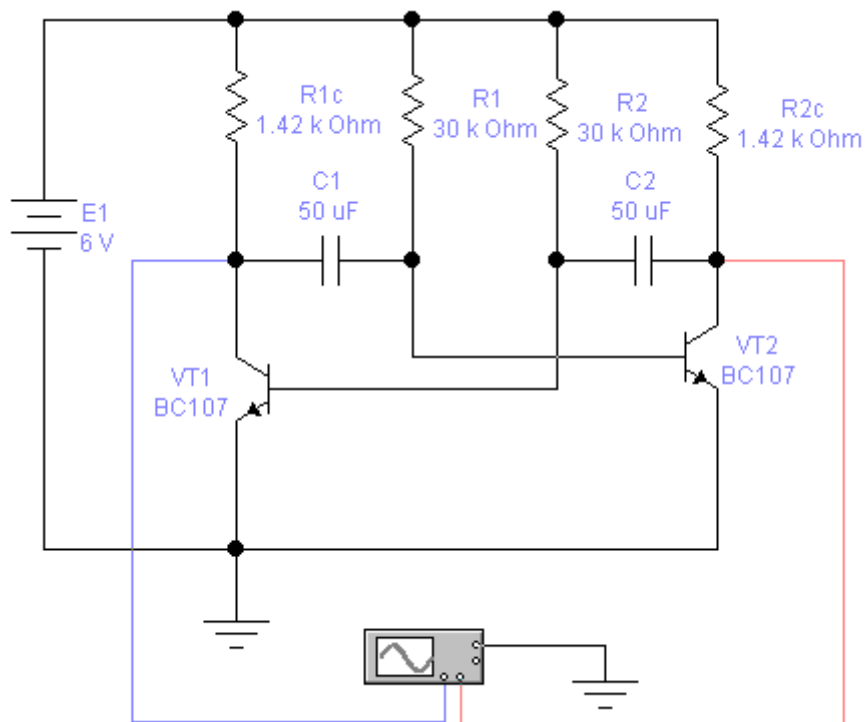


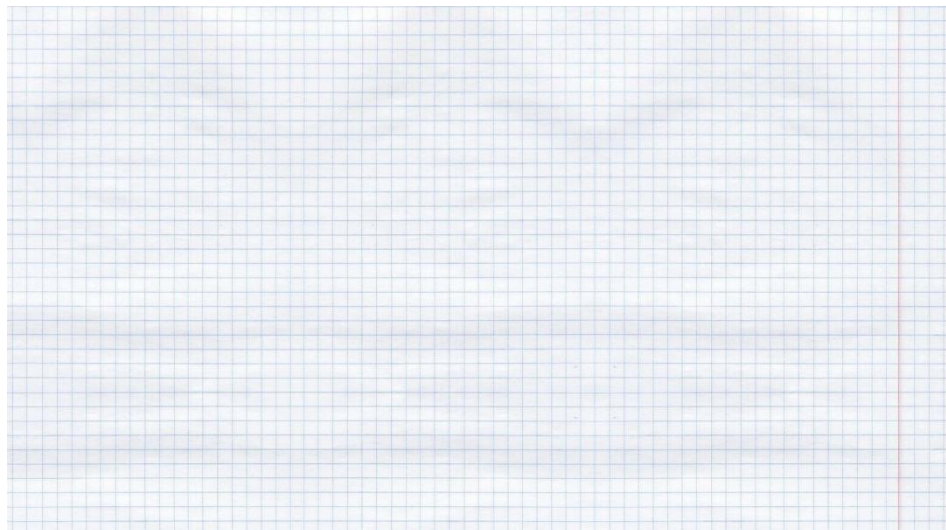
Рис.1 Схема мультивибратора. Диаграмма напряжений

Порядок выполнения работы:

1. Собрать электрическую схему согласно схеме



2. Зарисовать полученную осциллограмму :



3. Рассчитать частоту мультивибратора при различных значениях емкости частото задающих конденсаторов: $C1=C2=0,1\text{mF}$, $C1=C2=0,5\text{mF}$, $C1=C2=1\text{mF}$:

Частота колебаний такого генератора зависит от емкости конденсаторов $C1$ и $C2$ на рис. 1. Так как емкость конденсатора $C1$ равна $C2$, то такой мультивибратор называется симметричным.

-Длительность одной из двух частей периода равна

$$t = \ln 2 \cdot RC$$

-Длительность периода из двух частей равна:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\ln 2 \cdot (R_2 C_1 + R_3 C_2)} \approx \frac{1}{0.693 \cdot (R_2 C_1 + R_3 C_2)}$$

где

- f частота в Гц.
- R_2 и R_3 величины резисторов в Ом.
- C_1 и C_2 величины конденсаторов в Фарадах.
- T — длительность периода (В этом случае, сумма двух частей периода).

В особом случае когда

- $t_1 = t_2$ (50 % цикл)
- $R_2 = R_3$
- $C_1 = C_2$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\ln 2 \cdot 2RC} \approx \frac{0.721}{RC}$$

Расчет:

Вывод: _____

Лабораторная работа №7

Исследование электронной схемы однофазного и двухфазного неуправляемого выпрямителя, измерение основных параметров

Цель работы:

1. Сравнить форму входного и выходного напряжений для однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.
2. Определить среднее значение выходного напряжения в схемах однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.
3. Определить частоту выходного сигнала в схемах однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей с выводом средней точки трансформатора.
4. Сравнить частоты выходного сигнала для схем двухполупериодного и однополупериодного выпрямителей.
5. Проанализировать обратное напряжение U_{\max} на диоде в схемах однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.

Оборудование: 1. Осциллограф, 2. Источник переменного напряжения, 3. Трансформаторы, 4. Кремниевые диоды, 5. Резисторы.

Общие сведения:

Выпрямители служат для преобразования переменного напряжения питающей сети в постоянное. Основными компонентами выпрямителей служат вентили – элементы с явно выраженной нелинейной вольт-амперной характеристикой. В качестве таких элементов используют кремниевые диоды.

Однополупериодный выпрямитель. Простейшим является однополупериодный выпрямитель (рис. 1). Напряжение и ток нагрузки имеют форму, показанную на рис. 2. Выходное напряжение меньше входного на величину падения напряжения на открытом диоде.

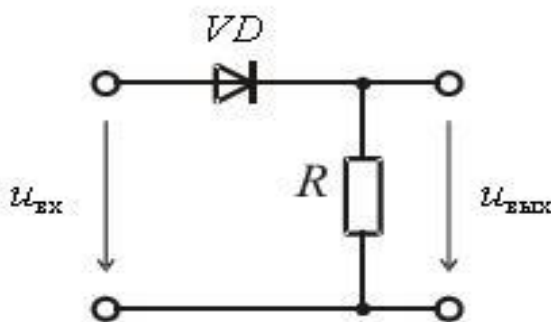


Рис. 1

Среднее значение выпрямленного напряжения:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вх.ш}}}{\pi} = \frac{\sqrt{2}U_{\text{вх}}}{\pi} \approx 0.45U_{\text{вх}} \quad (1.1)$$

Здесь $U_{\text{вх}}$ – действующее значение входного напряжения. С помощью формулы (1.1) по заданному значению напряжения $U_{\text{вых}}$ можно найти входное напряжение выпрямителя.

Максимальное обратное напряжение на диоде:

$$U_{\text{обрmax}} = \sqrt{2}U_{\text{вх}} = \pi U_{\text{ср}}$$

Максимальный ток диода:

$$I_{\text{дmax}} = \frac{\sqrt{2}U_{\text{вх}}}{R} = \pi I_{\text{ср}}$$

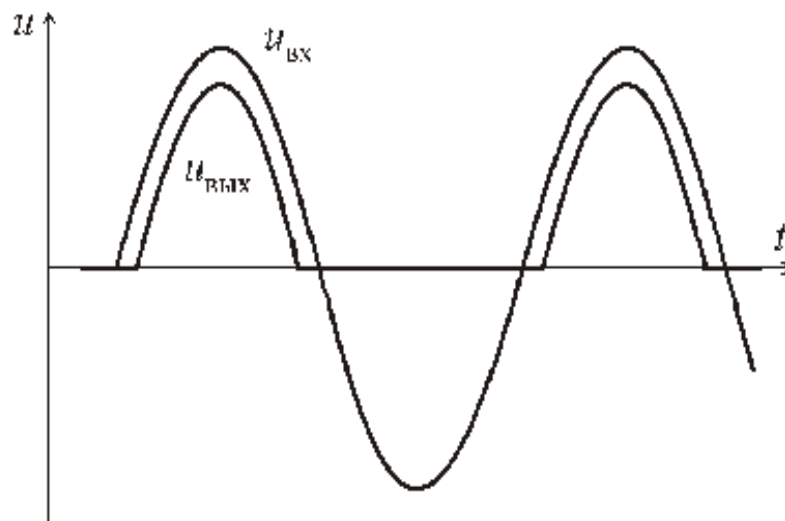


Рис. 2

Важным **параметром выпрямителя** является **коэффициент пульсаций** выпрямленного напряжения, равный отношению максимального и среднего напряжений. Для однополупериодного выпрямителя коэффициент пульсаций

$$\varepsilon = \frac{\pi}{2} \approx 1.57$$

Выпрямленное напряжение и ток в схеме на рис. 1 имеют большой уровень пульсаций. Поэтому на практике такую схему применяют в маломощных устройствах в тех случаях, когда не требуется высокая степень сглаживания выпрямленного напряжения.

Двухполупериодные выпрямители. Меньший уровень пульсаций выпрямленного напряжения можно получить в двухполупериодных выпрямителях. На рис. 3 показана схема выпрямителя с выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора.

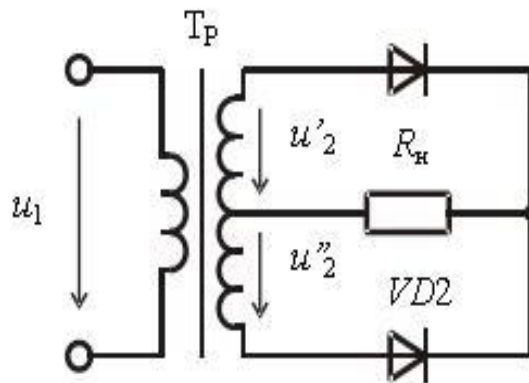


Рис. 3

Во вторичной обмотке трансформатора индуцируются напряжения u'_2 и u''_2 , имеющие противоположную полярность. Диоды проводят ток поочередно, каждый в течение полупериода. В положительный полупериод открыт диод VD1, а в отрицательный – диод VD2. Ток в нагрузке имеет одинаковое направление в оба полупериода, поэтому напряжение на нагрузке имеет форму, показанную на рис.4. Выходное напряжение меньше входного на величину падения напряжения на диоде.

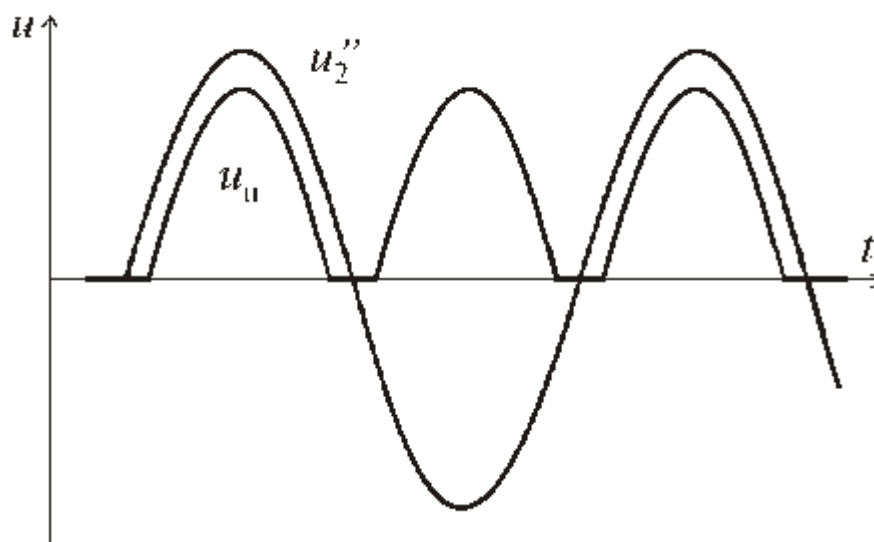


Рис. 4

В двухполупериодном выпрямителе постоянная составляющая тока и напряжения увеличивается вдвое по сравнению с однополупериодной схемой:

$$I_{\text{н}} = \frac{2}{\pi} I_{2m}; \quad U_{\text{н}} = \frac{2U'_{2m}}{\pi} = \frac{\sqrt{2}U'_2}{\pi} \approx 0.9U_2.$$

Из последней формулы определим действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора:

$$U_2' = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_H \approx 1.1 U_H$$

Коэффициент пульсаций в данном случае значительно меньше, чем у однополупериодного выпрямителя:

$$\varepsilon = \frac{2}{3} \approx 0.67$$

Так как ток во вторичной обмотке трансформатора двухполупериодного выпрямителя синусоидальный, а не пульсирующий, он не содержит постоянной составляющей. Тепловые потери при этом уменьшаются, что позволяет уменьшить габариты трансформатора.

Существенным недостатком схемы на рис. 3 является то, что к запертому диоду приложено обратное напряжение, равное удвоенной амплитуде напряжения одного плеча вторичной обмотки трансформатора:

$$U_{\text{обр}} = 2U_{2m}$$

Поэтому необходимо выбирать диоды с большим обратным напряжением. Более рационально используются диоды в мостовом выпрямителе (рис. 5).

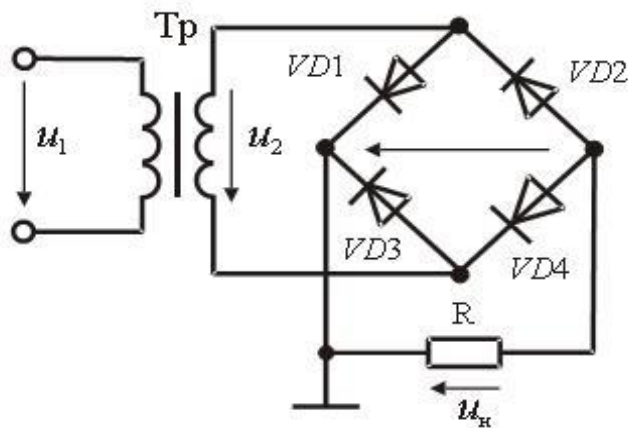


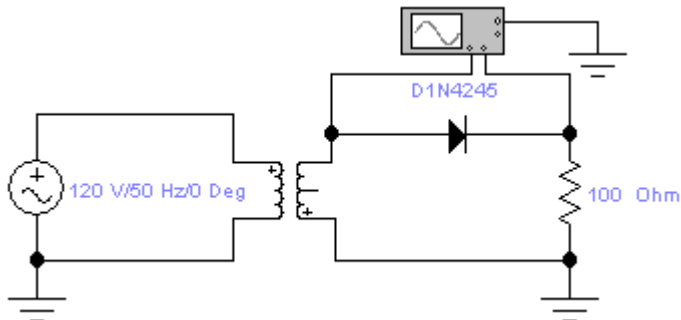
Рис. 5

Эта схема имеет такие же значения среднего напряжения и коэффициента пульсаций, что и схема выпрямителя с выводом от средней точки трансформатора. Ее преимущество в том, что обратное напряжения на диодах в два раза меньше. Кроме того, вторичная обмотка трансформатора содержит вдвое меньше витков, чем вторичная обмотка в схеме на рис. 3.

Порядок выполнения работы:

I. Исследование входного и выходного напряжения однополупериодного выпрямителя

1. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 1. (Рисунок 1)



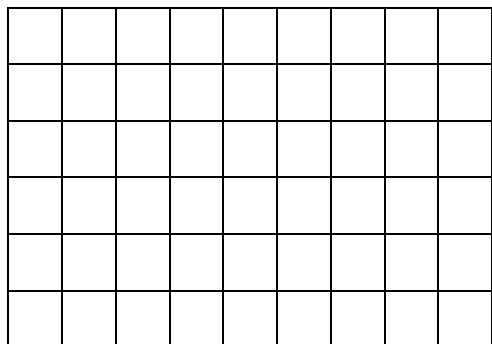
2. Двойным щелчком левой мыши откройте осциллограф и установите параметры:
Time base - 0,01 s / Div;
Channel A - 50 V / Div;
Channel B - 50 V / Div.

3. Зарисуйте графики с осциллографа до и после вентиля:

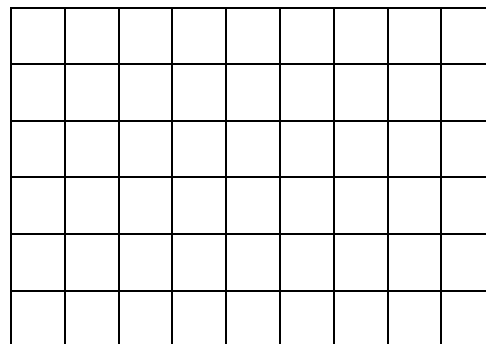
До вентиля

После вентиля

U



U



T

T

4. Измерьте и запишите максимальные входные и выходные напряжения:

$$U_{вх\ max} = \quad B,$$

$$U_{вых\ max} = \quad B.$$

5. Измерьте период T входного и выходного напряжений по осциллограмме и запишите результаты:

$$T_{вх\ max} = \quad c,$$

$$T_{вых\ max} = \quad c.$$

6. Вычислите частоту выходного сигнала f по формуле:

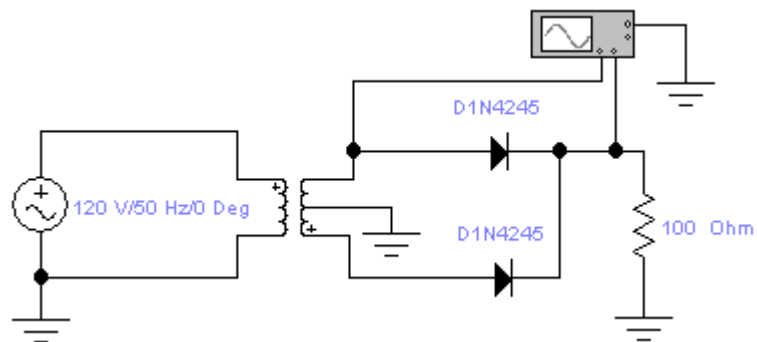
$$f_{вх} = 1/T = \quad Гц,$$

$$f_{вых} = 1/T = \quad Гц.$$

II. Исследование входного и выходного напряжений двухполупериодного выпрямителя с отводом от средней точки трансформатора.

7. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 2.

Рисунок 2



8. Двойным щелчком левой мыши откройте осциллограф и установите параметры:

Time base - 0,01 m s / Div

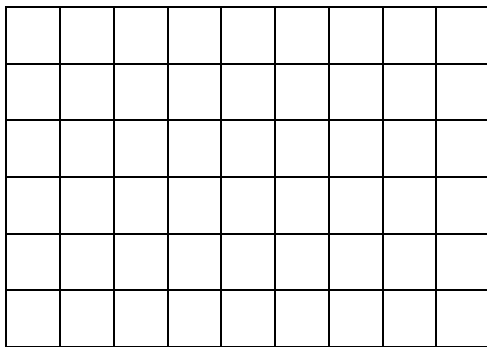
Channel A - 50 V / Div

Channel B - 50 V / Div.

9. Зарисуйте графики с осциллографа до и после вентиля:

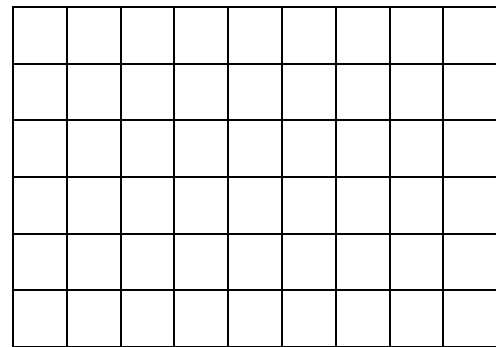
До вентиля

U



После вентиля

U



T

T

10. Измерьте и запишите максимальные входные и выходные напряжения:

$$U_{вх max} = \quad B,$$

$$U_{вых max} = \quad B.$$

11. Измерьте период T входного и выходного напряжений по осциллограмме и запишите результаты:

$$T_{вх max} = \quad c,$$

$$T_{вых max} = \quad c.$$

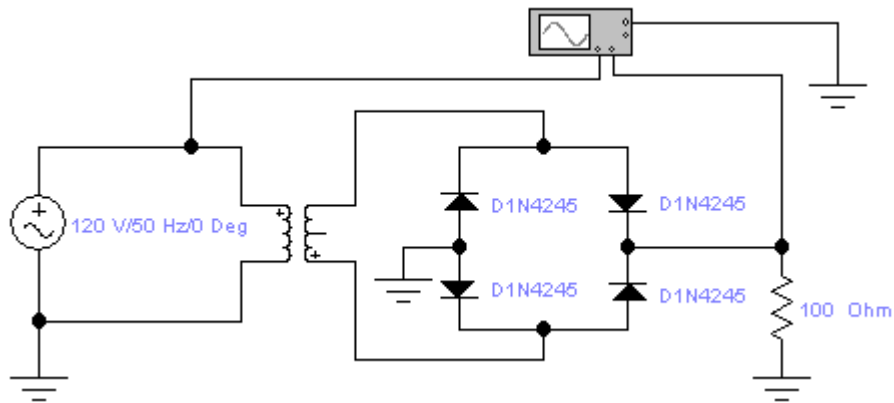
12. Вычислите частоту выходного сигнала f по формуле:

$$f_{вх} = 1/T = \quad Гц,$$

$$f_{вых} = 1/T = \quad Гц.$$

III. Исследование входного и выходного напряжений мостового выпрямителя.

13. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 3.



14. Двойным щелчком левой мыши откройте осциллограф и установите параметры:
Time base - 0,01 ms / Div,
Channel A - 100 V / Div,
Channel B - 50 V / Div.

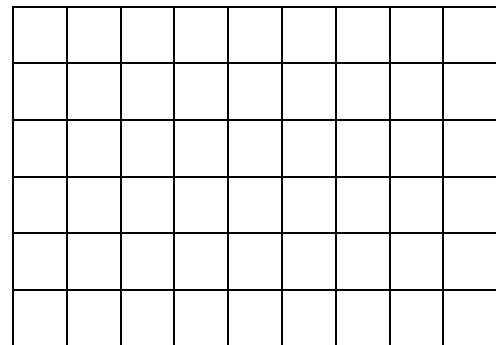
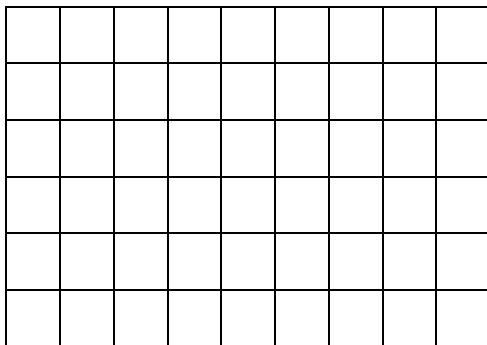
15. Зарисуйте графики с осциллографа до и после вентиля:

До вентиля

После вентиля

U

U



T

T

16. Измерьте и запишите максимальные входные и выходные напряжения:

$$U_{вх max} = \quad В,$$

$$U_{вых max} = \quad В.$$

17. Измерьте период T входного и выходного напряжений по осциллограмме и запишите результаты:

$$T_{вх max} = \quad с,$$

$$T_{вых max} = \quad с.$$

18. Вычислите частоту выходного сигнала f по формуле:

$$f_{вх} = 1/T = \quad Гц,$$

$$f_{вых} = 1/T = \quad Гц.$$

19. Сделайте выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы:

1. Каким должно быть соотношение между прямым сопротивлением диода $R_{пр}$ и сопротивлением нагрузки R_H в однополупериодном выпрямителе?

2. Каково соотношение между действующими значениями напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора U_2 и на сопротивлении нагрузки U_{2H} в схеме однополупериодного выпрямителя?

3. Каково соотношение между действующими значениями тока во вторичной обмотке трансформатора I_2 и на сопротивлении нагрузки I_n в схеме однополупериодного выпрямителя?

4. Вычертите форму тока, проходящего через каждый диод мостовой схемы:

5. Осуществляет ли выпрямительный мост однополупериодное или двухполупериодное выпрямление?

Выводы:

Лабораторная работа №8
Исследование свойств сглаживающих фильтров

Цель работы:

1. Исследование влияния конденсатора на форму выходного напряжения однополупериодных и двухполупериодных выпрямителей.
2. Измерение частоты выходного напряжения выпрямителя с емкостным фильтром.
3. Исследование влияния величины емкости конденсатора фильтра на среднее значение выходного напряжения.
4. Сравнение среднего значения выходного напряжения для однополупериодных и двухполупериодных выпрямителей с емкостным фильтром.

Приборы и элементы: 1. Мультиметр. 2. Осциллограф. 3. Источник переменного напряжения. 4. Трансформаторы. 5. Диоды 1N4001. 6. Резисторы. 7. Конденсаторы.

Общие сведения:

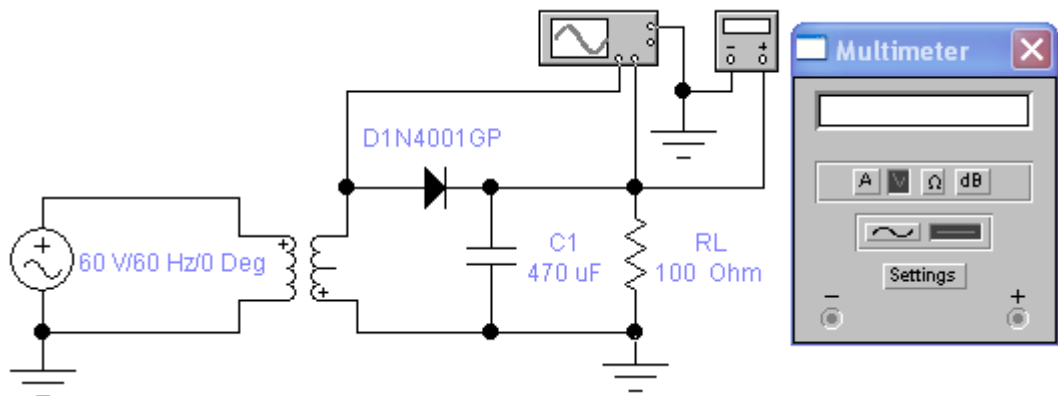
Порядок выполнения работы:

1. Исследовать схему однополупериодного выпрямителя с LC фильтром.

1.1 Соберите схему, указанную на рисунке 1.

2.

Рисунок 1



3.

4. 2. На осциллографе установите следующие значения:

TIME BASE – 5.00 ms/div;

CHANNEL A – 20 V/div;

CHANNEL B – 20 V/div.

3. На вход **A** осциллографа подаётся входное напряжение, а на вход **B** – выходное. Измерьте:

максимальное выходное напряжение

$$U_{2max} = \quad B;$$

минимальное выходное напряжение

$$U_{2min} = \quad B;$$

**II. Определение коэффициента пульсаций однополупериодного выпрямителя
при изменении ёмкости фильтра.**

7. Отключите мультиметр в схеме 1. Установите ёмкость конденсатора равной 100 мкФ. Измерьте:
максимальное выходное напряжение

$$U_{2max} = \quad \text{В};$$

минимальное выходное напряжение

$$U_{2min} = \quad \text{В};$$

рассчитайте разность между максимумом и минимумом выводного напряжения

$$\Delta U_2 = \quad \text{В}.$$

8. Вычислите среднее значение выходного напряжения U_d по результатам измерений:

$$U_d = \frac{U_{2max} + U_{2min}}{2} = U_{2max} - \Delta U_2 / 2 = \quad \text{В};$$

где

$$\Delta U_2 = U_{2max} - U_{2min} = \quad \text{В};$$

среднее значение выходного напряжения по показаниям мультиметра:

$$U_d = \quad \text{В}.$$

Сравните значения, полученные разными методами:

9. Вычислите коэффициент пульсаций выходного сигнала по формуле:

$$q = \frac{\Delta U_2}{U_d} \cdot 100 \% =$$

10. Зарисуйте осциллограммы входного и выходного напряжений:

входное напряжение

выходное напряжение

Вывод:

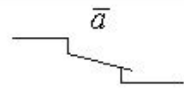
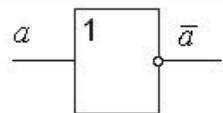
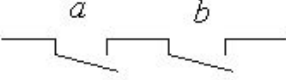
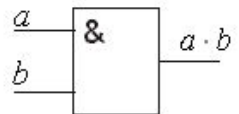
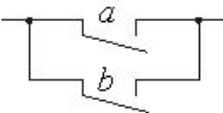
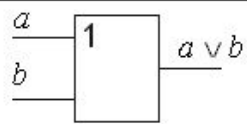
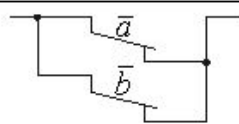
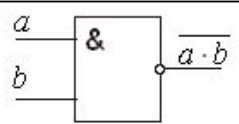
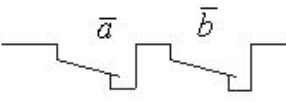
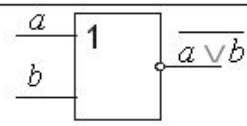
Лабораторная работа №9

Исследование основных логических элементов и простейших комбинационных устройств

Цель работы: практическое ознакомление с действиями логических элементов, выполняющих логические функции.

Оборудование: Универсальный стенд ОАВТ, плата П1, технологические карты 1.1-1.9.

Общие сведения: Функции алгебры логики могут быть непосредственно использованы для анализа и синтеза комбинационных электрических схем с использованием контактных и бесконтактных элементов. В качестве бесконтактных элементов в настоящее время используются интегральные логические элементы. Использование контактных и бесконтактных элементов при реализации основных логических операций представлено ниже.

Операция	Обозначение при реализации	
	На контактах реле	На бесконтактных элементах
Отрицание "НЕ" $y = \bar{a}$		
Конъюнкция "И" $y = a \cdot b$		
Дизъюнкция "ИЛИ" $y = a \vee b$		
Отрицание конъюнкции "И-НЕ" $y = \overline{a \cdot b} = \bar{a} \vee \bar{b}$		
Отрицание дизъюнкции "ИЛИ-НЕ" $y = \overline{a \vee b} = \bar{a} \cdot \bar{b}$		

I. Подготовка к работе:

1. Изучить основы алгебры логики.
2. Изучить основы построения таблиц истинности

II. Задание.

1. Манипулируя переключателями, составить таблицу истинности исследуемого устройства.
2. Определить логическую функцию и записать ее через операции И, ИЛИ, НЕ.
3. Определить тип каждого логического элемента входящего в устройство.

III. Порядок выполнения задания

Проанализировать работу светодиодного индикатора стенда для определения уровней логических сигналов.

Последовательно используя технологические карты, исследовать работу изучаемых логических устройств.

Комбинации входных сигналов набирать с помощью тумблеров SAI-SA4.

По результатам исследований составить таблицы истинности каждого устройства.

1. Исследовать элемент И-НЕ для положительной логики ИЛИ-НЕ для отрицательной логики (карта I-1)

2. Исследовать элемент ИЛИ_НЕ для положительной логики или И-НЕ для отрицательной логики (карта I-3).

3. Исследовать элемент И (карта I-2).

4. Исследовать элемент ИЛИ (карта I-4).

5. Исследовать двоичный одноразрядный сумматор (Карта I-9).

Вывод:

Лабораторная работа №10

Исследование работы шифратора и дешифратора

Цель: Исследовать принцип работы шифратора и дешифратора

Оборудование: универсальный стенд ОАВТ, плата П4, карта IV-1

Общие сведения:

Дешифратор – это устройство, предназначенное для преобразования двоичного кода в напряжение логической единицы (логического нуля) на том выходе, номер которого совпадает со значением двоичного кода на входе. При n входах в *полном дешифраторе* имеется 2^n выходов, т.е. для каждой комбинации входных сигналов имеется соответствующий выход. Дешифратор, у которого при n входах число выходов меньше 2^n , называется *неполным*. Другое название дешифратора - *декодер*. Принцип работы полного трехразрядного дешифратора рассмотрим на примере его таблицы истинности.

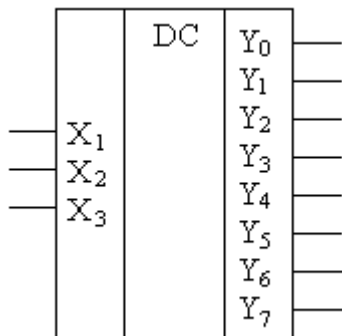
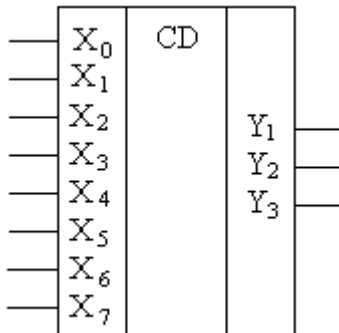
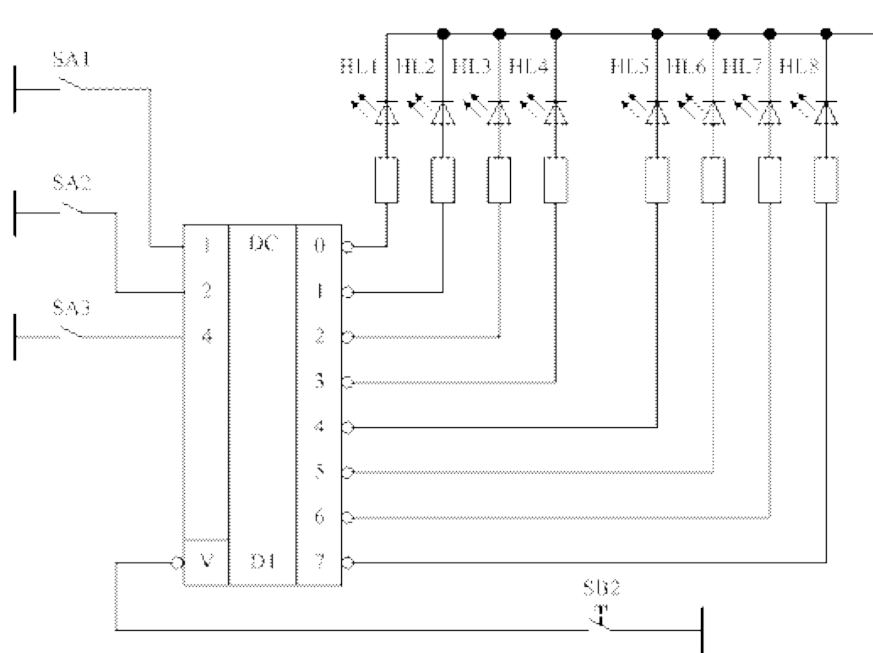


Рис.1 УГО трехразрядного дешифратора



РРис. 2 УГО трехразрядного шифратора

Ход работы: 1. Нарисовать схему



2) Комбинации сигналов на адресных входах мультиплексора набирать с помощью тумблеров SA1...SA3 в двоичной системе исчисления и записывать в регистр кнопкой SB3. После этого с помощью кнопки SB2 поочередно подавать на разные входы мультиплексора информационный сигнал с одного из выходов дешифратора, адрес которого набирать тумблерами SA1...SA3.

*При подаче сигнала разрешения на вход дешифратора загорится светодиод HL1 только при совпадении адреса на соответствующих входах дешифратора. Это означает, что цифровой сигнал с выбранного информационного входа мультиплексора передается на его выход. Другими словами, необходимо убедиться, что на выход мультиплексора передается цифровой сигнал только с одного информационного входа, номер которого указан двоичным кодом на адресных входах. Выходной сигнал Y определять по свечению светодиодного индикатора HL1. Результаты записать в таблицу 12, сделать краткие выводы.

Системы счисления				
Десятичная	Двоичная	Восьмеричная	Шестнадцатеричная	Двоично-десятичная
0	0	0	0	0000
1	1	1	1	0001
2	10	2	2	0010
3	11	3	3	0011
4	100	4	4	0100
5	101	5	5	0101
6	110	6	6	0110
7	111	7	7	0111
8	1000	10	8	1000
9	1001	11	9	1001
10	1010	12	A	00010000
11	1011	13	B	00010001
12	1100	14	C	00010010
13	1101	15	D	00010011
14	1110	16	E	00010100
15	1111	17	F	00010101
16	10000	20	10	00010110

SA3	SA2	SA1	HL1	HL2	HL3	HL4	HL5	HL6	HL7	HL8
0	0	0								
0	0	1								
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

3) Записать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Что такое шифратор и дешифратор?
2. Описать подробно принцип действия схемы.
3. В каких устройствах применяются шифраторы и дешифраторы?
4. Какими символами обозначаются на схемах шифраторы и дешифраторы?

Лабораторная работа №11

Исследование работы сумматора

Цель: Ознакомиться с принципом работы параллельного многоразрядного сумматора.

Оборудование: Универсальный стенд ОАВТ, плата W3, карта Ш-3.

Общие сведения:

Сумматор – это схема, которая предназначена для суммирования двух входных двоичных n -разрядных кодов. Операция вычитания заменяется сложением слов в обратном или дополнительном коде. Операции умножения и деления сводятся к реализации многократных сложений и сдвигов. Поэтому сумматор является важным компонентом любого арифметико-логического устройства.

Сумматор состоит из элементарных подсхем, которые называются одноразрядными сумматорами.

Существуют следующие классификации сумматоров:

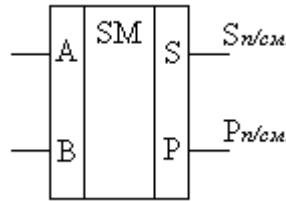
- по числу входов:
 - полусумматоры,
 - одноразрядные сумматоры,
 - многоразрядные сумматоры.
- по способу сложения:
 - параллельные – все разряды операндов поступают одновременно на соответствующие входы одноразрядных суммирующих схем,
 - последовательные – значения разрядов операндов и переноса, которые запомнились в предыдущем такте, поступают последовательно в направлении от младших разрядов к старшим на входы одного одноразрядного сумматора,
 - параллельно-последовательные – число разбивается на части (например, байты), разряды байтов поступают на входы подсумматоров (в нашем примере – восьмиразрядных сумматоров) параллельно (одновременно), а сами группы разрядов (байтов) – последовательно.
 - по организации хранения результатов:
 - комбинационные – результат операции сложения запоминается в регистре результата,
 - накапливающие – процесс сложения объединяется с хранением результата,
 - комбинированные,
 - по организации переноса между разрядами:
 - с последовательным переносом,
 - со сквозным переносом,
 - с параллельным переносом,
 - с комбинированным переносом,
 - по системе счисления:
 - позиционные (двоичные, десятичные, двоично-десятичные и т.д.),
 - непозиционные,
 - по разрядности – в зависимости от того, сколько разрядные числа могут суммироваться,
 - по способу представления отрицательных чисел,
 - в обратном коде,
 - в дополнительном коде,
 - по времени сложения:
 - синхронные – это сумматоры с постоянным интервалом времени необходимым для сложения,
 - асинхронные – это сумматоры, в которых интервал времени для сложения определяется моментом фактического окончания операции.

Таблица истинности для сумматора

Входы			Выходы	
a	b	P _i	S	P _{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

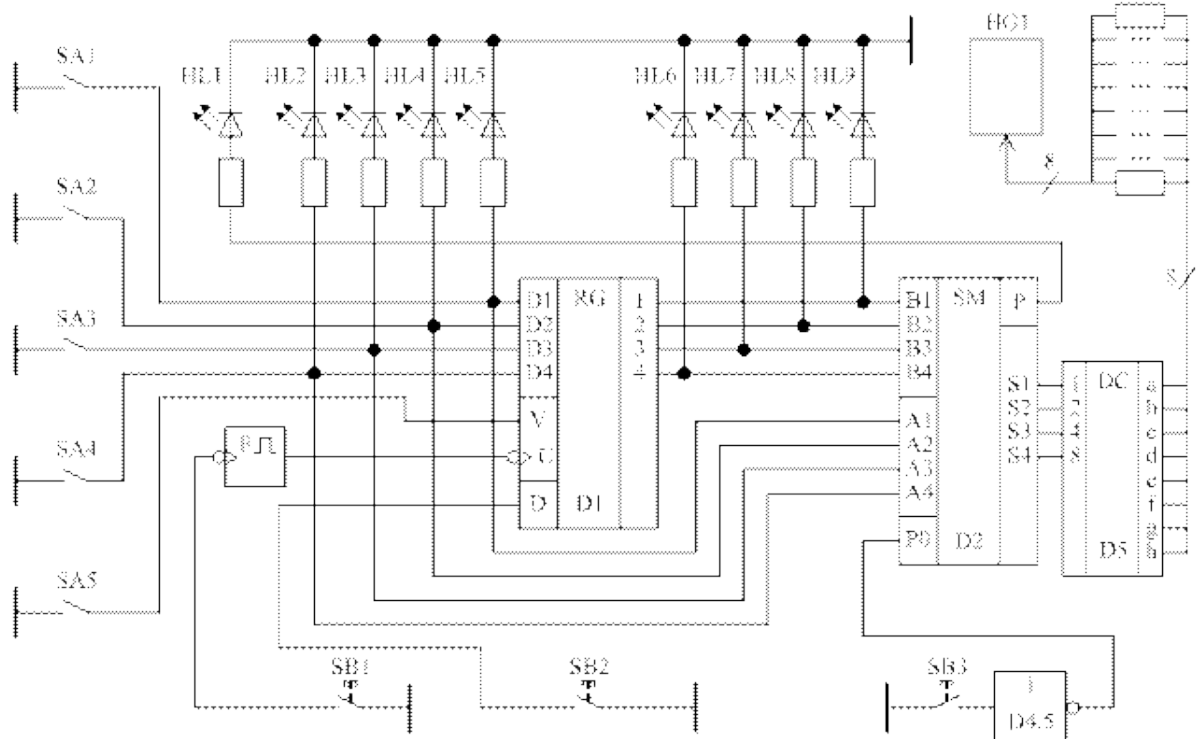
a - первое слагаемое
b - второе слагаемое
S - сумма разряда
P_i - перенос из младшего разряда
P_{i+1} - перенос в старший разряд

УГО СУММАТОРА



Порядок выполнения работы:

- 1) Установить в стенд плату ПЗ
- 2) Наложить на панель карту Ш-3
- 3) Зарисовать схему сумматора



- 4) Ввести в регистр первое слагаемое и второе слагаемое.

4.1) Для задания двух четырехразрядных слагаемых А и В использовать тумблеры SA1...SA4 (см схему). Причем вначале следует набирать слагаемое В и в параллельном коде записывать в регистр на микросхеме D1 с помощью кнопки SB1 (тумблер SA5 в верхнем положении). Затем следует набирать слагаемое А, которое непосредственно с тумблеров SA1...SA4 поступает на входы А1...А4 сумматора. Сигнал переноса подавать на вход P0 сумматора кнопкой SB3.

*Индикация слагаемых осуществляется в двоичной системе счисления с помощью светодиодов HL2...HL9. Сигнал переноса Р в старший (пятый) разряд индицируется светодиодом HL1. Сумма в первых четырех разрядах преобразуется в шестнадцатеричную систему счисления и индицируется в семисегментном индикаторе HG1.

- 5) Выполнить суммирование указанных в таблице трех пар слагаемых (операндов) без учета и с учетом сигнала переноса. Результаты суммирования перевести в десятичную систему счисления и сравнить с ожидаемым результатом. Полученные данные записать в таблицу.

Выполняемое действие	P0	HL1	HL1	HL1	HL1	HL1	HL1	HL1	HL1	HL1	HL1	HG1
	(перенос)											
6+8												
7+9												
9+(-5)												
10+5												

Контрольные вопросы:

- 1) Дайте определение сумматору.
- 2) Описать принцип действия сумматора.
- 3) Классификация сумматора.
- 4) Из чего состоит последовательный сумматор.
- 5) Применение сумматора.

Вывод:

Лабораторная работа №12

Исследование работы мультиплексора, демультиплексора.

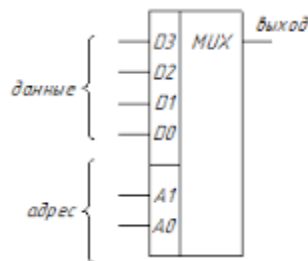
Цель: освоить принцип коммутации цепи с помощью мультиплексора.

Оборудование: универсальный стенд ОАВТ, плата П4, карту IV-3.

Общие сведения:

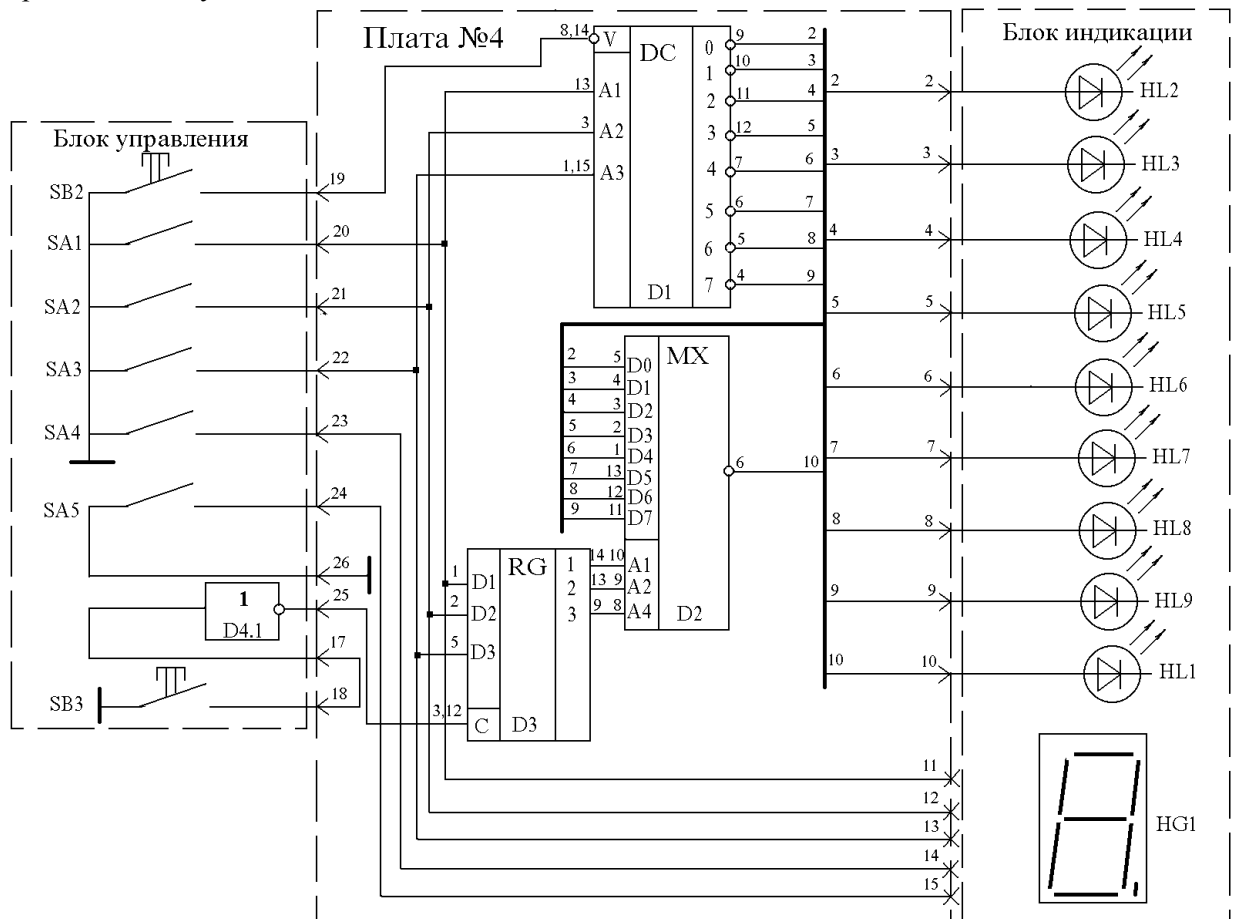
Мультиплексор - это устройство, которое осуществляет выборку одного из нескольких входов и подключает его к своему выходу, в зависимости от состояния двоичного кода. Другими словами, мультиплексор - переключатель сигналов, управляемый двоичным кодом и имеющий несколько входов и один выход. К выходу подключается тот вход, чей номер соответствует двоичному коду. Ну и наоборот: **мультиплексор** - это устройство, преобразующее параллельный код в последовательный.

Условно графическое обозначение мультиплексора:



Порядок выполнения работы:

1. Нарисовать схему



2.

Лабораторная работа №14 Исследование работы RS-, J-, JK-, D- триггеров

Цель работы: Изучить принцип работы и функциональные возможности триггеров.

Оборудование: Универсальный стенд ОАВТ, плата П-2, технологические карты 2.1 ÷ 2.4. (На картах изображены принципиальные схемы исследуемых триггеров на логических элементах ИЛИ-НЕ (2.1), И-НЕ (2.2) и в интегральном исполнении на ИМС типа К155ТМ2 (2.3, 2.4))

Общие сведения: Триггер – цифровое устройство, которое может иметь всего два (0 или 1) устойчивых состояния. При этом переход из одного состояния в другое осуществляется максимально быстро, временем переходным процессом на практике принято пренебрегать. Триггеры – это основной элемент для построения различных запоминающих устройств. Их можно использовать для хранения информации, но объем их памяти чрезвычайно мал – триггер может хранить биты, отдельные коды или сигналы.

Триггеры способны сохранять свою память только при наличии питающего напряжения. Именно по этому их принято относить к оперативной памяти. Если выключить питающее напряжение и затем его снова включить, триггер переходит в случайное состояние – он может иметь на выходе как логический ноль, так и логическую единицу. Именно поэтому, проводя проектирование схем, надо обязательно предусмотреть вопрос приведения триггера в начальное («стартовое») состояние, исход из которого и проводится дальнейший расчет.

В основу построения любого триггера положена схема, которая состоит из двух логических (И-НЕ или ИЛИ-НЕ). В результате такого подключения схема может пребывать исключительно в одном (из двух возможных) устойчивых состояний. При этом в этом состоянии, если не приходят другие управляющие сигналы, схема может находиться по времени практически без ограничений – пока есть питающее напряжение.

На рисунке ниже приводится пример подобной схемы – триггерной ячейки, созданной на основе 2 элементов И-НЕ

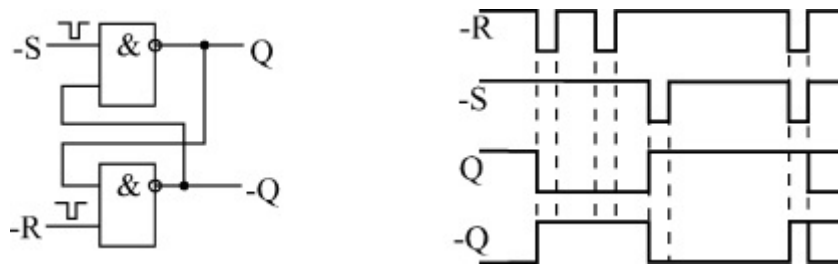


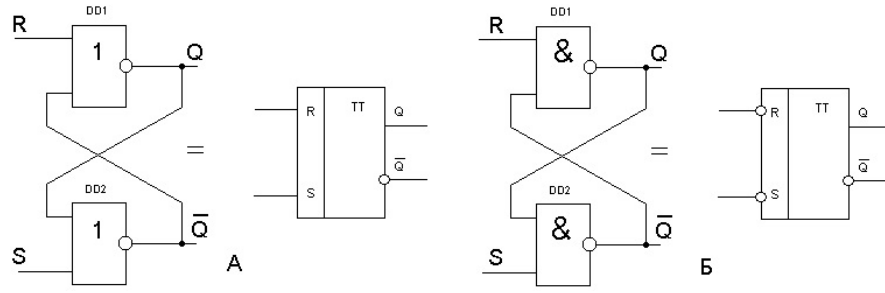
Рис.1. Пример схемы триггерной ячейки

Как видно, схема имеет 2 инверсных входа: сброс – обозначен на схеме R (сокращение от англ. Reset) и установка – обозначен S (сокращенно от Set), а так же два выхода: прямой, обозначенный Q и инверсный, обозначенный как \bar{Q} . Для правильной и стабильной работы триггерной ячейки должно соблюдаться одно правило – на ее входы не могут поступать одновременно отрицательные импульсы. Когда на вход \bar{R} поступает импульс при единичном сигнале на входе \bar{S} , выход переходит в состояние единицы (1), выход Q – нулевым. По обратной связи сигнал с Q (то есть 0) подается на второй вход в нижнем элементе. Поэтому и при прекращении поступления сигнала на входе \bar{R} (подан 0) состояние сигналов на выходах не изменяется – Q (0) и \bar{Q} (1). И так, что подаче импульсов на вход \bar{R} состояние на выходе меняться не будет – схема находится в устойчивом состоянии. Такое же состояние система примет, если на \bar{R} подать 1, а на вход \bar{S} – 0. В этом случае на выходе Q будет единица, на \bar{Q} – нуль, и вне зависимости от подачи импульсов на входе \bar{S} система будет в устойчивом состоянии.

Если на два входа одновременно подать сигналы, то в течении их действия на каждом выходе будет единичный сигнал. После прекращения подачи входных импульсов выходы произвольно перейдут в любое из двух устойчивых состояний. Аналогично, при включении триггерной ячейки, она случайным образом выберет одно из устойчивых положений.

Таблица истинности для этой триггерной ячейки приведена ниже:

Входы		Выходы	
-R	-S	Q	-Q
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	без изменений	
0	0	не определено	



Самостоятельно, из-за очень низкой помехоустойчивости, в цифровой технике RS-триггеры практически не используются. Исключение – устранение влияния дребезжания контактов, возникающее при коммутации механических переключателей. В этом случае потребуется тумблер (кнопка), имеющий три вывода, при этом один из выводов подключается попеременно к двум остальным. Для получения RS-триггера используют D-триггер, у которого входы D и C замкнуты на «ноль».

Принцип работы приведен на временной диаграмме:

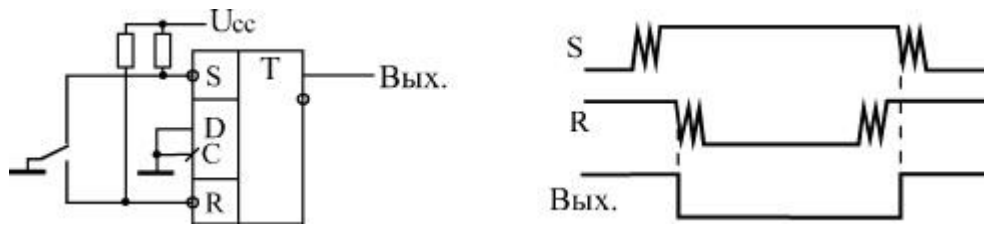
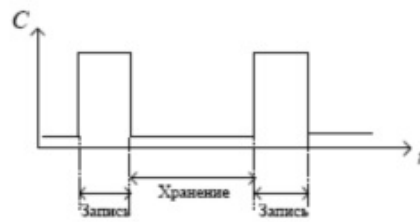


Рис.5. Схема устранения влияния дребезжания контактов

Первым отрицательный сигнал, поступивший на вход -R переводит триггер в «0»-состояние, а первый отрицательный сигнал на на входе -S перебрасывает триггер в состояние единицы. Все остальные сигналы, которые вызваны дребезгом контактов, уже не смогут никак повлиять на триггер. При данной схеме подключения переключателя его верхнее положение будет соответствовать единице на выходе триггера, нижнее – нулю.



D-триггеры

Триггер задержки, который используют для создания регистров сдвига и регистров хранения, неотъемлемая часть любого микропроцессора.

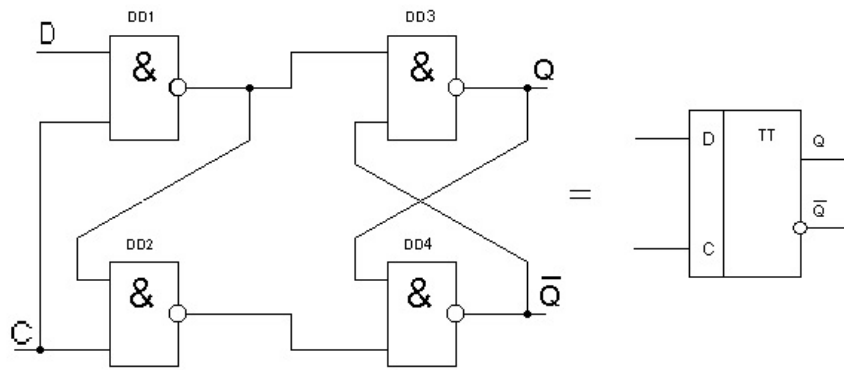


Рис. 9. Схема D-триггера

Имеет два входа – информационный и синхронизации. При состоянии $C=0$ триггер устойчив и при этом сигнал на выходе не зависит от сигналов, поступающих на информационный вход. При $C=1$ на прямом выходе информация будет точно повторять ту информацию, которая подается на вход D. На временной диаграмме приведен принцип работы D-триггера

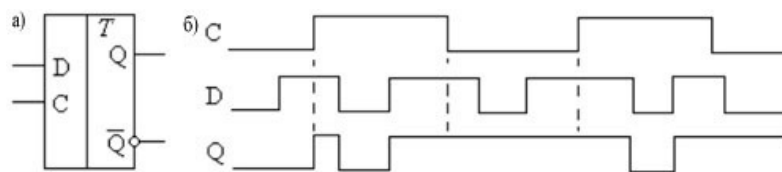


Рис.10. D-триггер. а) схематическое изображение б) временная диаграмма работы

Таблица истинности D-триггера:

Вход		Выход
C	D	Q
0	0	определяется предыдущим состоянием
0	1	определяется предыдущим состоянием
1	0	0
1	1	1

JK-триггер

По принципу работы JK-триггер практически полностью соответствует RS-триггеру, но при этом удалось избежать неопределенности, вызванной при одновременном поступлении на вход двух «единиц».

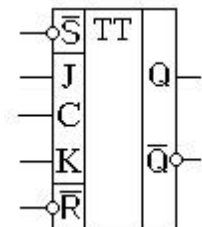


Рис. 12. Графическое изображение JK-триггера

В этом случае JK-триггер переходит в режим счетного триггера. На практике это приводит к тому, что при одновременном поступлении на вход «единичных» сигналов, триггер меняет свое состояние – на противоположное. Ниже приводится таблица истинности для JK-триггера:

JK триггеры – очень универсальные устройства, при этом их универсальность носит двойной характер. С одной стороны, эти триггеры успешно используются для цифровых устройствах, так сказать, в чистом виде: в цифровых счетчиках, регистрах, делителях частоты и т.д. С другой стороны – очень легко из JK-триггера, соединив определенные выходы, получить любой необходимый тип триггера. Ниже приводится пример получения D – триггера из исходного JK – триггера, задействовав дополнительный инвертор

Т-триггер

Другое название – счетные триггеры, на основе которых создают двоичные счетчики и делители частоты. Триггеры такого типа имеют только один вход. Принцип его работы – когда импульс поступает на вход триггера, его состояние меняется на противоположное, при поступлении второго импульса – возвращается в исходное.

Ниже приведена временная диаграмма работы Т-триггера

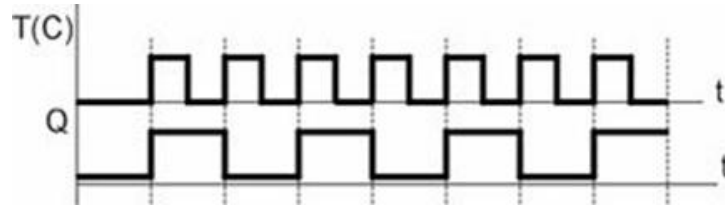


Рис. 16. Временная диаграмма делителя частоты на основе Т-триггера

Из неё становится понятно, почему Т-триггер называют делителем частоты. Переключение триггера происходит в момент, когда на вход поступает передний фронт синхроимпульса. В результате частота, с которой следуют импульсы на выходе триггера, оказывается в 2 раза меньше исходной – частоты синхроимпульсов, поступающих на вход. Если установка одного счетного триггера позволяет частоту импульсов разделить на два, то два последовательно подключенных триггера, соответственно, уменьшат эту частоту в 4 раза. Ниже приведен пример получения Т-триггера из JK-триггера:

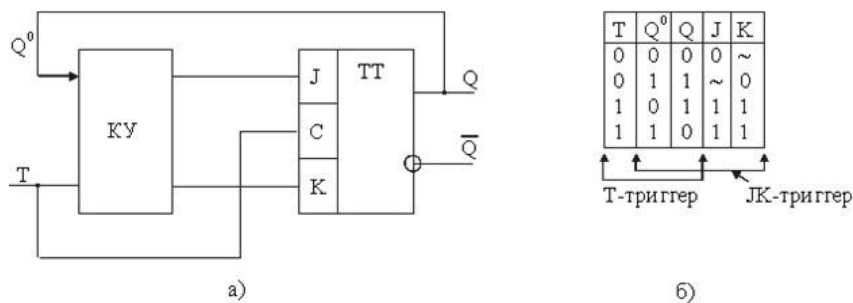


Рис. 17. Т-триггер на основе JK-триггер

Порядок выполнения работы:

1. Установить модуль П-2 в разъем стенда. Включить питание тумблером на задней панели стенда. И поместить технологическую карту 2.1 на поле стенда.
2. Устанавливая переключателями сигналы «0» и «1» на входах триггера составить таблицу истинности (таблица должна содержать все возможные комбинации входных сигналов). Проанализировать режимы работы триггера. Определить активный уровень для входных сигналов триггера.
3. Зарисовать принципиальную схему исследуемого устройства.
4. Повторить действия, описанные в пп. 2÷4 программы работы для технологических карт 2.2 и 2.3.
5. Поместить технологическую карту 2.4 на поле стенда.
6. Меняя переключателями сигналы «0» и «1» на входах тактируемого D- триггера составить таблицу истинности. Проанализировать режимы работы. Экспериментально выяснить фронтом или срезом синхроимпульса осуществляется запись информации в триггер.
8. По полученной в предыдущем пункте таблице истинности постройте сфазированные временные диаграммы напряжений на входах D и C и выходах D-триггера.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение триггера. Какие типы триггеров вы знаете? Объясните назначение R-, S-, D-, C-входов триггеров.
2. В чем отличие синхронных и асинхронных триггеров?
3. Приведите схемы и таблицы истинности асинхронных RS-триггеров на логических элементах ИЛИ-НЕ и И-НЕ. Поясните режимы работы триггеров.
4. Что понимают под термином «активный уровень»?
5. Нарисуйте условное графическое обозначение тактируемого RS-триггера.
6. Как получить D-триггер из RS-триггера?
7. Нарисуйте условное графическое обозначение D-триггера с асинхронными

входами предустановки. Используя таблицу истинности триггера поясните режимы работы. Какие символы используют для обозначения тактового входа C ? 8. Приведите схемы построения T -триггера на базе D - и RS -триггера. Почему его называют счетным? 9. Приведите условное графическое обозначение JK -триггера и алгебраическое выражение, описывающее его работу. Поясните режимы работы триггера, используя таблицу истинности.

10. Как на базе JK -триггера построить RS -, D -, T -триггер?

11. В каких устройствах применяются триггеры?__

Вывод:

Лабораторная работа №15

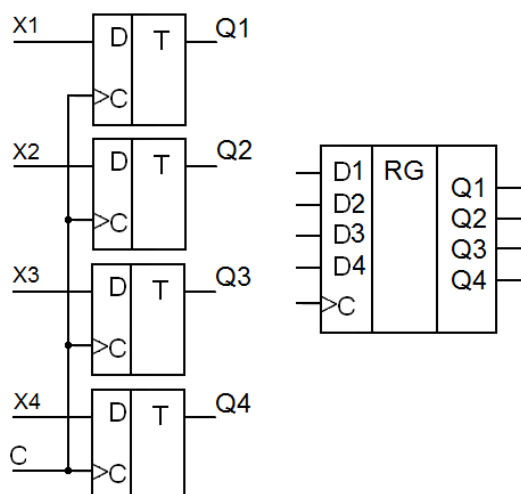
Исследование работы регистров

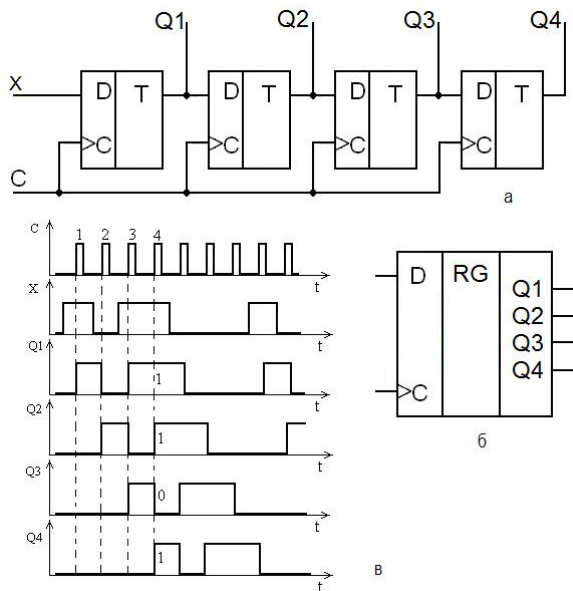
Цель работы: Ознакомиться с работой микросхем регистров

Оборудование: стенд ОАВТ, плата ПЗ, карат П-5, П-6

Общие сведения: **Регистр** - это устройство, предназначенное для приема и хранения n -разрядного двоичного числа. Ячейкой (элементом) памяти, обеспечивающей хранение одного бита информации (одного разряда числа: 0 или 1), является триггер. Количество триггеров равняется разрядности двоичного числа. Основными типами регистров являются *параллельные и последовательные* (сдвигающие).

Параллельный регистр. Структура и условное обозначение параллельного регистра на динамических D -триггерах представлены на рисунке 1 (вход $D4$ соответствует старшему разряду $D1$ – младшему). Код записываемой информации $X4X3X2X1$ подается на информационные входы всех триггеров, – параллельный ввод входной информации. После прихода тактового импульса на вход C выходная информация повторит входную. Таким образом осуществляется параллельный вывод информации. Выходная информация изменится при поступлении нового двоичного кода и приходом следующего тактового импульса. Параллельные регистры используются в системах оперативной памяти.





Последовательный регистр. Структурная схема и условное обозначение последовательного регистра представлены на рисунке 2. Запись двоичного кода начинается со старшего разряда. С приходом первого тактового импульса на вход С в первый триггер регистра запишется код X (0 или 1), находящийся в этот момент на его информационном входе D, а каждый следующий триггер переключится в состояние, в котором до этого находился предыдущий. Каждый следующий тактовый импульс будет последовательно сдвигать двоичный код в регистре на один разряд. Поэтому для записи n -разрядного двоичного кода потребуется n тактовых импульсов.

На диаграмме (рис. 2,в) приведен пример записи четырехразрядного числа 1011. Вначале сигналы на выходах всех триггеров равны 0 (записан код 0000). По фронту первого тактового импульса в первый триггер регистра запишется 1 из старшего разряда числа (на выходах будет код 0001). По фронту второго импульса в первый триггер запишется 0, а 1 из первого переписывается во второй триггер. (на выходах будет код 0010). Дальнейшие изменения состояний регистра происходят аналогично изложенному выше. Очевидно, что четырехразрядный двоичный код будет записан в соответствующие разряды регистра ($Q4=1, Q3=0, Q2=1, Q1=1$) после прихода четвертого тактового импульса. До прихода следующего пятого тактового импульса это число будет храниться в регистре в виде параллельного кода на выходах Q4 - Q1. Таким образом, после четвертого тактового импульса с выходов Q4 - Q1 можно получить информацию в виде параллельного кода – режим *параллельного считывания*. Если необходимо получить информацию в последовательном коде, то её снимают с выхода Q4 в моменты прихода следующих четырёх импульсов (5-8). Такой режим называется режимом *последовательного считывания*.

В виде интегральных микросхем выпускаются *универсальные регистры*, позволяющие производить как последовательную, так и параллельную записи и считывание. Такие регистры можно использовать в качестве преобразователя параллельного кода в последовательный и обратно. Например, микросхема K155ИР1 - четырёх разрядный универсальный регистр (рис. 3). Регистр работает в режиме последовательной записи по тактовым импульсам, поступающим на вход С1, если на входе V имеется напряжение низкого уровня. Вход D0 служит для ввода информации в первый разряд регистра в этом режиме. Если на входе V напряжение высокого уровня, то регистр производит параллельную запись информации с входов D4 - D1 по тактовым импульсам, поступающим на вход С2.

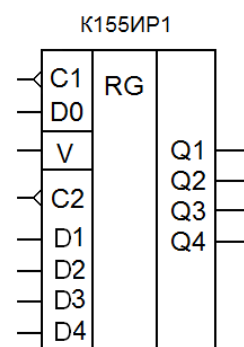
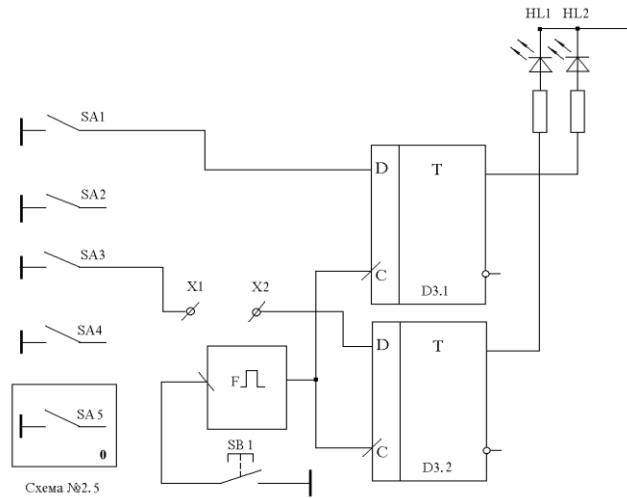


Рис. 3

Порядок выполнения работы:

1. Исследование параллельного регистра

Зарисовать схему.

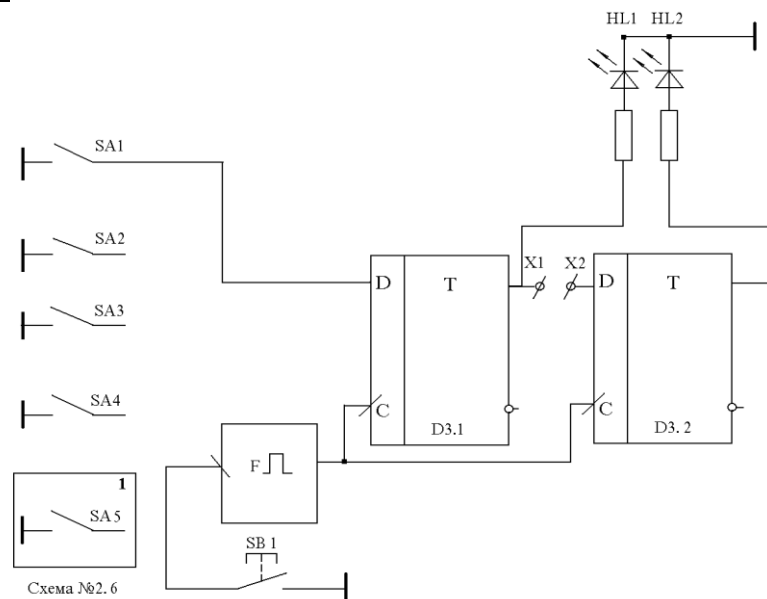


1. Установите в стенд плату П2
2. Наложите на панель стенда карту П-5
3. Установите тумблер SA5 в положение «0»
4. Установите перемычку между гнездами X_1 и X_2
5. Положением переключателей SA1 и SA2 задайте значение двухразрядного двоичного числа
6. Нажатием кнопки SB1 введите информацию в регистр, записав результаты в таблицу

Вход		Выход	
SA1	SA3	HL1	HL2

2. Исследование последовательного регистра

Зарисовать схему.



1. Установите карту П-6
2. Тумблер SA5 установите в положение «1»
3. Установите перемычку между гнездами X_1 и X_2

4. Тумблером SA1 изменяйте логический уровень на входе
5. Кнопкой SB1 вводите информацию в регистр
6. Результаты ввести в таблицу

Запуск SB1	SA1 лог. уровень	HL1	HL2
1			
2			
3			
4			

Вывод: