

Документ подписан простой электронной подписью.
Информация о владельце:
ФИО: Рябиченко Сергей Николаевич
Должность: Директор
Дата подписания: 14.03.2020
Уникальный программный ключ:
3143b550cd4cbc5ce335fc548df581d670cbc4f9

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
МОЛОДЁЖНОЙ ПОЛИТИКИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
«КРАСНОДАРСКИЙ МОНТАЖНЫЙ ТЕХНИКУМ»
(ГБПОУ КК «КМТ»)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических занятий

по ОП.03 Основы электроники и цифровой схемотехники
профессия 09.01.01 Наладчик аппаратного и программного обеспечения

Рассмотрена
на заседании ЦМК ИТ
Протокол от «___» 08.2020г. №1

Председатель И.В. Чаплыгина

Заместитель директора по учебной
работе

ГБПОУ КК «КМТ»
Ж.Г. Рувина/

30.08.2020

Методические рекомендации по выполнению практических занятий предназначены для закрепления теоретических знаний и приобретение необходимых практических навыков и умений по программе ОП.03 Основы электроники и цифровой схемотехники составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины по профессии среднего профессионального образования 09.01.01 Наладчик аппаратного и программного обеспечения.

Организация разработчик: - государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Краснодарского края «Краснодарский монтажный техникум»

Составитель(и)
(автор(ы)): Преподаватель Рин К.Ю.

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических занятий по ОП.03 Основы электроники и цифровой схемотехники составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины по профессии среднего профессионального образования 09.01.01 Наладчик аппаратного и программного обеспечения для студентов очной формы обучения.

В соответствии с рабочей программой ОП.03 Основы электроники и цифровой схемотехники на изучение учебной дисциплины предусмотрено 69 часов, из которых 22 часа на проведение практических занятий, 23 часа - на самостоятельную работу.

Цель проведения практических занятий: формирование практических умений, необходимых в последующей профессиональной и учебной деятельности.

Задачи:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знания по конкретным темам;
- формирование умения применять полученные знания на практике;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В программу включено содержание, направленное на формирование у обучающихся общих и профессиональных компетенций, необходимых для качественного освоения ОПОП СПО:

Перечень общих компетенций

Код	Наименование общих компетенций
ОК.01.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК.02.	Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.
ОК.03	Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.
ОК.04	Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач
ОК.05	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК.06	Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.
ОК.07	Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

Перечень профессиональных компетенций

Код	Наименование видов деятельности и профессиональных компетенций
ПК.1.1.	Вводить средства вычислительной техники в эксплуатацию
ПК.1.2	Диагностировать работоспособность, устранять неполадки и сбои аппаратного обеспечения средств вычислительной техники.
ПК.1.3	Заменять расходные материалы, используемые в средствах вычислительной и оргтехники
ПК.2.1	Устанавливать операционные системы на персональных компьютерах и серверах, а также производить настройку интерфейса пользователя
ПК.2.2	Администрировать операционные системы персональных компьютеров и серверов.
ПК.2.3	Устанавливать и настраивать работу периферийных устройств и оборудования.
ПК.2.4	Устанавливать и настраивать прикладное программное обеспечение персональных компьютеров и серверов
ПК.2.5	Диагностировать работоспособность, устранять неполадки и сбои операционной системы и прикладного программного обеспечения.
ПК.3.1	Оптимизировать конфигурацию средств вычислительной техники в зависимости от предъявляемых требований и решаемых пользователем задач.
ПК.3.2	Удалять и добавлять компоненты персональных компьютеров и серверов, заменять на совместимые
ПК.3.3	Заменять, удалять и добавлять основные компоненты периферийных устройств, оборудования и компьютерной оргтехники

В результате освоения ОП. 03 Основы электроники и цифровой схемотехники студент должен:

уметь	идентифицировать полупроводниковые приборы и элементы системотехники и определять их параметры;
знать	<ul style="list-style-type: none"> • основные сведения об электровакуумных и полупроводниковых приборах, выпрямителях, колебательных системах, антеннах; усилителях, генераторах электрических сигналов; • общие сведения о распространении радиоволн; • принцип распространения сигналов в линиях связи; • сведения о волоконно-оптических линиях; • цифровые способы передачи информации; • общие сведения об элементной базе схемотехники (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, микросхемы, элементы оптоэлектроники); • логические элементы и логическое проектирование в базисах микросхем; • функциональные узлы (дешифраторы, шифраторы, мультиплексоры, демультимплексоры, цифровые компараторы, сумматоры, триггеры, регистры, счетчики); • запоминающие устройства; • цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи

Перечень практических занятий

Наименование раздела (темы)	Практическая работа	Содержание практической работы	Кол-во часов
ОП. 03 Основы электроники и цифровой схемотехники			
Тема 1. Основные сведения об электровакуумных и полупроводниковых приборах	Практическое занятие №1 Изучение состава элементной базы схемотехники	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	4
	Практическое занятие №2 Определение параметров электровакуумных приборов	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	
	Практическое занятие №3 Исследование работы полупроводниковых выпрямителей	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	
	Практическое занятие №4 Изучение особенностей диодов: типичные схемы и вольтамперные характеристики, основные параметры	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	
Тема 2. Передача информации по линиям связи	Практическое занятие №5 Изучение принципа распространения сигналов в линиях связи	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	2
	Практическое занятие №6 Принцип распространения радиоволн и сигналов в линиях связи. Тестирование волоконно-оптического кабеля (ВОЛС)	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на	

		контрольные вопросы	
Тема 3. Элементная база схемотехники	Практическое занятие №7 Определение параметров резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	2
	Практическое занятие №8 Исследование полупроводникового диода	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	
Тема 4. Логические основы проектирования микросхем	Практическое занятие №9 Проектирование и исследование дешифраторов	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	3
	Практическое занятие №10 Общая характеристика полупроводниковых запоминающих устройств	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	
	Практическое занятие №11 Изучение принципа работы регистра и триггера.	Исследование элементной базы схемотехники. Составление отчета по проделанной работе. Ответы на контрольные вопросы	
ИТОГО			22

Общие методические рекомендации и рекомендации по выполнению практических занятий

При выполнении каждой практической работы необходимо придерживаться следующих правил:

1. Внимательно прочитайте инструкцию по выполнению практической
2. Пользуясь рекомендациями к работе, выполните предложенные задания.
3. Оформите письменный отчет по выполненной практической .

Требования к содержанию и оформлению отчета по практической работе

-название и цель работы;

-оборудование;

-ход работы (краткое описание порядка выполнения работы, результаты эксперимента, расчета, наблюдения оформляются в виде таблицы. В таблицу заносятся все экспериментальные данные и результаты расчетов. Все расчеты производятся ниже таблицы. К отчету прилагаются графики в случае необходимости графической интерпретации полученных результатов или другие материалы);

-вывод по работе, соответствующий полученным результатам (Например, можно начать следующим образом: *из полученных данных можно сделать следующие выводы: (и перечисляем, к каким выводам в результате проделанной работе вы пришли).*

Критерии оценки результатов выполнения практической.-

Критериями оценки результатов выполнения практической работы являются:

-степень реализации цели работы;

-качество оформления отчета;

-степень соответствия результатов работы заданным требованиям.

Оценка выполнения практической работы

Отметка 5– «отлично» выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работе, самостоятельно выполнил все рекомендации по выполнению практической работе, смог ответить на контрольные вопросы, даёт правильный алгоритм решения задачи, выполнены поставленные цели работы.

Отметка 4– «хорошо» выставляется, если студент показал знание учебного материала, допускает небольшие неточности при выполнении экспериментальных заданий и расчетов, смог ответить почти полно на все контрольные вопросы.

Отметка 3– «удовлетворительно» выставляется, если студент в целом освоил материал практической работы, но затрудняется с выполнением всех заданий практической работы без помощи преподавателя, ответил не на все контрольные вопросы.

Отметка 2– «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, не может самостоятельно выполнить задания практической работы, не раскрыл содержание контрольных вопросов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическое занятие 1

1. **Название темы** Изучение состава элементной базы схемотехники
2. **Учебные цели:** изучить разновидности элементной базы схемотехники.
3. **Продолжительность занятия:** 2 часа.
4. **Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал:** персональный компьютер, бланк задания.
5. **Литература, информационное обеспечение**
 1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
 2. .Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
 3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
 4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)
6. **Методические рекомендации по выполнению работы:** изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.
7. **Порядок выполнения работы:**
 - Задание 1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями на стр.16-52 учебника Богомолова С.А. «Основы электроники и цифровой схемотехники».
 - Задание 2. Заполнить таблицу
 - Задание 3. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

Указания по выполнению работы:

- Задание 1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями на стр.16-52 учебника Богомолова С.А. «Основы электроники и цифровой схемотехники».
- Задание 2. Заполнить таблицу:

Название элемента	Разновидность элемента	УГО элемента	Устройство	Принцип действия
резистор	общего назначения			
	высокочастотный			
	высоковольтный			
	высокомегаомный			
	неизолированный			
	герметизированный			
	непроволочный			
	тонкопленочный			
	толстопленочный			
	объемный			
	чип-резистор			
	фоторезистор			
конденсатор	стеклянный			

	бумажный			
	плёночный			
катушка индуктивности	однослойная			
	многослойная			
	дроссель			
диод	выпрямительный			
	детекторный			
	импульсный			
	стабилитрон			
	варикап			
	диод Ганна			
	диод Шоттки			
	фотодиод			
	светодиод			
	оптрон			
	ламповый			
транзистор	биполярный			
	полевой			
интегральная микросхема (ИС)	плёночная			
	гибридная			
	полупроводниковая			

Задание 3. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируются основные элементы электроники?
2. Для чего предназначен конденсатор?
3. Как маркируются резисторы?
4. Какие функции выполняют диоды?
5. Что такое транзистор?
6. В каких устройствах применяются полупроводниковые фотоэлектронные приборы?

приборы?

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4»- студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 2

2. Название темы Исследование биполярного транзистора.

2. Учебные цели:

- Ознакомиться с полупроводниковым биполярным транзистором
- Снять его основные характеристики

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

1. Анализ процессов в схемах однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.
2. Сравнение форм входного и выходного напряжения для однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.
3. Определение частоты выходного сигнала в схемах однополупериодного выпрямителя и двухполупериодного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора.
4. Анализ обратного напряжения $U_{\text{обр}}$ на диоде в схемах однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей.

Основные теоретические сведения

Полупроводниковый транзистор имеет два перехода $p-n$, направленных навстречу друг другу. В зависимости от проводящего направления каждого перехода можно образовать два типа триодов $p-n-p$ или $n-p-n$, схемы которых показаны на рис. 1. Три зоны транзистора обозначены: Э — эмиттерная, Б — базовая, К — коллекторная. Соответственно имеется два перехода: эмиттерный и коллекторный. Наибольшее распространение получили триоды типа $p-n-p$.



Рис. 1. Типы транзисторов: а — условные обозначения на схемах, б — структурные схемы;

Если к эмиттерному переходу приложить напряжение в проводящем (прямом)

направлении, как показано на рис. 1, он окажется открытым. Носители заряда (в данном случае дырки), находящиеся в эмиттерной зоне, под воздействием электрического поля движутся через эмиттерный переход в базовую зону. Напряжение к коллекторному переходу приложено в непроводящем (обратном) направлении. Электроны, находящиеся в базовой зоне, не могут пройти коллекторный переход, так как сильное электрическое поле в области перехода заставляет их двигаться в обратную сторону. По той же причине дырки, находящиеся в коллекторной зоне, не могут попасть в базовую зону. Однако дырки, прошедшие в базовую зону из эмиттерной, под воздействием того же электрического поля интенсивно движутся в коллекторную зону.

Ширина базовой зоны делается как можно меньше, чтобы дырки проходили из эмиттерной - зоны, не успевая рекомбинировать (нейтрализоваться) с электронами в базовой зоне. Лишь небольшая часть дырок рекомбинирует в базовой зоне с местными электронами. Основное количество дырок проходит через базовую в коллекторную зону. Дырки, движущиеся через эмиттерный и коллекторный переходы, представляют собой соответственно эмиттерный и коллекторный токи. Отношение коллекторного тока к эмиттерному называется коэффициентом усиления триода по току.

Существуют три схемы включения транзистора: схема с общей базой *ОБ* (рис. 3,а), схема с общим эмиттером *ОЭ* (рис. 2, б) и схема с общим коллектором *ОК* (рис. 3, в). В работе предусмотрено испытание первой схемы.

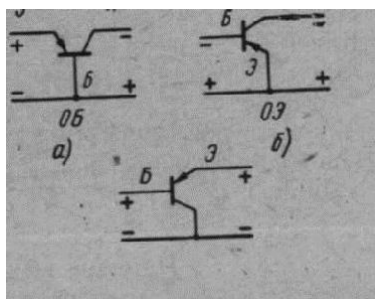


Рис.2. Схемы соединений транзисторов: а - с общей базой, б - с общим эмиттером, в —с общим коллектором

Основными характеристиками транзистора, включенного по схеме с общей базой, являются входная характеристика, выражающая зависимость тока эмиттера от напряжения при постоянном напряжении коллектора (рис. 3, а), и выходная характеристика, показывающая зависимость тока коллектора от напряжения при постоянном токе эмиттера (рис. 3, б). Снятие этих характеристик производится по схеме, изображенной на рис.4

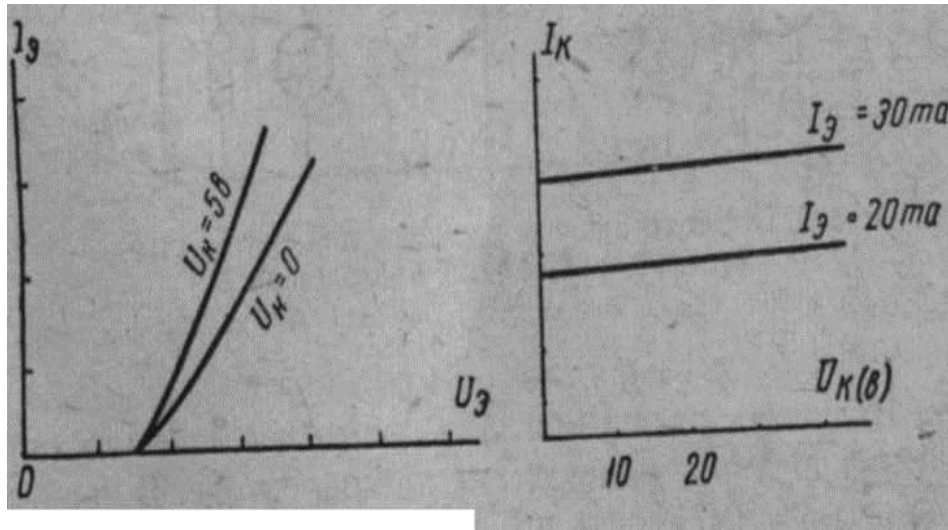


Рис 3. Статические характеристики транзистора с общей базой:
а - входная, б — выходная

Порядок выполнения работы

Задание 1: Снятие входной характеристики.

Производится при двух фиксированных значениях напряжения коллектора:

$$U_{K1} = 0\text{В}; U_{K2} = 10\text{В}.$$

1. Собрать схему (см. рис. 5). Проверить полярность включенных элементов.

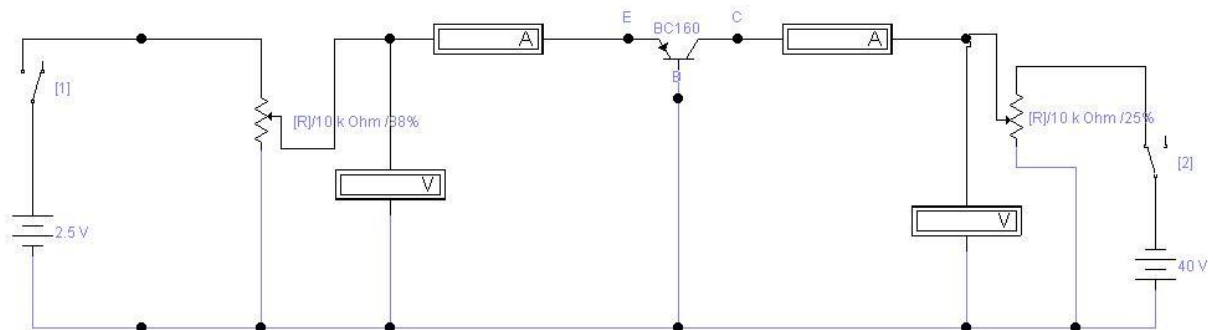


Рис.4

2. Включить ключ $K2$ и установить реостатом $R2$ первое фиксированное напряжение на коллекторе. В процессе работы поддерживать его строго постоянным.
3. Включить ключом $K1$ эмиттерную цепь и реостатом установить различные значения напряжения на эмиттере (5—6 точек) от 0 до +0,2 в.
4. При каждом установленном значении напряжения на эмиттере записать показания всех приборов в таблицу.
5. Реостатом $R2$ установить другое фиксированное напряжение на коллекторе и, поддерживая его строго постоянным, повторить операции, указанные в п. 3 и 4.
6. По данным таблицы начертить кривые зависимости

$$I_3 = f(U_3) \text{ при } U_{K1} = 0\text{В}; U_{K2} = 10\text{В}.$$

Характеристика	№ п\п	$U_{э}$ в	$I_{э}$ ма	U_K в	I_K ма
входная	1			0	
				0	
				0	
				0	
входная	2			10	
				10	
				10	
				10	
				10	
выходная	3		3		
			3		
			3		
			3		
			3		
выходная	4		6		
			6		
			6		
			6		
			6		

Задание 2: Снятие выходной характеристики.

Производится при двух фиксированных значениях тока эмиттера 3 и 6 ма

1. Собрать схему (см. рис. 4).
2. Включить ключом $K2$ коллекторную цепь транзистора.
3. Включить ключом $K1$ эмиттерную цепь транзистора, установить реостатом $R1$ первое фиксированное значение тока эмиттера. В процессе работы поддерживать его строго постоянным.
4. Реостатом $R2$ устанавливать различные значения напряжения на коллекторе (5—6 точек). Записать в таблицу показания приборов при всех значениях напряжения.
5. Установить второе фиксированное значение тока эмиттера и поддерживая его строго постоянным, выполнить операцию, указанную в п. 4.
6. По данным таблицы построить график зависимости

$$I_K = f(U_K) \text{ при } I_{э1} = 3\text{а}; I_{э2} = 6\text{а}.$$

Задание 3: Контрольные вопросы

1. Какие существуют типы полупроводниковых транзисторов?
2. Что означает коэффициент усиления α триода по току?
3. Каково основное отличие полупроводникового транзистора от трехэлектродной лампы?
4. Где применяются полупроводниковые транзисторы?

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 3

1. Название темы Исследование работы полупроводниковых выпрямителей

2. Учебные цели:

- изучить устройство и принцип действия стабилитрона;
- исследовать изменения напряжения стабилитрона при изменении входного напряжения в схеме параметрического стабилизатора.

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями.
2. Описать основное назначение стабилитрона, принципы его работы и УГО.
3. Зарисовать типовую схему включения стабилитрона.
4. Выполнить практическое задание.
5. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы.

Задания для выполнения

Основные теоретические сведения

Стабилитрон - это полупроводниковый диод, предназначенный для стабилизации напряжения.

В отличие от обычных диодов, стабилитрон имеет достаточно низкое напряжение пробоя (при обратном включении) и что самое главное - может поддерживать это напряжение на постоянном уровне при значительном изменении силы обратного тока. Благодаря этому эффекту стабилитроны широко применяются в источниках питания.

В стабилитронах, для создания p-n перехода, используются материалы с высокой концентрацией примесей. При относительно небольших обратных напряжениях в p-n переходе возникает сильное электрическое поле, вызывающее его электрический пробой. При этом электрический пробой является обратимым (если конечно не наступит тепловой пробой вследствие слишком большой силы тока).

В основе работы стабилитрона лежат два механизма: лавинный пробой p-n перехода и туннельный пробой p-n перехода. Туннельный пробой p-n перехода в англоязычной литературе называется Эффектом Зенера, поэтому стабилитрон имеет еще одно название - диод Зенера.

Несмотря на схожие результаты действия этих механизмов - различны, хотя и присутствуют в любом стабилитроне совместно, но преобладает только один из них. У стабилитронов до напряжения 5,6 вольт преобладает туннельный пробой с отрицательным температурным коэффициентом, выше 5,6 вольт доминирующим становится лавинный пробой с положительным температурным коэффициентом. При напряжении, равном 5,6 вольт, оба эффекта уравниваются, поэтому выбор такого напряжения является оптимальным решением для устройств с широким температурным диапазоном применения.

Обозначение стабилитрона

на принципиальных схемах



Обозначение двуханодного стабилитрона

на принципиальных схемах



Существует большое количество разновидностей стабилитронов:

Стабилитроны отличаются по мощности, существуют: мощные стабилитроны и маломощные стабилитроны.

Прецизионные стабилитроны обладают повышенной стабильностью напряжения стабилизации, для них вводятся дополнительные нормы на временную нестабильность напряжения и температурный коэффициент напряжения (на пример: 2С191, КС211, КС520).

Двусторонние - обеспечивают стабилизацию и ограничение двухполярных напряжений, для них дополнительно нормируется абсолютное значение несимметричности напряжения стабилизации (на пример: 2С170А, 2С182А).

Быстродействующие - имеют сниженное значение барьерной ёмкости (десятки пФ) и малую длительность переходного процесса (единицы нс), что позволяет стабилизировать и ограничивать кратковременные импульсы напряжения (на пример: 2С175Е, КС182Е, 2С211Е).

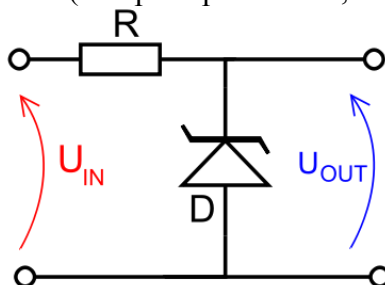


Рисунок 1. Типовая схема включения стабилитрона

Характеристики стабилитронов.

Напряжение стабилизации - значение напряжения на стабилитроне при прохождении заданного тока стабилизации. Пробивное напряжение диода, а значит, напряжение стабилизации стабилитрона зависит от толщины р-п-перехода или от удельного сопротивления базы диода. Поэтому разные стабилитроны имеют различные напряжения стабилизации (от 3 до 400 В).

Температурный коэффициент напряжения стабилизации - величина, определяемая отношением относительного изменения температуры окружающей среды при постоянном токе стабилизации. Значения этого параметра у различных стабилитронов различны. Коэффициент может иметь как положительные, так и отрицательные значения для высоковольтных и низковольтных стабилитронов соответственно. Изменение знака соответствует напряжению стабилизации порядка 6В.

Дифференциальное сопротивление - величина, определяемая отношением приращения напряжения стабилизации к вызвавшему его малому приращению тока в заданном диапазоне частот.

Максимально допустимая рассеиваемая мощность - максимальная постоянная или средняя мощность, рассеиваемая на стабилитроне, при которой обеспечивается заданная надёжность.

Практическое задание

Порядок выполнения работы:

Задание 1: Запустите программу Electronics Workbench.

Подготовьте новый файл для работы. При подготовке файла сохраните его на жестком диске под своей фамилией.

Измерение напряжения и вычисление тока через стабилитрон.

При подключении стабилитрона к источнику постоянного напряжения через резистор получается простейшая схема параметрического стабилизатора (рис. 2.2). Ток I_{cm} стабилитрона может быть определен вычислением падения напряжения на резисторе R :

$$I_{cm} = (E - U_{cm})/R \quad (1.1).$$

Напряжение стабилизации U_{cm} стабилитрона определяется точкой на вольтамперной характеристике, в которой ток стабилитрона резко увеличивается. Мощность рассеивания стабилитрона P_{cm} вычисляется как произведение тока I_{cm} на напряжение U_{cm} :

$$P_{cm} = I_{cm} \times U_{cm} \quad (1.2).$$

Дифференциальное сопротивление стабилитрона вычисляется так же, как для диода, по наклону вольтамперной характеристики.

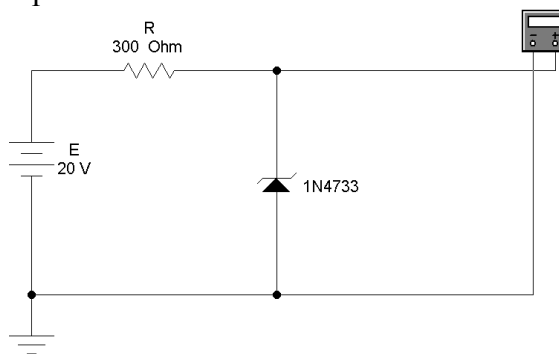



Рисунок 2.

1. Рассмотрите схему на рис.2.
2. В новом файле программы *Electronics Workbench* соберите схему по рисунку.
3. Когда схема собрана и готова к запуску, нажмите кнопку включения питания на панели инструментов . В случае серьезной ошибки в схеме (короткое замыкание элемента питания, отсутствие нулевого потенциала в схеме) будет выдано предупреждение.
4. Измерьте значение напряжения U_{cm} на стабилитроне с мультиметра при значениях ЭДС источника, приведенных в таблице 1. Вывод терминала мультиметра осуществляется двойным

нажатием левой клавиши мыши на элементе. В случае необходимости можно пользоваться кнопкой *Pause*. Полученные данные занесите в таблицу 1.

5. Вычислите ток $I_{ст}$ стабилитрона по формуле (1.1) для каждого значения напряжения $U_{ст}$. Результаты вычислений занесите в таблицу 1.1.

Таблица 1. Данные для построения ВАХ стабилитрона.

$E, В$	$U_{ст}, мВ$	$I_{ст}, мА$
0		
4		
6		
10		
15		
20		
25		
30		
35		

6. По данным таблицы постройте вольтамперную характеристику (ВАХ) стабилитрона.

7. Оцените по вольтамперной характеристике стабилитрона напряжение стабилизации.

8. Вычислите мощность $P_{ст}$, используя формулу 1.2, рассеиваемую на стабилитроне при напряжении $E = 20 В$.

Задание 2: Контрольные вопросы:

1. Охарактеризовать основное отличие реального диода от стабилитрона.
2. Перечислить основные разновидности стабилитронов.
3. Объяснить, как изменяется напряжение стабилитрона $U_{ст}$, когда ток стабилитрона становится ниже 20 мА.

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4»- студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 4

1. **Название темы** Изучение особенностей диодов: типичные схемы и вольтамперные характеристики, основные параметры.

2. **Учебные цели:**

- изучить устройство и принцип действия диода;
- изучить физические особенности диода в различных состояниях;
- ознакомиться с вольт-амперной характеристикой полупроводникового диода.

3. **Продолжительность занятия:** 2 часа.

4. **Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал:** персональный компьютер, бланк задания.

5. **Литература, информационное обеспечение**

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. **Методические рекомендации по выполнению работы:** изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями.
2. Описать основное назначение полупроводникового диода, его строение, УГО и маркировку.
3. Зарисовать схемы физических особенностей диода в различных состояниях.
4. Описать ВАХ реального полупроводникового диода и зарисовать ее график.
5. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

Основные теоретические сведения

Диод — электронный элемент, обладающий различной проводимостью в зависимости от направления электрического тока. Электроды диода носят названия анод (+) и катод (-).

Полупроводниковый диод

Полупроводниковый диод - самый простой полупроводниковый прибор, состоящий из одного PN перехода.

Основная его функция - это проводить электрический ток в одном направлении, и не пропускать его в обратном. Состоит диод из двух слоев полупроводника типов N и P.

На стыке соединения P и N образуется PN-переход. Электрод, подключенный к P, называется анод. Электрод, подключенный к N, называется катод. Диод проводит ток в направлении от анода к катоду, и не проводит обратно.

Диод в состоянии покоя

Посмотрим, что происходит внутри PN-перехода, когда полупроводниковый диод находится в состоянии покоя. То есть тогда, когда ни к аноду, ни к катоду не подключено напряжения.



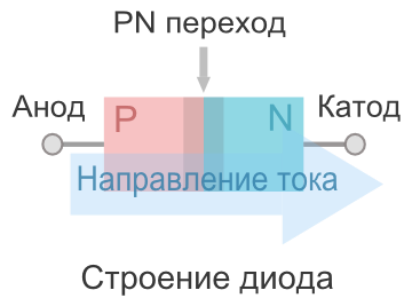
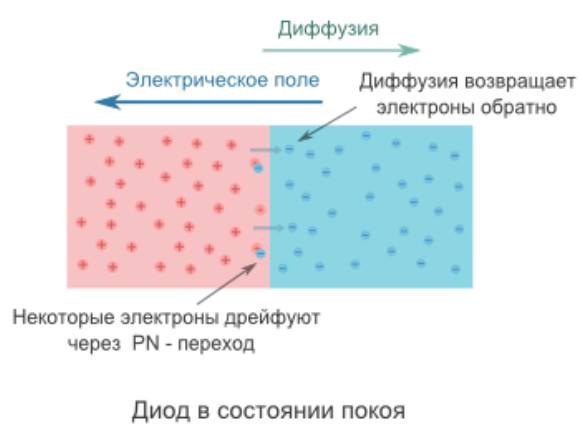
Обозначение диода на схеме



Маркировка направления диода



Итак, в части N имеются в наличии свободные *электроны* – отрицательно заряженные частицы. В части P находятся положительно заряженные ионы – *дырки*. В результате, в том месте, где есть частицы с зарядами разных знаков, возникает электрическое поле, притягивающее их друг к другу.



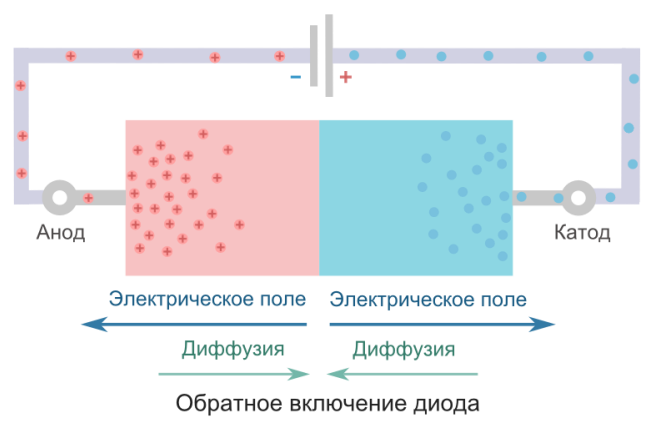
Под действием этого поля свободные электроны из части N дрейфуют через PN переход в часть P и заполняют некоторые дырки. В итоге получается очень слабый электрический ток, измеряемый в наноамперах.

В результате, плотность вещества в P части повышается и возникает *диффузия* (стремление вещества к равномерной концентрации), толкающая частицы обратно на сторону N.

Обратное включение диода

Теперь посмотрим, как у полупроводникового диода получается выполнять свою основную функцию – проводить ток только в одном направлении. П

Подключим источник питания - плюс к катоду, минус к аноду.



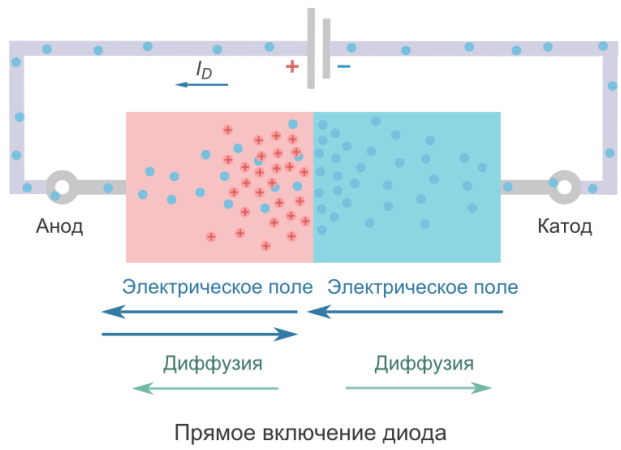
В соответствии с силой притяжения, возникшей между зарядами разной полярности, электроны из N начнут движение к плюсу и отдалятся от PN перехода. Аналогично, дырки из P будут притягиваться к минусу, и также отдалятся от PN перехода. В результате, плотность вещества у электродов повышается. В действие приходит диффузия и начинает толкать частицы обратно, стремясь к равномерной плотности вещества.

Как мы видим, в этом состоянии диод не проводит ток. При повышении напряжения, в PN переходе будет все меньше и меньше заряженных частиц.

Прямое включение диода

Меняем полярность источника питания - плюс к аноду, минус к катоду.

В таком положении, между зарядами одинаковой полярности возникает сила отталкивания. Отрицательно заряженные электроны отдаляются от минуса и двигаются сторону p-n перехода. В свою очередь, положительно заряженные дырки отталкиваются от плюса и направляются навстречу электронам. PN переход обогащается заряженными частицами с разной полярностью, между которыми возникает электрическое поле – *внутреннее электрическое поле PN перехода*. Под его действием электроны начинают дрейфовать на сторону P. Часть из них рекомбинируют с дырками (заполняют место в



атомах, где не хватает электрона). Остальные электроны устремляются к плюсу батарейки. Через диод пошел ток I_D .

Чтобы не возникло путаницы, напомним, что направление тока на электрических схемах обратно направлению потока электронов.

Недостатки реального полупроводникового диода

На практике, в реальном диоде, при обратном подключении напряжения, возникает очень маленький ток, измеряемый в микро, или наноамперах (в зависимости от модели прибора). В следствии слишком высокого напряжения, может разрушиться кристаллическая структура полупроводника в диоде. В этом случае, прибор начнет хорошо проводить ток также и при обратном смещении. Такое напряжение называется *напряжением пробоя*. Процесс разрушения структуры полупроводника невосстановим, и прибор приходит в негодность.

При прямом подключении, напряжение между анодом и катодом должно достигнуть определенного значения V_γ , для того чтобы диод начал хорошо проводить ток. Для кремниевых приборов V_γ - это примерно 0.7V, а для германиевых - около 0.3V.

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода

Что такое идеальный диод?

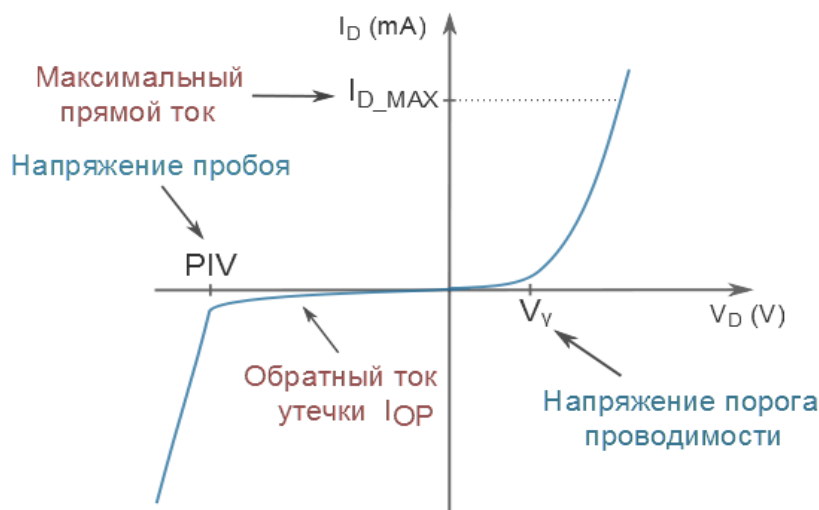
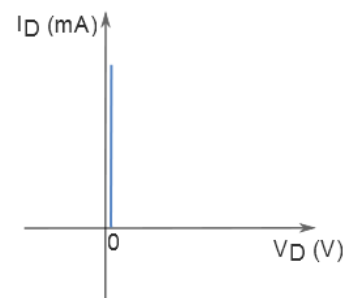
Основная задача обычного выпрямительного диода – *проводить электрический ток в одном направлении, и не пропускать его в обратном*. Следовательно, идеальный диод должен быть очень хорошим проводником с нулевым сопротивлением при прямом подключении напряжения (плюс - к аноду, минус - к катоду), и абсолютным изолятором с бесконечным сопротивлением при обратном.

Вот так это выглядит на графике.

Такая модель диода используется в случаях, когда важна только логическая функция прибора. Например, в цифровой электронике.

ВАХ реального полупроводникового диода

Однако на практике, в силу своей полупроводниковой структуры, настоящий диод обладает рядом недостатков и ограничений по сравнению с идеальным диодом. Это можно увидеть на графике, приведенном ниже.



Зависимость тока от напряжения в настоящем диоде

V_γ (гамма) - напряжение порога проводимости

При прямом включении напряжение на диоде должно достигнуть определенного порогового значения - V_γ . Это напряжение, при котором PN-переход в полупроводнике открывается достаточно, чтобы диод начал хорошо проводить ток. До того, как напряжение между анодом и катодом достигнет этого значения, диод является очень плохим проводником. V_γ у кремниевых приборов примерно 0.7V, у германиевых – около 0.3V.

I_{D_MAX} - максимальный ток через диод при прямом включении

При прямом включении полупроводниковый диод способен выдержать ограниченную силу тока I_{D_MAX} . Когда ток через прибор превышает этот предел, диод перегревается. В результате разрушается кристаллическая структура полупроводника, и прибор становится непригодным. Величина данной силы тока сильно колеблется в зависимости от разных типов диодов и их производителей.

I_{OP} – обратный ток утечки

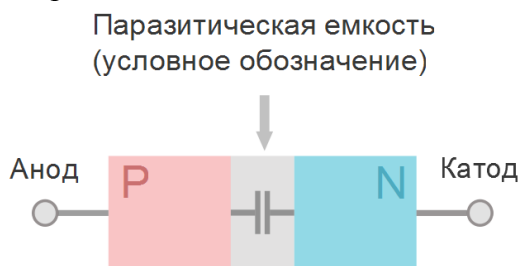
При обратном включении диод не является абсолютным изолятором и имеет конечное сопротивление, хоть и очень высокое. Это служит причиной образования тока утечки или обратного тока I_{OP} . Ток утечки у германиевых приборов достигает до 200 μA , у кремниевых до нескольких десятков nA . Самые последние высококачественные кремниевые диоды с предельно низким обратным током имеют этот показатель около 0.5 nA .

PIV (Peak Inverse Voltage) - Напряжение пробоя

При обратном включении диод способен выдерживать ограниченное напряжение – напряжение пробоя PIV . Если внешняя разность потенциалов превышает это значение, диод резко понижает свое сопротивление и превращается в проводник. Такой эффект нежелательный, так как диод должен быть хорошим проводником только при прямом включении. Величина напряжения пробоя колеблется в зависимости от разных типов диодов и их производителей.

Паразитическая емкость PN-перехода

Даже если на диод подать напряжение значительно выше V_{γ} , он не начнет мгновенно проводить ток. Причиной этому является паразитическая емкость PN перехода, на наполнение которой требуется определенное время. Это сказывается на частотных характеристиках прибора.



Применение диодов

Диоды являются одними из самых распространенных электронных компонентов. Они присутствуют практически во всех электронных приборах, которые мы ежедневно используем – от мобильного телефона до его зарядного устройства. В этой статье рассмотрим основные типы электронных схем, в которых диоды нашли свое применение.

1. Нелинейная обработка аналоговых сигналов

В связи с тем, что диоды относятся к элементам нелинейного типа, они применяются в детекторах, логарифматорах, экстрематорах, преобразователях частоты и в других устройствах, в которых предполагается нелинейная обработка аналоговых сигналов. В таких случаях диоды используют или как основные рабочие приборы – для обеспечения прохождения главного сигнала, или же в качестве косвенных элементов, например, в цепях обратной связи. Указанные выше устройства значительно отличаются между собой и используются для разных целей, но применяемые диоды в каждом из них занимают очень важное место.

2. Выпрямители

Устройства, которые используются для получения постоянного тока из переменного называются выпрямителями. В большинстве случаев они включают в себя три главных элемента – это силовой трансформатор, непосредственно выпрямитель (вентиль) и фильтр для сглаживания. Диоды применяют в качестве вентиля, так как по своим свойствам они отлично подходят для этих целей.

3. Стабилизаторы

Устройства, которые служат для реализации стабильности напряжения на выходе источников питания, называются стабилизаторами. Они бывают разных видов, но каждый из них предполагает применение диодов. Эти элементы могут использоваться либо в цепях, отвечающих за опорные напряжения, либо в цепях, которые служат для коммутации накопительной индуктивности.

4. Ограничители

Ограничители – это специальные устройства, используемые для того, чтобы ограничивать возможный диапазон колебания различных сигналов. В цепях такого типа широко применяются диоды, которые имеют прекрасные ограничительные свойства. В сложных устройствах могут

использоваться и другие элементы, но большинство ограничителей базируются на самых обычных диодных узлах стандартного типа.

5. Устройства коммутации

Диоды нашли применение и в устройствах коммутации, которые используются для того, чтобы переключать токи или напряжения. Диодные мосты дают возможность размыкать или замыкать цепь, которая служит для передачи сигнала. В работе применяется некоторое управляющее напряжение, под воздействием которого и происходит замыкание или размыкание. Иногда управляющим может быть сам входной сигнал, такое бывает в самых простых устройствах.

6. Логические цепи

В логических цепях диоды применяются для того, чтобы обеспечить прохождение тока в нужном направлении (элементы «И», «ИЛИ»). Подобные цепи используются в схемах аналогового и аналогово-цифрового типа.

Здесь перечислены только основные устройства, в которых применяются диоды, но существует и много других, менее распространенных.

Задания для выполнения

Задание 1: Указания по выполнению работы:

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями.
2. Описать основное назначение полупроводникового диода, его строение, УГО и маркировку.
3. Зарисовать схемы физических особенностей диода в различных состояниях.
4. Описать ВАХ реального полупроводникового диода и зарисовать ее график.
5. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

Задание 2: Контрольные вопросы:

4. В чем заключается отличие реального диода от идеального?
5. Какими недостатками обладают диоды?
6. Где нашли свое применение диоды и почему?

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 5

1. Название темы Изучение принципа распространения сигналов в линиях связи

2. Учебные цели:

- изучить различные способы распространения сигналов в линиях связи и виды их модуляции;
- рассмотреть принципы работы основных видов линий передачи сигналов.

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск :

Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)

3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)

4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями
2. Составить схемы различных систем связи с описанием их принципа действия.
3. Описать способы наложения на волновой процесс информации.
4. Составить сравнительную таблицу основных видов линий передачи сигналов:

Название линии передачи	Принцип действия	Применение	Достоинства и недостатки

5. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

Задание 1: Ознакомиться с теоретической частью.

Основные теоретические сведения

Все разнообразие используемых в технике и быту систем связи, в основном радиосвязи, можно свести к трем видам, отличающимся способами передачи сигнала от передатчика к приемнику.

На рис. 1 в упрощенной форме представлены эти системы связи.

В первом случае используется ненаправленная радиосвязь от передатчика к приемнику, типичная для широкого вещания радио и телевидения. Такой способ радиосвязи имеет то преимущество, что позволяет охватить практически неограниченное число абонентов - потребителей информации. Недостатками такого способа являются неэкономное использование мощности передатчика и мешающее влияние на другие аналогичные радиосистемы.

В тех случаях, когда число абонентов ограничено и нет необходимости в широковещании, используется передача сигнала с помощью направленно излучающих антенн, а также при помощи специальных устройств, называемых линиями передачи сигнала (ЛПС) или, короче, линиями передачи (рис. 1). Заметим, что этот укороченный термин применяется также к линиям передачи электрической энергии, например, магистральным высоковольтным линиям, соединяющим электростанции с городами. В нашем случае речь идет о линиях, передающих малые мощности, или, как говорили в первой половине нашего века, о слаботочных (имеется в виду слабый ток) информационных устройствах, имеющих свою специфику

В широковещательной связи обычно используется однонаправленная передача сигнала от радиостанции к потребителю, при направленной же связи, как правило, применяется двусторонняя связь, то есть на каждом конце системы связи имеются и передатчик, и приемник (приемопередатчик

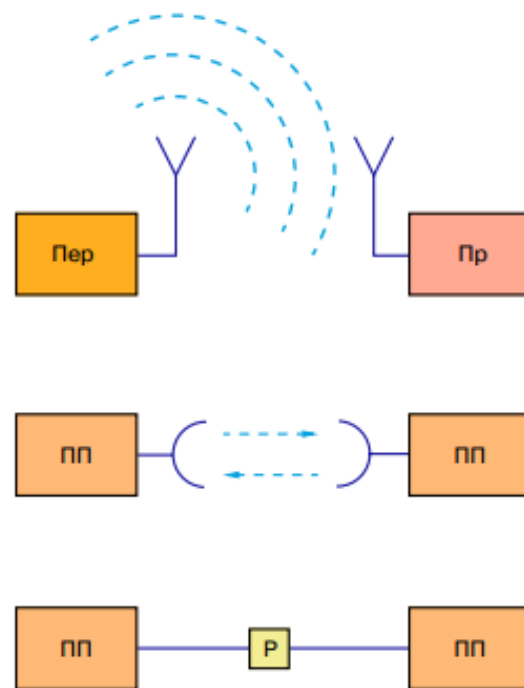


Рис. 1. Системы связи: Пер – передатчик, Пр – приемник, ПП – приемопередатчик, Р – ретранслятор

- III). При направленной связи не нужны передатчики большой мощности, и их можно установить на обоих концах системы.

При направленной магистральной связи на дальние расстояния через пространство и в линиях передачи используются так называемые ретрансляторы (Р), которые ставятся вдоль трассы (рис. 1). Они усиливают сигнал, очищают его от помех и передают (ретранслируют) дальше.

Линии передачи применяются как в виде магистральных линий, так и в качестве локальных (местных) линий, например, для связи передатчика или приемника с антенной, а также в местных распределительных сетях.

Прежде чем рассматривать различные линии передачи, необходимо пояснить термин "сигнал". Под сигналом понимается физический процесс, несущий информацию (сообщение). Носителем сигнала в радиотехнических цепях является электрический ток, а в пространстве и линиях передачи - электромагнитная волна. Напряженность электрического поля в волне можно записать в виде

$$E = A \times \cos [k(z - vt)],$$

где A - амплитуда волны, $k=2\pi/\lambda$ - волновое число, λ - длина волны, z - координата, вдоль которой распространяется волна, например, вдоль линии передачи, t - время, v - скорость распространения волны.

Действительно, если следить за горбом волны, то есть за максимальным значением косинуса, для которого аргумент равен нулю ($z - v \times t = 0$), то получим $z = v \times t$. Таким образом, горб волны движется со скоростью v . Для электромагнитной волны в свободном пространстве $v = c$, где $c \approx 300000$ км/с - скорость света. В линии передачи скорость v может отличаться от c . Частота волнового колебания f , измеряемая в герцах (1 Гц равен одному колебанию в секунду), связана с длиной волны соотношением $f = v / l$ или $f = c / \lambda$ при $v = c$.

Наиболее простым способом наложения на волновой процесс информации является модуляция (изменение во времени) амплитуды: $A = A(t)$.

Модуляция амплитуды тока осуществляется в передатчике специальным устройством - *модулятором*, в котором электрический сигнал, например, звуковой частоты от микрофона накладывается на колебание высокочастотного генератора. Высокочастотный сигнал излучается антенной в пространство или линию передачи, а на другом конце в приемнике сигнал демодулируется (детектируется). Информация снимается, например, телефоном или звуковым динамиком.

Амплитудная функция $A(t)$ может быть непрерывной для сигнала, передающего звук, или импульсной для сигнала, передающего телевизионное изображение.

Импульсная модуляция используется также для связи вычислительных машин, работающих, как известно, с импульсными сигналами. В современной технике связи во всех случаях, когда требуется высококачественная передача информации, применяются импульсные сигналы, которые лучше восстанавливаются при наличии помех, искажающих передачу сигналов.

При меняющейся во времени амплитуде функция сигнала, строго говоря, не является гармонической, но она может быть представлена в виде суммы (или интеграла) по гармоническим функциям с частотами f_n , где $n = 1, 2, 3, \dots$, близкими к частоте f , и с соответствующими амплитудами A_n , уже не зависящими от времени. Они составляют так называемый спектр сигнала.

Ширина полосы этого спектра Δf определяется количеством передаваемой сигналом информации за единицу времени. Чтобы сигнал и, следовательно, информация проходили через систему связи с незначительными искажениями, необходимо выполнение условия $\Delta f \ll f$, из которого следует, что для передачи сигналов желательно использовать по возможности более высокие частоты.

Поэтому развитие техники связи в целом и линий передачи в частности шло в направлении перехода к использованию более высоких частот. Эта тенденция хорошо прослеживается исторически на примере разработки и применения все новых линий передачи сигналов.

Линии передачи

Рассмотрим принципы работы основных видов линий передачи сигналов.

Двухпроводная линия отличается от обычного соединения с помощью двух проводов тем, что ее длина L может быть больше длины волны λ распространяющейся вдоль нее волны. Физическая причина такой ситуации состоит в конечности скорости распространения электромагнитного поля, при этом, $\lambda = c/f$ (для двухпроводной линии скорость распространения волны $v = c$, как в свободном пространстве). Таким образом, при отличной от нуля частоте f длина волны λ конечна.

Основным требованием к конструкции линии является условие $d \ll \lambda$, где d - расстояние между проводами. Провода подвешиваются на столбах, расстояние между проводами порядка метра. Двухпроводная линия может применяться для передачи сигналов на волнах порядка сотен и более метров, что соответствует частотам в диапазоне практически от нуля до $f \approx 1\,000\,000$ Гц = 1 МГц (1 мегагерц). Двухпроводные линии используют для передачи телеграфных и телефонных сигналов, а также для трансляции местного радиовещания.

Основной недостаток двухпроводной линии состоит в том, что это открытая линия, допускающая излучение волн в пространство и прием волн из пространства; с этим связаны потери мощности сигнала и влияние внешних помех на передачу сигнала, природных (молния) и являющихся результатом человеческой деятельности (искрение в технических устройствах). Излучение и прием волн происходят в местах нарушения прямолинейности линии (изломы в местах крепления проводов, изгибы из-за провисания проводов и др.).

Электрический кабель, работающий на том же принципе, что и двухпроводная линия, свободен от указанного недостатка, так как является закрытой для электромагнитного поля линией. В электрическом кабеле один из проводов имеет цилиндрическую форму и окружает второй провод, так что поле направляемой волны оказывается закрытым внутри этого цилиндра (рис. 2). Центральный провод размещается коаксиально, поэтому другое название линии - коаксиальный кабель.

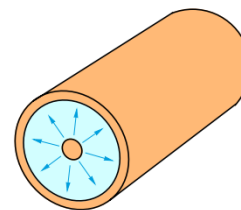


Рис. 2. Электрический коаксиальный кабель. Стрелки указывают направление электрического поля волны

Конструктивные требования к кабелю аналогичны требованиям, предъявляемым к двухпроводной линии. Поперечный размер кабеля $d \ll \lambda$, при этом обычно длина кабеля $L \approx \lambda$. Электрические кабели делятся на низкочастотные и высокочастотные, одножильные и многожильные. Кабели применяются для передачи сигналов на частотах до $1\,000\,000\,000$ Гц = 1 ГГц (1 гигагерц), что соответствует длинам волн от 30 см и более. Примером высокочастотного одножильного кабеля может служить широко известный телевизионный кабель, соединяющий антенну с телевизионным приемником. Если антенна коллективная, то кабель используется для создания распределительной сети от антенны к телевизорам в каждой квартире дома.

Металлический волновод представляет собой полую металлическую трубку круглого или прямоугольного сечения. Плоская (для прямоугольного волновода) или цилиндрическая (для круглого) электромагнитные волны могут распространяться по волноводу, отражаясь от стенок. В результате интерференции отраженных под определенными углами волн образуются направляемые волновые структуры с синусоидальным или близким к нему распределением поля в поперечном сечении. При этом амплитуды направляемых волн описываются функциями от поперечных координат. Такие волновые структуры называются модами (от англ. *mode*). В кабеле эти моды оказались мешающими, паразитными.

Металлические волноводы получили применение в качестве линий передачи сантиметровых и миллиметровых волн. Центры полос одноименных режимов работы стандартных волноводов соответствуют $l = 10$ см, 3,2 см и 8 мм. При уменьшении длины волны уменьшаются поперечные размеры волновода и возрастают потери мощности волны в стенках. Поэтому для волн с длинами порядка миллиметра и короче волноводы применяются лишь на очень короткие расстояния.

Круглый волновод с наиболее простой структурой поля разрабатывался в нашей стране и за рубежом для применения в качестве дальней магистральной линии связи в миллиметровом диапазоне волн ($l = 8$ мм). Основная трудность состояла в обеспечении одноименного режима работы такого волновода. И хотя технически это оказалось возможно, круглый волновод не получил применения для дальней связи, но уже по другой, экономической причине. Прокладка волноводной

линии при тех условиях, которые требовалось выполнить (прямолинейность трассы и др.), оказалась очень дорогостоящей.

Диэлектрический волновод - это стержень из диэлектрического материала, в котором могут распространяться электромагнитные волны с малыми потерями. Для волн миллиметрового диапазона это полистирол и полиэтилен (фторопласт), малопоглощающие, так называемые неполярные диэлектрики. Электромагнитная волна может распространяться внутри стержня, отражаясь от его границ под углом полного внутреннего отражения. Как и в металлическом волноводе, при интерференции образуются направляемые волны - моды. При этом нет потерь мощности в металле, но имеют место потери в диэлектрике. Эти потери все же достаточно велики, поэтому диэлектрические волноводы получили применение для передачи сигнала на миллиметровых волнах на сравнительно короткие расстояния (метры, десятки метров).

Однако диэлектрические волноводы оказались чрезвычайно перспективными для применения в диапазоне световых волн, точнее, в диапазоне инфракрасных волн с длиной волны порядка микрометра (10⁻⁶ м). Они представляют собой волокна из стекла, поэтому получили название оптических волокон или волоконных световодов. Волоконные световоды мы рассмотрим несколько позже, когда речь пойдет о волнах оптического диапазона.

Наряду с разработкой волноведущих линий передачи развивались и исследования с целью применения систем, использующих направленные антенны. Чтобы обеспечить передачу сигнала за пределы прямой видимости (за горизонт), антенны с ретрансляторами помещали на высоко летящие объекты: самолеты и спутники, а также на специальные мачты высотой до 100 м, устанавливаемые вдоль трассы на расстоянии 40-50 км друг от друга (рис. 3). Эта система передачи сигнала получила название радиорелейной линии. Радиорелейные линии используются в диапазонах дециметровых, сантиметровых и миллиметровых волн, поэтому размер зеркала оказывается порядка одного или нескольких метров. Радиорелейные линии сейчас широко применяются. Мачты радиорелейных линий можно увидеть вдоль магистральных шоссе и железнодорожных линий.

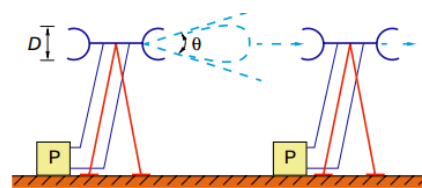


Рис. 3. Радиорелейная линия с диаграммой излучения антенны. θ – угол раствора диаграммы

В коротковолновой части миллиметрового диапазона волн, субмиллиметровом диапазоне (длина волны меньше миллиметра) и вплоть до светового диапазона используются лучеводные линии передачи (рис. 4). Линия представляет собой ряд линз на подставках в свободном пространстве или помещенных в трубу, выполняющую роль механической защиты.

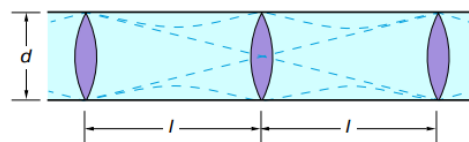


Рис. 4. Линзовая лучеводная квазиоптическая линия

Другими вариантами лучеводных линий являются линии из фокусирующих зеркал. Как и волноводные, лучеводные линии не нашли широкого применения в качестве магистральных линий дальней связи, прежде всего по экономическим причинам. Слишком дорого обходится прокладка таких линий из-за требований к точности установки линз (или зеркал). Земля "дышит", и линзы смещаются. Автоматическая же подстройка линз требует разработки специальных методов и дорогостоящих устройств. Построенные линии, однако, нашли применение в качестве измерительных линий для миллиметровых и субмиллиметровых спектрометров (измерителей спектров), а также в качестве индикаторов перемещений земной поверхности при фиксации землетрясений.

Задание 2: Контрольные вопросы:

1. Дать определение понятиям: «сообщение», «модуляция», «модулятор», «демодулятор».
2. Перечислить достоинства и недостатки ненаправленной радиосвязи.
3. Перечислить достоинства и недостатки широковещательной связи.
4. Перечислить достоинства и недостатки направленной магистральной связи.

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 6

1. Название темы Принцип распространения радиоволн и сигналов в линиях связи. Тестирование волоконно-оптического кабеля (ВОЛС).

2. Учебные цели:

- рассмотреть классификацию оптических систем связи;
- изучить принцип работы устройств на базе оптоволокна;
- изучить виды компонентов ВОЛС и их применение;
- рассмотреть принципы работы основных видов архитектур построения ВОЛС.

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными теоретическими сведениями.
2. Классифицировать оптические системы связи.
3. Составить схему и описать принцип работы устройств на базе оптоволокна.
4. Составить таблицу назначения компонентов ВОЛС:

Вид компонента ВОЛС	Название компонента ВОЛС	Принцип действия	Применение

5. Описать основные архитектуры построения ВОЛС.

6. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

Задание 1: Ознакомиться с теоретической частью.

Основные теоретические сведения

Сегодня для передачи оцифрованных видео, аудио сигналов и информации предпочтение отдается оптоволоконным системам. В сфере бизнеса и индустрии устройства на оптоволоконной базе стали стандартами для передачи телекоммуникационной информации на суше.

Для военных и оборонных целей требуется передача информации в больших объемах и с большей скоростью, поэтому ведутся работы по модернизации уже готовых и проектированию новых оптоволоконных устройств. И хотя это только на начальной стадии, планируется, что в скором времени волоконно-оптические системы управления заменят проводные системы управления, при этом кабельная часть будет легче, компактнее и надежнее. Оптоволоконная технология в сочетании со спутниковыми и радиовещательными средствами передач, предлагает новое устройство мира со средствами коммуникации гражданского и специального назначения, например, в авиационной радиоэлектронике, робототехнике, системах вооружений, датчиков, транспортных средствах и других сферах, где требуется высокая производительность.

В оптических диапазонах волн можно создавать системы связи с громадной пропускной способностью. Поэтому очень велик интерес к освоению этих диапазонов. По принципу организации оптические системы связи можно разделить на системы открытого распространения света в атмосфере или в космическом пространстве и закрытые системы, в которых свет распространяется по стеклянным волокнам.

Оптические системы связи открытого распространения, получающие развитие в последние годы, подразделяются на инфракрасные и лазерные. Эти системы позволяют передавать значительные объемы информации на малые расстояния (сотни и тысячи метров). Небольшая дальность объясняется потерями в атмосфере из-за тумана, дождя, снега, смога, града и различными естественными и искусственными препятствиями. Лучшие системы позволяют передавать цифровые потоки со скоростью до 622 Мбит/с на расстояние до 4-5 км при любых погодных условиях (например, системы Canobeam и Lightpoint), концентрируя сигнал в чрезвычайно плотный луч и применяя автоматический поиск и юстировку системы, которая удерживает луч света в апертуре приемной антенны.

К важнейшему преимуществу инфракрасного и лазерного оборудования можно отнести то, что оно применимо везде, без всяких лицензий или разрешений, в отличие от многих других систем.

На рисунке 1 показан вид одного из типов оптической связной аппаратуры и некоторые примеры ее использования. Космические оптические системы связи позволяют строить линии связи, например, между космическими аппаратами на большие расстояния. Основная технологическая трудность - обеспечение очень высокой точности наведения антенн и автоматическое сопровождение.

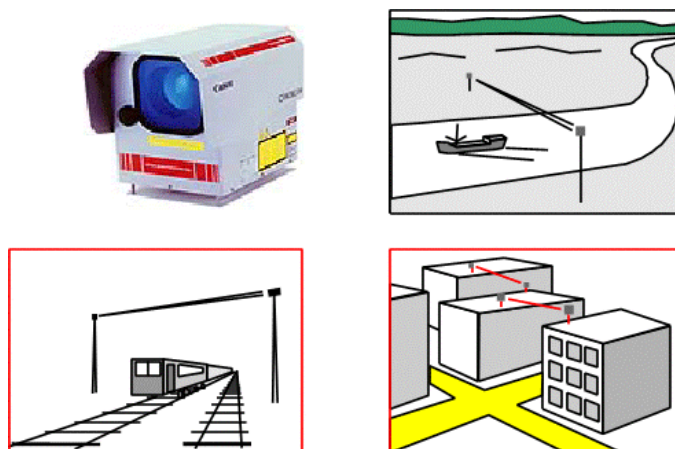


Рисунок 1.

ВОЛС позволяют надежно передавать наибольшие объемы информации (скорость передачи цифровых потоков превысила 1 Тбит/с) на расстояния до нескольких тысяч километров. С уменьшением расстояний экономический эффект от внедрения ВОЛС может уменьшаться и требуется проводить тщательный анализ в каждом конкретном случае. Сигнал в волоконно-

оптических системах передается по стеклянной нити, диаметром 0.1-0.2 мм, состоящей из светонесущего сердечника, диаметром 2-30 микрон и оболочки. Оболочка и сердечник имеют разные коэффициенты преломления, которые обеспечиваются добавкой в стекло окислов разных металлов (чаще всего - германия и кремния).

С уменьшением диаметра сердечника возрастает полоса пропускания оптического волокна и качественные показатели системы связи. Однако, при этом возрастают технологические трудности, как при изготовлении волокна, так и при сращивании отдельных звеньев, что приводит к увеличению стоимости.

В последние годы появляются новые технологии и принципы организации связи по оптическим волокнам. В частности, развиваются системы на основе солитонных импульсов, позволяющие получать ничтожно малые потери и искажения сигналов.

Принцип работы устройств на базе оптоволоконной системы

С функциональной точки зрения, оптоволоконные системы схожи с проводными, которые они стремительно вытесняют. Основная разница между ними состоит в том, что для передачи информации в оптоволоконных системах используется световой импульс (фотон), а не электронный импульс, как в проводах. Другая разница становится понятной при взгляде на поток передачи информации от точки до точки в оптоволоконной системе

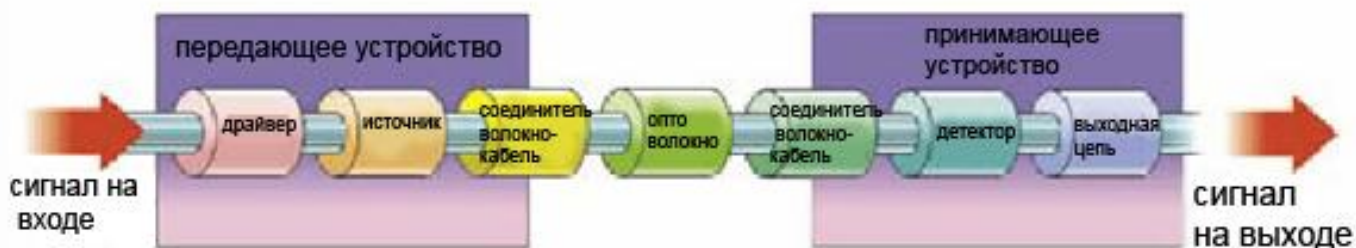


Рисунок 2: сигнал на входе – передающее устройство (драйвер – источник – соединитель волокно-кабель) – оптоволоконно – принимающее устройство (соединитель волокно-кабель – детектор – выходная цепь) – сигнал на выходе.

Та часть оптической системы связи, на которой осуществляется преобразование сигнала, называется передающим устройством. Это источник всей информации, которая поступает в оптоволоконную систему. Передающее устройство трансформирует электрические сигналы в световые импульсы. Фактическим источником импульсов света является светоизлучающий диод (LED), или лазерный диод (ILD). Посредством линзы импульсы света направляются в волоконно-оптический соединитель и далее по линии.

По волоконно-оптической линии световые импульсы передаются легко, исходя из принципа «полного внутреннего отражения». Согласно этому принципу, если угол падения превышает определенный показатель, то свет не будет проходить через отражающую поверхность материала, а будет возвращаться назад. В случае с оптоволоконными системами связи, этот принцип позволяет передавать световые импульсы по изогнутым кабелям без потерь светового сигнала в волоконной нити.

На другом конце линии световые импульсы попадают на декодирующий элемент, который называется оптическим приемником или детектором. Соединитель, подводящий кабель непосредственно к детектору, оснащен специальным оптоволоконным контактом. Оптоволоконный приемник предназначен для декодирования светового сигнала и последующей обработки его в электрический сигнал. После этого информация передается на электронные приборы, такие как компьютеры, устройства навигационного управления, видеомониторы и т.д.

Виды компонентов ВОЛС

ВОЛС – это волоконно-оптическая линия связи, современная система информационного сообщения.

Основой метода передачи информации является трансляция световых сигналов по оптоволокну (нити из пластика или кварца) путем полного внутреннего отражения от стенок волокна. Ширина канала и пропускная способность обеспечивают передачу больших массивов данных за меньшее время, чем в классической витой паре, что вкупе с низким показателем затухания и высокой защищенностью позволило оптоволоконной связи получить широкое распространение в военной отрасли и гражданских системах передачи сообщений (телефонная связь и интернет).

Преимущества ВОЛС

- широкополосность, позволяющая, при грамотном проектировании, передавать информацию со скоростью до 1 тбит/с.;
- устойчивость к электромагнитному воздействию;
- пожаробезопасность оптоволокну вследствие отсутствия в нём течения тока;
- большая длина участков с устойчивой передачей данных без ретрансляторов;
- конфиденциальность, из-за отсутствия течения электрических сигналов оптоволокну не излучает радиоволн, а прослушка линии возможна только в случае физического вмешательства;
- помехоустойчивость, так как оптоволокну нечувствительно к электромагнитным излучениям;
- большой срок службы без ухудшения качества передачи, это обусловлено устойчивостью материала к окислению;
- небольшой вес, по сравнению с витой парой.

Компоненты ВОЛС

Устройства, используемые в построении волоконно-оптической сети связи, делятся по принципу их работы.

Активные компоненты – элементы линии связи, прямо влияющие на передаваемый световой сигнал, а пассивные – осуществляющие только транспортировку и не требующие дополнительного электропитания.

Активные компоненты.

– Модулятор — устройство, переводящее электрический сигнал в оптический. Используется в системах, где отсутствует модуляция при помощи лазера.

– Оптоволоконный лазер — источник, передающий модулированную информацию в виде потока света по линии связи. Может выполнять роль модулятора сигнала. КПД варьируется от 40% до 85%.

– Фотодиод – приемник, совершающий действие, обратное работе лазера – прием пучка света и его преобразование в электрический сигнал.

– Мультиплексор/Демльтиплексор (MUX/DEMUX) – большой класс устройств, назначением которых является объединение нескольких входящих сигналов в группу для их передачи по одной линии связи (мультиплексирование). Для разделения сигналов на принимающей стороне используется демльтиплексор

– Усилитель — компонент сети, используемый при передаче данных на дальнейшее расстояние путем спектрального уплотнения сигнала. В конструкции такого усилителя присутствуют два основных элемента: легированное эрбием оптоволокну и так называемые «лазеры накачки» – источники энергии усиления. Получаемый на входе сигнал попадает на катушку легированного оптоволокну, подвергаемой облучению лазером. При этом происходит переход вещества катушки из активного состояния в основное с излучением света на волне входного сигнала. Излучаемый свет, являющийся, по факту, копией принятой информации, передается дальше по линии.

– Регенератор — устройство, предназначенное для восстановления исходного сигнала при искажении передаваемой на дальние расстояния информации. Используется в тех случаях, когда длина оптоволоконной линии достаточно велика, что даже при помощи усилителя не удается

сохранить целостность сигнала. Существует три вида регенерации: амплитуды сигнала, формы и синхронизации. В современных системах все эти три операции сразу может проводить оптический повторитель. Принцип работы заключается в приеме световых сигналов, перевод в электрическую форму, регенерации и передача далее по линии опять в световой форме.

Пассивные компоненты

- Оптический кабель – основа построения и принципа работы ВОЛС. Состоит из световода и защитной оболочки. Для дополнительной защиты от агрессивной окружающей среды, грызунов и экстремальных нагрузок часто применяется гидрофобный гель и армирование стальной проволокой.
- Разветвитель— устройство для объединения или разветвления оптических кабелей.
- Кросс — оконечник линии связи, использующийся для подключения к приемному фотодиоду.

Применение компонентов ВОЛС

Построение оптоволоконной сети связи является достаточно сложной задачей. При решении этой задачи в первую очередь необходимо установить требуемую длину и архитектуру сети. После этого производится оценка суммарной потери мощности при разветвлении линии, её сращивании, а также затухании сигнала. На основе этих данных подбираются устройства, необходимые для обеспечения доставки сигнала до всех точек сети без потерь.

Есть несколько распространенных архитектур построения ВОЛС, на примере которых можно рассмотреть случаи применения тех или иных компонентов.

«Точка – точка». Самый простой вариант построения, при котором осуществляется подключение двух объектов друг к другу. На каждом объекте устанавливается приемная и транслирующая аппаратура для обеспечения двунаправленной связи. При небольшой длине не требует дополнительных компонентов.

«Линия». Эта архитектура используется при необходимости построить линию с расположенными вдоль нее точками подключения. Для этого используется разветвитель. Для создания прямого канала требуется один оптоволоконный кабель, для обратного – количество, равное количеству приемников.

«Звезда». При использовании такой архитектуры разветвители сигнала устанавливаются в месте расположения передатчика, тем самым необходимое количество линий для двухсторонней связи всегда минимум в два раза больше количества приемников.

Тенденции развития ВОЛС и применение новейших технологий позволяет подобрать оптимальное решение любой спроектированной архитектуры связи используя разветвительные компоненты, а усилители и регенераторы сигнала обеспечивают передачу информации без потерь и с максимальной скоростью.

Задание 2: Контрольные вопросы:

1. Каковы особенности построения и области применения оптических систем связи открытого распространения?
2. Каковы особенности построения и области применения волоконно-оптических систем связи?
3. Как улучшить качественные показатели системы связи?
4. В чем заключается отличие ВОЛС от других проводных систем связи?
5. Благодаря каким показателям позволило оптоволоконной связи получить широкое распространение в военной отрасли и гражданских системах передачи сообщений?
6. Какие основные задачи требуется решить для построения оптоволоконной сети связи?

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4»- студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 7

1. Название темы Определение параметров резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности

2. Учебные цели: понять особенности физических процессов R, L, C элементов, протекающих под воздействием переменного напряжения.

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

1. Опытным путем определить ток, протекающий через резистор, вычислить мощность, построить векторную диаграмму тока и напряжения.
2. Опытным путем определить ток, проходящий через конденсатор, другие параметры. Вычислить мощность, построить векторную диаграмму тока и напряжения.
3. Опытным путем определить ток, проходящий через катушку индуктивности, другие параметры, вычислить мощность, построить векторную диаграмму тока и напряжения.

Задание 1: Ознакомиться с теоретической частью.

Задания для выполнения

Основные параметры переменного напряжения

Переменное напряжение имеет синусоидальную форму (рис. 5.1). Установлено, что синусоидальная форма напряжения удобна для электротехнических расчетов, а также экономически выгодна для работы электрооборудования.

$$u_1(t) = U_{1м} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$u_2(t) = U_{2м} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

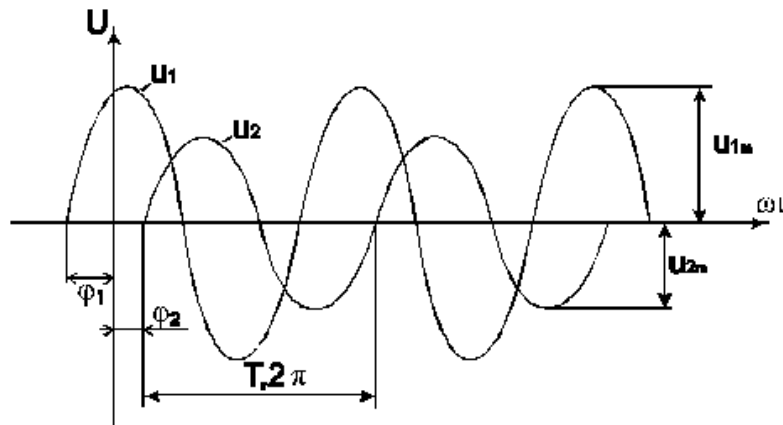


Рисунок 5.1. Графики напряжений

Основные параметры синусоидального напряжения следующие:

U_{1m}, U_{2m} – амплитудные (максимальные) значения;

φ_1, φ_2 – начальные фазы, φ_1 – положительная, φ_2 – отрицательная;

T – период в радианах или в секундах;

$$f = \frac{1}{T} \text{ - частота, Гц;}$$

$$\omega = 2\pi f \text{ - угловая частота, рад/сек.}$$

Различают следующие значения синусоидальных величин:

U_m, I_m, E_m – амплитудные значения;

U, I, E – действующие значения;

u, i, e – мгновенные значения.

Действующее значение является величиной расчетной, но имеет с энергетической точки зрения глубокий физический смысл. Все приборы общего применения (вольтметры, амперметры и др.) показывают действующее значение. Математически действующее значение определяют так:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \sin^2(\omega t) dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (1 - \cos 2\omega t) dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$$

т.е.

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}, \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}. \quad (5.1)$$

Мгновенное значение – это значение функции для какого-либо момента времени. Например, при $t=0$ $e(0), i(0), u(0)$ – значение величины к этому времени.

Особенности процессов в цепях переменного напряжения

Электрический ток в проводниках неразрывно связан с магнитным и электрическим полями. При переменном токе эти поля изменяются во времени. Изменяющееся магнитное поле наводит ЭДС, изменение электрического поля сопровождается изменением зарядов на проводниках. При этом часть электромагнитной энергии превращается в тепло, часть излучается. □

В реальной электрической цепи нельзя выделить какой-либо участок, с которым не были бы связаны вышеперечисленные явления. Поэтому для упрощения рассмотрения процессов электрическую цепь заменяют идеализированной цепью или расчетной схемой, составленной из идеальных элементов, в каждом из которых наблюдается только одно из перечисленных явлений.

Элементы, характеризующие преобразования электромагнитной энергии в тепло, называются активным сопротивлением r или проводимостью g .

Элементы, связанные с наличием только магнитного поля, называются индуктивностью L и взаимной индуктивностью M .

Элементы, характеризующие наличие только электрического поля, называются емкостями C .

Провода, соединяющие элементы идеализированной цепи, считаются не обладающими ни R , ни L , ни C .

Резистор в цепи синусоидального тока

Пусть ток в цепи изменяется по закону $i(t) = I_m \sin \omega t$. Тогда для схемы замещения (рис. 5.2) выведем законы изменения напряжения и мощности.

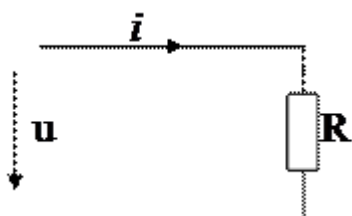


Рисунок 5.2 Резистор в цепи с синусоидальным источником напряжения

По закону Ома для мгновенных значений:

$$u = iR = I_m R \cdot \sin \omega t = U_m \sin \omega t,$$

где $U_m = I_m R$ - закон Ома для амплитудных значений, или

$$\frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} R, \quad U = IR - \text{закон Ома для действующих значений.}$$

Закон Ома в комплексной форме будет записываться так:

$$\dot{U} = \dot{I}R.$$

Мощность цепи:

$$p = ui = U_m I_m \sin^2 \omega t = \frac{U_m I_m}{2} (1 - \cos 2\omega t) = UI - UI \cos 2\omega t = P - P \cos 2\omega t, \quad (5.2)$$

где $P = UI$ - средняя мощность.

Мгновенная мощность p имеет постоянную составляющую $\frac{U_m I_m}{2}$ и переменную $\frac{U_m I_m}{2} \cos 2\omega t$ с двойной частотой 2ω (рис. 5.3). При этом постоянная составляющая полностью переходит в тепловую энергию.

Векторная диаграмма цепи, содержащей только резистор (рис. 5.4).

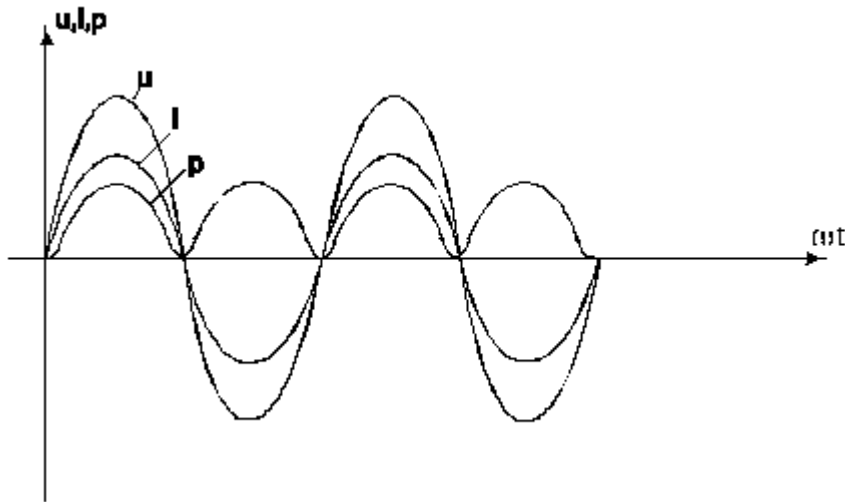


Рисунок 5.3 График тока, напряжения и мощности



Рисунок 5.4 Векторная диаграмма цепи

Идеальная катушка (индуктивность) в цепи синусоидального тока.

Пусть ток изменяется с нулевой начальной фазой. Для идеальной катушки ее резистивное сопротивление $R=0$. Поэтому приложенное внешнее напряжение уравнивается только с помощью ее ЭДС самоиндукции:

$$u = -e_L, \quad e_L = L \frac{di}{dt}$$

$$u = L \frac{di}{dt} = I_m \omega L \cos \omega t = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

Следовательно
90° по фазе (рис.5.5).

, т.е. напряжение опережает ток на

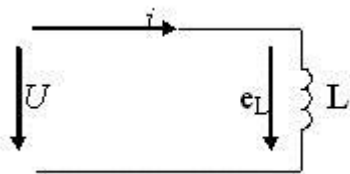


Рисунок 5.5 Индуктивность в цепи переменного тока

Здесь $U_m = I_m \omega L = I_m X_L$ - закон Ома для максимальных значений;

$X_L = \omega L$ - индуктивное сопротивление.

Графики тока, напряжения и мощности показаны на рисунке 5.6, а векторная диаграмма цепи показана на рисунке 5.7.

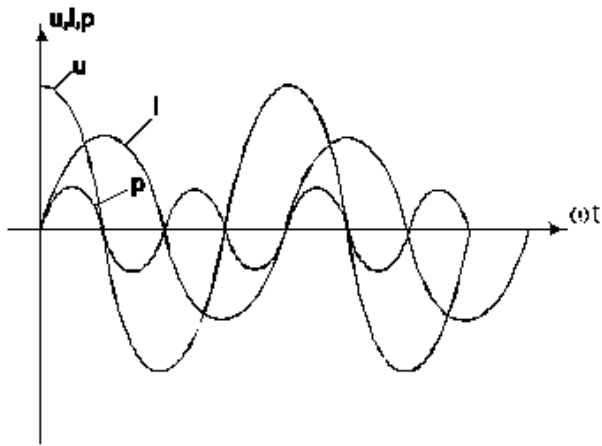


Рисунок 5.6 Графики тока, напряжения, мощности

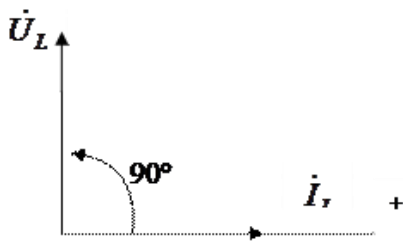


Рисунок 5.7 Векторная диаграмма

Закон Ома в комплексной форме записи будет иметь вид:

$$\dot{U}_* = j\dot{I}_* X_L \text{ или}$$

$$\dot{U} = jIX_L.$$

Мощность цепи:

$$p = ui = U_m \cos(\omega t) \cdot I_m \sin(\omega t) = 2 \frac{U_m I_m}{2} \sin(\omega t) \cdot \cos(\omega t) = UI \sin 2(\omega t) = P \sin 2(\omega t)$$

Среднее значение мощности равно нулю, т.е. индуктивность не потребляет мощность. В одну четверть периода она запасает его в своем магнитном поле, а в следующую четверть периода эта энергия возвращается к источнику энергии (рис.5.8).

Конденсатор в цепи переменного тока.

Будем считать, что ток в цепи изменяется с нулевой начальной фазой $i(t) = I_m \sin \omega t$.

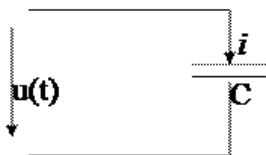


Рисунок 5.8 Конденсатор в цепи переменного тока

$$i = \frac{dq}{dt},$$

Ток конденсатора

где $q=CU$ – заряд на обкладках конденсатора. Тогда напряжение:

$$u_C = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{C} \int I_m \sin \omega \cdot dt = -I_m \frac{1}{\omega C} \cos \omega t = I_m X_C \sin(\omega t - 90^\circ) = U_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

т.е. напряжение на емкости отстает от тока на 90° (рис.5.9). Векторная диаграмма цепи показана на рисунке 5.10.

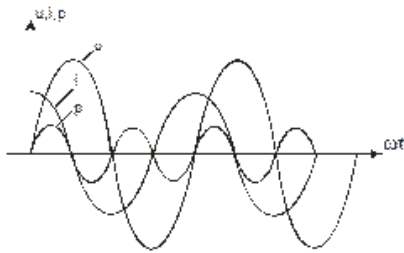


Рисунок 5.9 Графики тока, напряжения и мощности

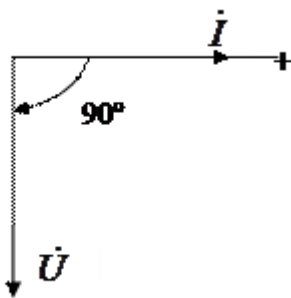


Рисунок 5.10 Векторная диаграмма цепи

В последнем выражении величина $X_C = \frac{1}{\omega C}$ - емкостное сопротивление, Ом.
Закон Ома в комплексной форме:

$$\dot{U} = -jIX_C \quad (5.3)$$

Мощность цепи:

$$P = UI = -U_m \cos \omega t \cdot I_m \sin \omega t = -UI \sin 2\omega t = -P \sin 2\omega t$$

Емкость также не потребляет активную мощность.

Опытное определение параметров резистора, конденсатора и катушки индуктивности основано на измерении действующего значения тока, напряжения при включении этих элементов в цепь синусоидального тока. Значение источника переменного напряжения рекомендуется брать в пределах 100...1000 В, частота 50 Гц. Схема представлена на рисунке 5.11.

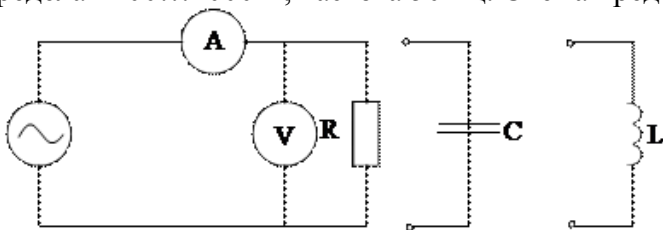


Рисунок 5.11 Схема опытного определения параметров резистора, конденсатора и катушки индуктивности

В опыте с резистором измеряем ток, напряжение и результаты записываем в таблицу 5.1. Значение сопротивления принимается самостоятельно.

Таблица 5.1 – Опытное определение параметров резистора

Установлено	Измерено		
U, В	R, Ом	I, А	P, Вт

В цепи резистор заменяем конденсатором, значение которого устанавливаем в пределах 20...100 мкФ. Значения заносим в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Определение параметров конденсатора

Установлено	Вычислено		
C, мкФ	U, В	I, А	P, Вт

После замены в цепи конденсатора катушкой индуктивности записываем значения параметров в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Определение параметров катушки индуктивности

Установлено	Вычислено		
L, Гн	U, В	I, А	P, Вт

Ход работы в EWB:



- 1) Выбираем из ряда пиктограмм Sources источник переменного напряжения. Нажав на него левой клавишей мыши, перетаскиваем его на рабочее поле EWB.
- 2) Двойным нажатием левой кнопки мыши заходим в настройки источника переменного напряжения и выставляем напряжение (Voltage) 220В и частоту (Frequency) 50 Гц (рис. 5.12).

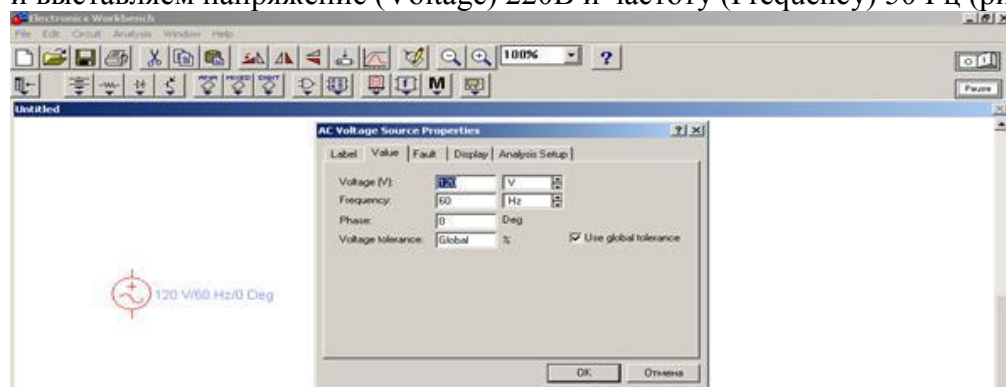





Рисунок 5.12

- 3) Выбирая из ряда пиктограмм резистор , конденсатор , катушку , нажимаем на них левой клавишей мыши и перетаскиваем на рабочее поле EWB.
- 4) Соединяем между собой элементы и выставляем их номиналы.

Виртуальные модели для определения параметров резистора, конденсатора и катушки индуктивности приведены на рисунках 5.13, 5.14 и 5.15

Задание 1. Опыт с резистором

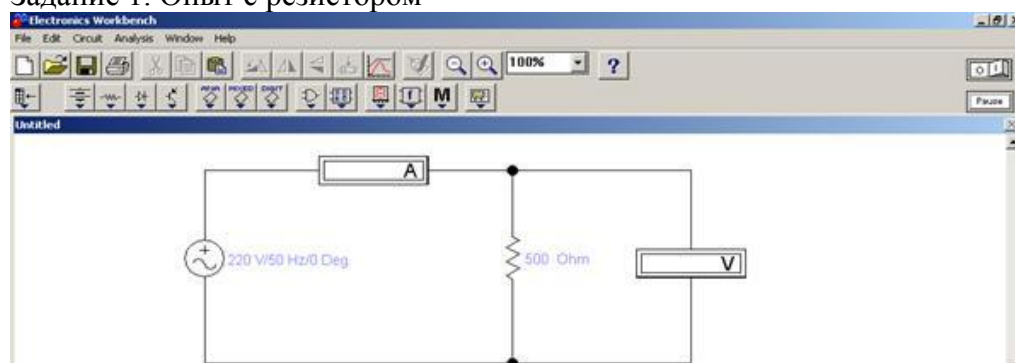


Рисунок 5.13

Задание 2. Опыт с конденсатором

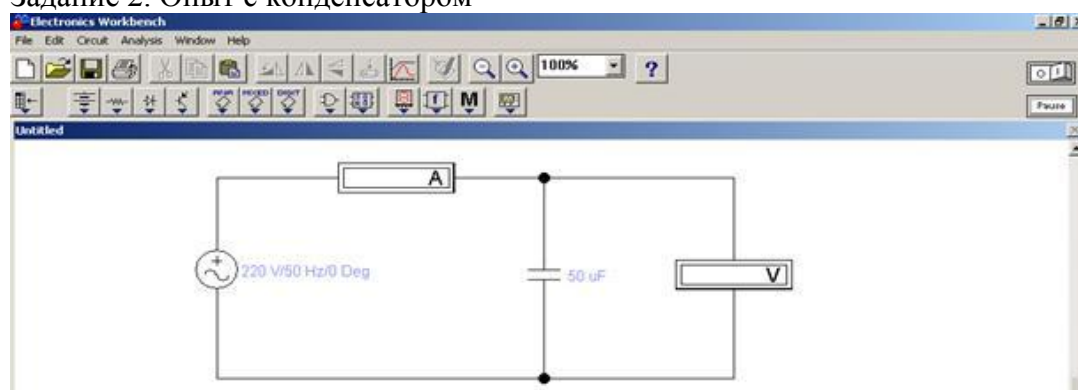


Рисунок 5.14

Задание 3. Опыт с катушкой индуктивности

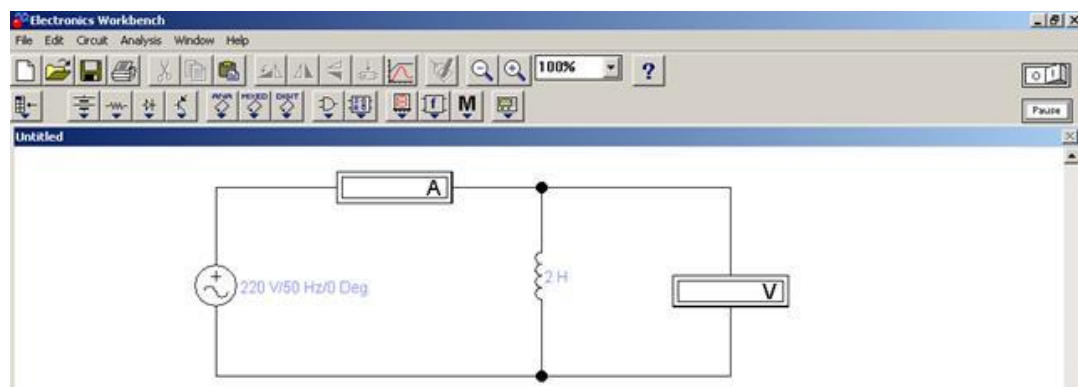


Рисунок 5.15

Для всех трех схем построить векторные диаграммы тока и напряжения.

Задание 2: Контрольные вопросы

1. Какими величинами (параметрами) характеризуют синусоидальный ток?
2. Что означает действующее значение тока, напряжения?
3. Какие элементы входят в схемы замещения цепей переменного тока?
4. Чем отличается идеальный элемент от реального?
5. Какой физический смысл имеет емкостное и индуктивное сопротивление?
6. Почему активная мощность идеальных реактивных элементов равна нулю?
7. С какой целью и как используют комплексные числа для расчета электрических цепей синусоидального тока?

8. Чем отличается действующее значение тока от комплекса действующего значения тока?
9. С какой целью и как используют векторные диаграммы при анализе цепей синусоидального тока?
10. Запишите закон Ома для участка цепи с резистором (индуктивностью, емкостью) для действующих значений и комплексов действующих значений тока и напряжения. В чем различие двух форм записи закона Ома

Задания для выполнения

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями.
5. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4»- студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 8

- 1. Название темы** Исследование полупроводникового диода
- 2. Учебные цели:** изучение свойств плоскостного диода путём практического снятия и исследования его вольтамперной характеристики.
- 3. Продолжительность занятия:** 2 часа.
- 4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал:** персональный компьютер, бланк задания.
- 5. Литература, информационное обеспечение**
 1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
 2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
 3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
 4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)
- 6. Методические рекомендации по выполнению работы:** изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.
- 7. Порядок выполнения работы:**
 - Задание 1. Построение схемы
 - Задание 2. Оформление отчета

Задания 1

Запустите при помощи ярлыка на рабочем столе Windows программу **Electronics Workbench**.

Построение схемы рис. 1 произведем в два этапа: сначала разместим как показано на рис. 1 пиктограммы элементов, а затем последовательно соединим их.

1. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна активных элементов вытащите пиктограммы источника постоянного тока и заземления.

2. Установите курсор на пиктограмме источника постоянного тока, двойным щелчком кнопки мыши откройте диалоговое окно для задания параметров. На вкладке **Values** помощью кнопок счетчика установите единицу измерения тока mA и нажмите на кнопку **OK**.

3. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна вытащите диод.

4. Развернем диод, так как показано на рис. 1. Для этого на панели функций щелкните последовательно по двум кнопкам поворота



5. Установите курсор на диоде, двойным щелчком кнопки мыши откройте диалоговое окно для задания параметров. В поле **Library** выделите библиотеку диодов **1n4xxx**, а в поле **Model** **1N4001**. Щелкните по кнопке **OK**.

6. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна индикаторов вытащите вольтметр.

7. Расположите методом буксировки пиктограммы элементов так, как показано на рис. 1.

8. Соедините элементы согласно рис. 1. Заземление подключайте в последнюю очередь, подводя курсор от заземления до проводника схемы.

Примечание: Для соединения элементов друг с другом нужно аккуратно подвести курсор к одному из выводов элемента, пока не появится черная точка, и нажать кнопку мыши. Затем, удерживая нажатой кнопку перемещать мышью, подводя курсор к выводу другого элемента до тех пор, пока на его выводе не появится черная точка, после чего отпустить кнопку мыши.

Исследование ВАХ диода проведем с помощью схемы, представленной на рис. 2.

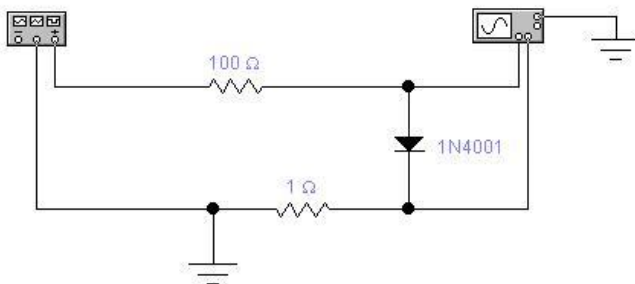


Рис. 2

На этой схеме формирование изображения ВАХ на экране осциллографа осуществляется путем:

- формирования с помощью функционального генератора знакопеременного (например, пилообразного) напряжения с амплитудой соответствующей диапазону построения ВАХ;
- подачи по горизонтальной оси осциллографа мгновенных значений напряжения на диоде, а по вертикальной оси напряжения пропорционального току диода (падение напряжения на резисторе номиналом 1 Ом численно равно току через диод в А).

1. Создайте новый файл. Последовательно вытащите пиктограммы двух резисторов, диода и заземления (из окна активных элементов), разверните диод, так как показано на рис. 2.

2. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна приборного отсека последовательно вытащите функциональный генератор (вторая иконка слева), осциллограф и разместите их согласно рис. 2.

3. Соедините все элементы кроме осциллографа согласно рис. 2.

4. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна пассивных элементов последовательно вытащите точки соединения проводников



и поместите их в местах подсоединения проводников (см. рис. 2).

5. Создайте недостающие соединения.

6. Последовательно двойным щелчком кнопки мыши откройте диалоговые окна для задания параметров элементов и установите параметры резисторов и диода согласно схеме рис. 2.

7. Двойным щелчком кнопки мыши откройте лицевую панель функционального генератора, установите пилообразную форму и частоту выходного сигнала согласно рис. 3. Закройте изображение лицевой панели.

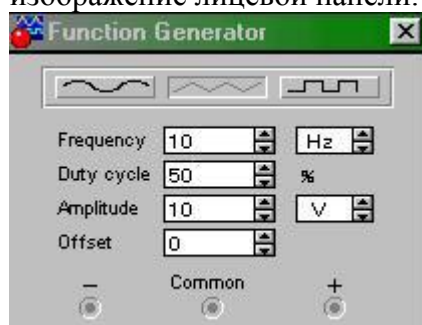


Рис. 3

8. Откройте лицевую панель осциллографа. Выберите режим развертки В/А, при котором на горизонтальную ось (канал А) будет подаваться напряжение с диода, а на вертикальную ось (канал В) напряжение пропорциональное току диода. Щелкая по кнопкам счетчика установки чувствительности **Channel A** и **Channel B** установите чувствительность по каналам согласно рис. 4.

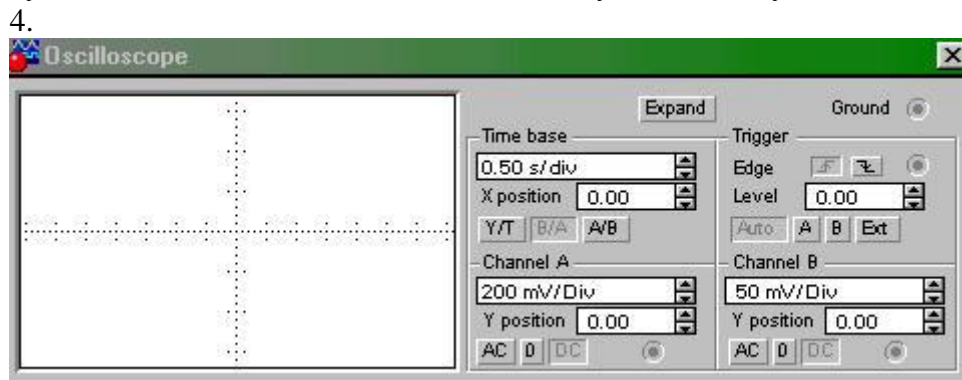


Рис. 4

9. Сохраните файл в папке с вашей **Фамилией** под именем **Zan_5_02**.

10. Запустите процесс моделирования. Покажите преподавателю полученную ВАХ.

Задания 2

1. Ознакомиться с основными теоретическими положениями.

5. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4»- студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 9

1. Название темы Проектирование и исследование дешифраторов.

2. Учебные цели: изучение принципов проектирования дешифраторов в заданном базисе логических элементов, а также исследование функционирования спроектированных дешифраторов и интегральных схем дешифраторов.

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

Задание 1. Оформление списков в документе

Задание 2. Оформление оглавления документа

Задание 3: Ознакомиться с теоретической частью.

Дешифратор

Дешифраторы входят в состав практически всех серий цифровых ИС и отличаются:

- числом выходов (полные и неполные дешифраторы);
- видом преобразования - в прямой (прямые выходы) или обратный (инверсные выходы) унитарный код;
- наличием или отсутствием стробирующего (управляющего) входа. Сигнал на этом входе разрешает или запрещает выполнение микросхемой операции дешифрирования;
- быстродействием, которое характеризуется средним временем задержки распространения сигнала от входа до выхода $t_{зд.р.ср}$;
- энергопотреблением; т.е. мощностью, потребляемой от источника питания.

Например, ИС сдвоенного дешифратора К 530 ИД-14 (рис. 1, а) (в одном корпусе два автономных

дешифратора «2-4», выходы инверсные) имеет по одному стробирующему входу \bar{V}_1 и \bar{V}_2 в каждом дешифраторе.

При объединении (каскадировании) информационных и стробирующих входов, как это показано на рис.1, б, получают дешифратор 3-х разрядного двоичного кода. Входные сигналы дешифрируются первым дешифратором (при $V_1=0$ и $V_2=1$, т.е. при $x_3=0$, или вторым (при $V_1=1$ и $V_2=0$, т.е. при $x_3=1$) дешифратором.

К 530 ИД 14

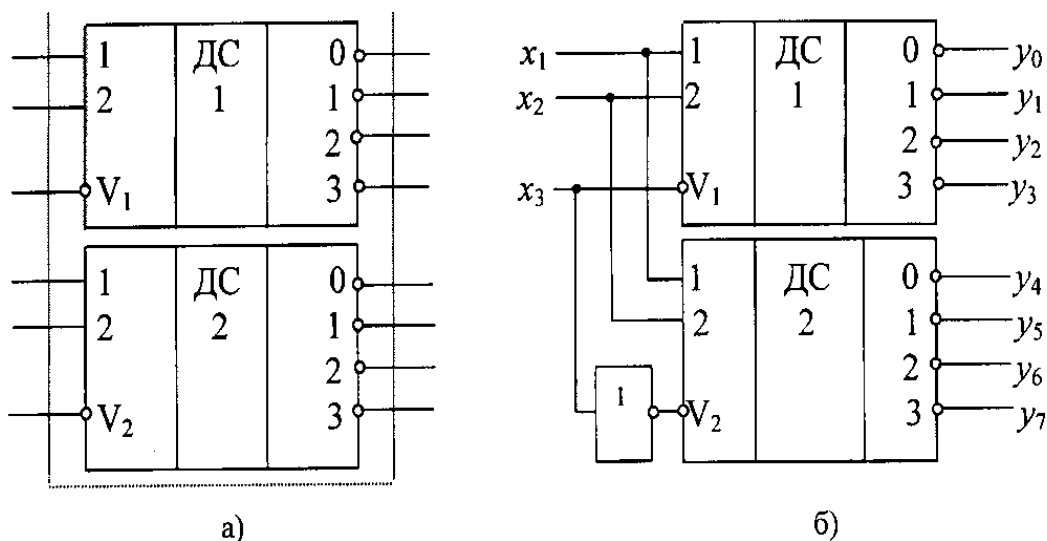


Рис.1. Дешифратор К 530 ИД 14 (а) и способ соединения двух дешифраторов для увеличения разрядности (наращивания числа входов-выходов) (б)

Шифратор.

Для реализации двоичного сигнала используется триада, состоящая из источника напряжения, заземления и переключателя, включенных по схеме, представленной на рисунке. Выбор того или иного значения двоичного сигнала в такой схеме осуществляется изменением положения переключателя, для чего нужно нажать соответствующую клавишу на клавиатуре. Индикатор показывает получаемое при этом значение двоичного сигнала, то есть индикатор горит при единичном значении двоичного сигнала и гаснет при нулевом значении. (Рисунок 1)

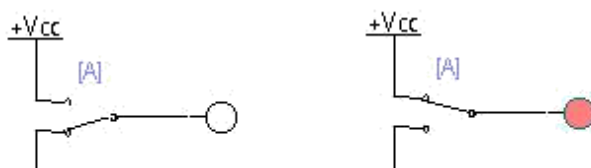


Рисунок 1

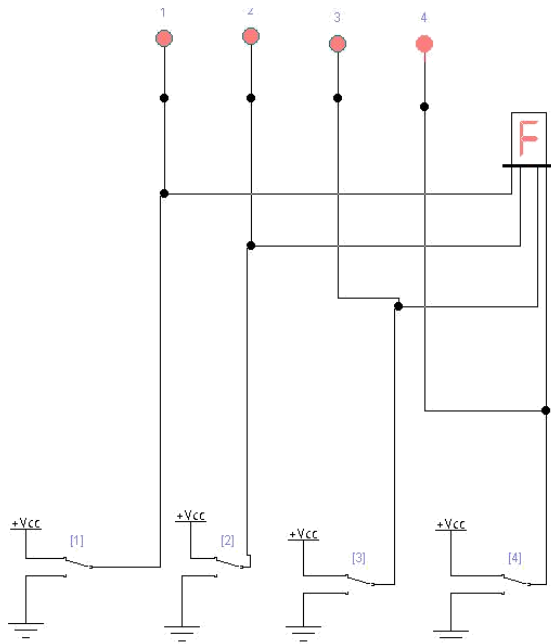


Рисунок 2

Построим следующую схему, в ней 4 входа, которые мы обозначили 1, 2, 3, 4. Соответственно в момент замыкания ключа, мы можем подавать на вход логическую единицу. Все выходы соединяем с индикатором двоичных чисел -шифратором

Данный индикатор позволяет отобразить 16-ю систему

счисления. 4 входа

позволяют нам получить 16 комбинаций сочетаний 0 и 1, что можно увидеть из таблицы 1. Дополнительно к каждой линии подключим по 1 лампочке, позволяющей судить наличие 0 и 1. На рисунке 2 показана последняя комбинация из таблицы, когда все единицы, что соответствует числу F.

Тестируя работу данной схемы, заполняем таблицу 1.

Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Число
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5

0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	A
1	0	1	1	B
1	1	0	0	C
1	1	0	1	D
1	1	1	0	E
1	1	1	1	F

Составить отчет о проделанной работе. Ответить на контрольные вопросы

Задание 4: Контрольные вопросы:

1. Дайте определение дешифратора.

2. Что понимают под унитарным кодом?
3. Чем отличается полный дешифратор от неполного?
4. Спроектируйте дешифратор «4-16» по:
 1. линейной схеме;
 2. пирамидальной схеме.
5. Какая схемная реализация является более оптимальной с точки зрения:
 - а) аппаратных затрат; б) быстродействия?

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 10

1. Название темы Общая характеристика полупроводниковых запоминающих устройств.

2. Учебные цели:

- ознакомиться с основными типами запоминающих устройств (ЗУ);
- изучить типичную структурную схему ОЗУ;
- изучить принцип действия ОЗУ.

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. З. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными теоретическими сведениями.
2. Изучив §6.1 учебника Богомолова С.А. «Основы электроники и цифровой схемотехники» составить классификацию типов ЗУ с описанием их назначения.
3. Дать определение и зарисовать УГО ОЗУ.
4. Изучив §6.2 учебника Богомолова С.А. «Основы электроники и цифровой схемотехники» зарисовать структурную схему и описать принцип действия ОЗУ.
5. Заполнить таблицу «Типы оперативной памяти DDR»:

Тип DDR	Основные характеристики	Применение

6. Составить отчет о работе. Сделать выводы. Ответить на контрольные вопросы.

Задание 1: Ознакомиться с теоретической частью.

Основные теоретические сведения

Запоминающие устройства (ЗУ) служат для хранения информации и обмена ею с другими частями вычислительной машины или системы.

Их можно классифицировать по роли в системе и механическому исполнению.

В зависимости от назначения ЗУ можно разделить на три крупных класса:

- 1) внутренняя память;
- 2) буферная память;
- 3) внешняя память.

Устройства внутренней памяти непосредственно участвуют в процессе преобразования информации, обмениваясь данными с процессором ЭВМ или вычислительной системы.

Внешняя память содержит большие массивы информации, хранит их в течение длительного времени и обменивается данными с внутренней памятью.

Буферные ЗУ предназначены для промежуточного хранения данных при обмене между внешней и внутренней памятью.

К основным техническим характеристикам ЗУ относятся:

1. ёмкость ЗУ или максимально возможный объем хранимой информации; ёмкость ЗУ обычно измеряют в Кбитах (1024 бита);
2. организация ЗУ - количество и разрядность хранимых слов; например, указание емкости ЗУ в виде 8Кх8 означает, что в ЗУ емкостью 64 Кбит хранится 8 К слов по 8 разрядов;
3. быстродействие ЗУ оценивается временем считывания, записи и обращения.

Временем считывания называется интервал времени между появлением сигнала считывания и моментом появления информации на выходе

Временем записи называют время от момента появления сигнала записи до ее завершения

Обращением к ЗУ называют операцию, в результате которой происходит считывание или запись информации

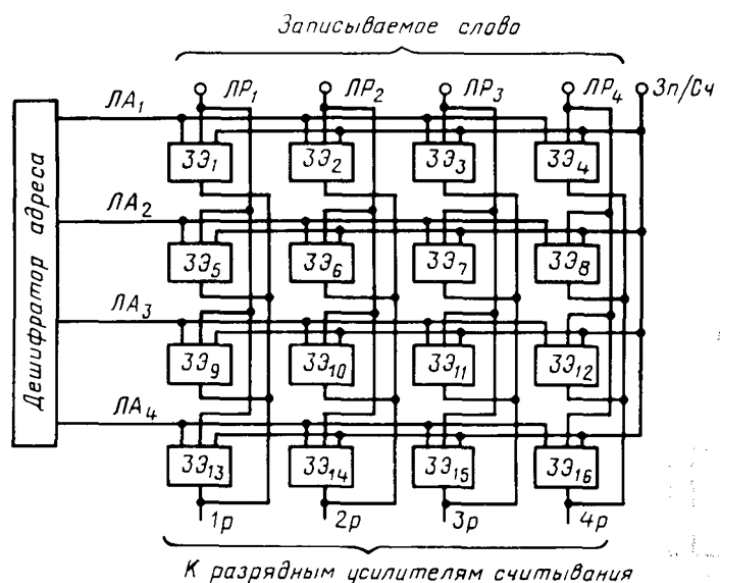
Временем обращения является интервал между двумя последовательными обращениями к ЗУ.

Запоминающее устройство состоит из:

- запоминающего массива;
- электронного обрамления.

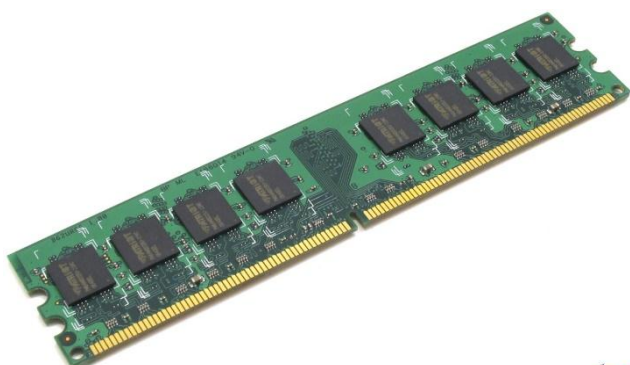
Запоминающий массив (накопитель) содержит запоминающие элементы (ЗЭ), каждый из которых может принимать состояния логической 1 или логического 0, т. е. хранить один бит информации.

В запоминающем элементе хранится один разряд записанного двоичного слова; все n-разрядное слово записывается в запоминающих элементах, составляющих ячейку памяти. Ей соответствует определенный адрес, характеризующий положение этой ячейки в накопителе. Запись и считывание слова (обращение к ЗУ) производится по адресу, которым выбирается определенная ячейка.



Запоминающие элементы должны обладать двумя устойчивыми состояниями. К числу таких элементов относятся ферромагнитные сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса (магнитные ЗУ) и триггеры (полупроводниковые ЗУ).

Электронное обрамление содержит, дешифраторы адреса и усилители записи и считывания. Код адреса, поступающий на входы дешифратора, возбуждает один из его выходов; этим разрешается запись слова в определенные ЗЭ или считывание из них.



Микросхемы ОЗУ (RAM – read and memory) предназначены для записи и хранения данных, непосредственно участвующих в процессе вычислений, и являются основой для построения сверхоперативной памяти ЭВМ, кэш памяти и блоков основной оперативной памяти.

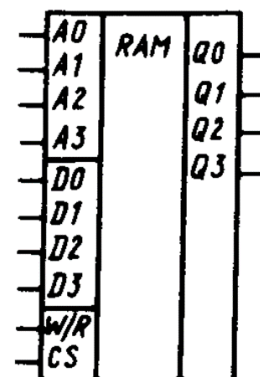
Микросхема ОЗУ имеет 16 запоминающих ячеек, каждая из которых может выбираться комбинацией двоичных переменных на четырех адресных входах A0 - A3

(24=16).

Ячейка имеет четыре разряда (бита).

Запись в нее осуществляется по входам D0 – D3 при наличии на входе запись/чтение (W/R) логической 1 (W/R =1), а считывание производится с выходов Q0 – Q3 при W/R = 0.

Инициализация (ввод в действие, выбор) микросхемы осуществляется логической 1 по входу CS (выборка микросхемы — BM). При CS=0 микросхема блокируется.



Задание 2: ответить на Контрольные вопросы:

1. Описать, для чего служат ЗУ, и как они классифицируются по назначению.
2. Перечислить основные технические характеристики ЗУ.
3. Описать устройство ЗУ.

8.Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4»- студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9.Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.

Практическое занятие 11

1. Название темы Исследование работы регистра и триггера.

2.Учебные цели:

- Изучить принцип работы регистра.
- Изучить принцип работы счетчика импульсов.
- Общие сведения

3. Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

6. Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7. Порядок выполнения работы:

- Задание 1. Оформление списков в документе
- Задание 2. Оформление оглавления документа
- Задание 3. Ознакомиться с теоретической частью.

Регистр представляет собой набор триггеров, число которых соответствует числу разрядов запоминаемого слова. Регистр используется для хранения n-разрядного слова и выполнения над ним логических преобразований. При этом в регистре могут выполняться следующие микрооперации:

- прием (запись) слова;
- передача слова в другой регистр;
- поразрядные логические операции;
- сдвиг слова влево или вправо на заданное число разрядов;
- преобразование последовательного кода слова в параллельный и обратно;
- установка регистра в начальное состояние (сброс).

Кроме того, регистр может осуществлять преобразование двоичного кода из прямого в обратный (когда единицы заменяются нулями, а нули – единицами), и наоборот.

В каждом из триггеров, составляющих регистр, хранится соответствующая цифра разряда числа. Поэтому по способу ввода и вывода разряда числа регистры разделяются на параллельные, последовательные и параллельно-последовательные.

В параллельном регистре ввод или вывод слова осуществляется одновременно для всех разрядов. В последовательном регистре разряды числа вводятся и выводятся последовательно один за другим. В параллельно-последовательном регистре ввод осуществляется в параллельной форме, а вывод в последовательной, или наоборот.

Регистр

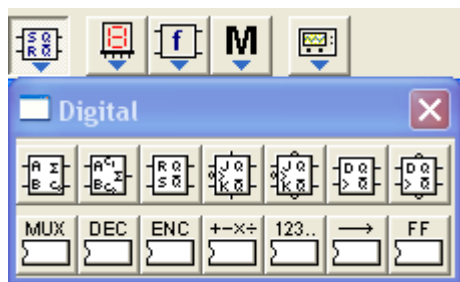


Рис. 7.1. Цифровые элементы «Electronics Workbench».

Функциональная схема **параллельного регистра** на RS-триггерах приведена на рис. 7.3. Подготовка к приему информации (обнуление триггеров) составляет первый такт. Во втором такте по сигналу «1», подаваемому по шине П (прием), двоичное число $x_1x_2x_3x_4$ всеми разрядами одновременно (параллельно) через конъюнкторы (элементы И) записывается в разряды регистра. Выдача сигнала в прямом коде осуществляется по сигналу, подаваемому по шине $V_{пр}$, в обратном - $V_{обр}$.

В **последовательных регистрах** двоичное число вводится и выводится последовательно разряд за разрядом. Разряды самого регистра соединены последовательно. Каждый разряд выдает информацию в следующий разряд и одновременно принимает новую информацию из предыдущего. Для этого каждый разряд должен иметь два запоминающих элемента, т.е. двухступенчатый триггер. Двухступенчатый триггер (например, JK-триггер, D-триггер) представляет собой совокупность двух запоминающих элементов. Если в цепи таких триггеров выходы одного соединить с входами другого, то по фронту тактового импульса, подаваемого на вход С, во входную (первую) ступень каждого триггера будет заноситься информация из выходной (второй) ступени предыдущего триггера, а по спаду импульса она будет переписываться в выходную ступень.

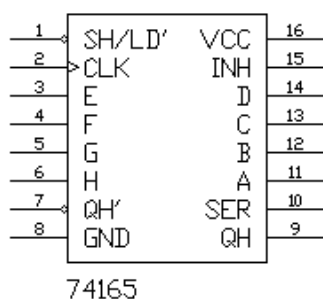


Рис. 7.2. Условное обозначение 8-битного параллельного регистра (74165)

Функциональная схема последовательного регистра приведена на рис. 7.4. Разряды двоичного числа, начиная с младшего, последовательно поступают на входы старшего разряда регистра. Поступление разрядов числа на входы J и K чередуются с поступлением импульсов сдвига на входы С, которыми вводимые разряды продвигаются вдоль регистра, пока младший

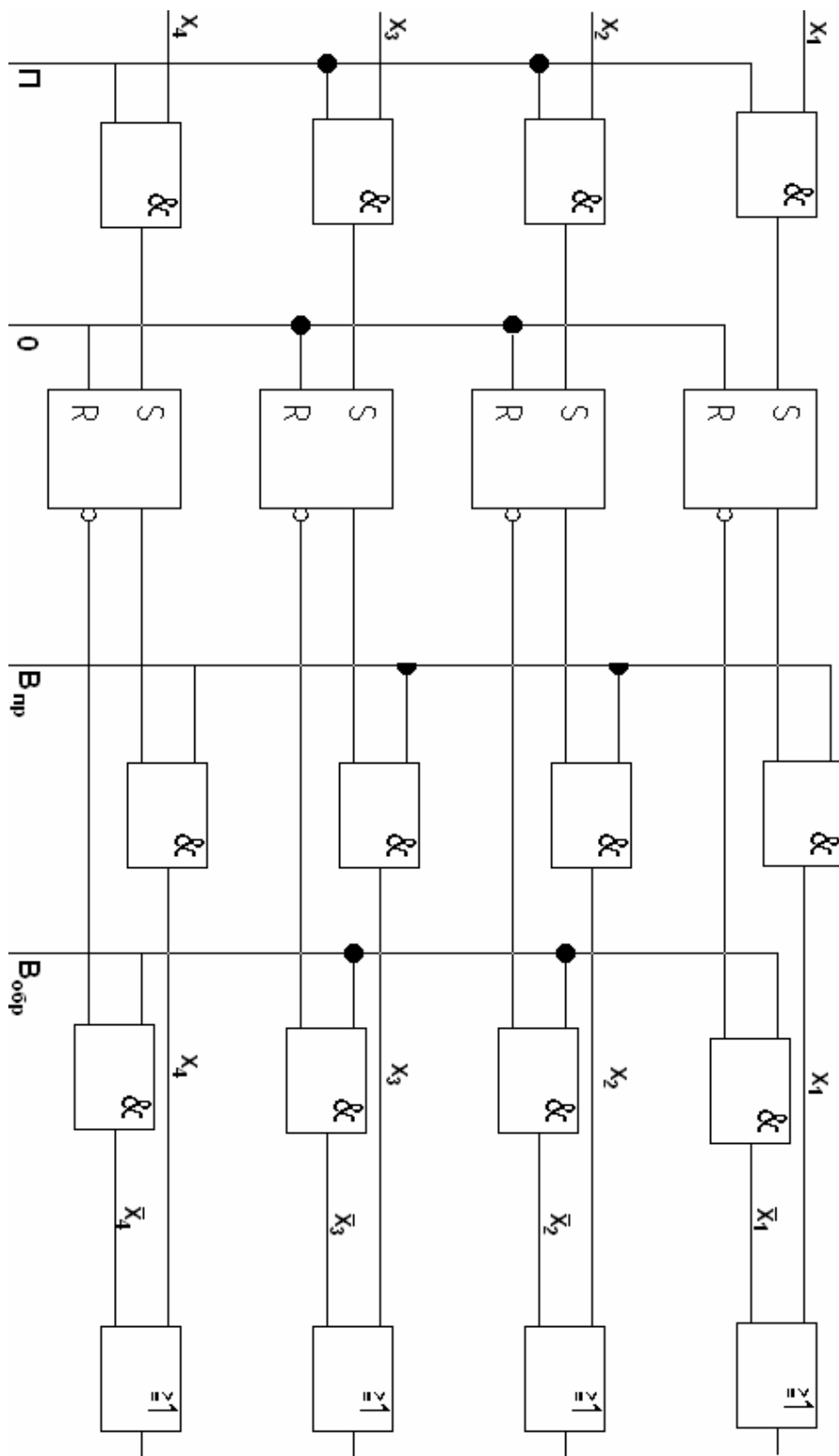


Рис. 7.3. Схема

параллельного регистра на RS-триггерах.
 разряд n -разрядного числа не окажется в младшем разряде регистра.

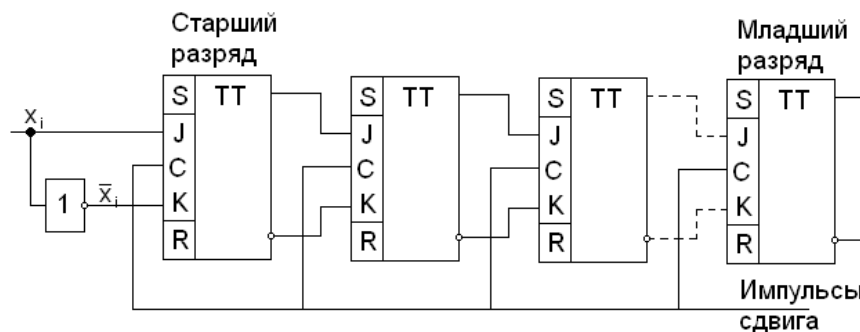


Рис. 7.4. Функциональная схема последовательного регистра.

Для выдачи записанного числа в последовательной форме надо на выходы старшего разряда регистра подать $x_i=0$, $x_i=1$, а на шину импульсов сдвига – n импульсов. Первый импульс выдвинет из младшего разряда регистра младший разряд числа, на его место передвинется второй разряд числа и т.д. В итоге все число сдвинется вдоль регистра на один разряд, а в старший разряд регистра будет записан 0. После n импульсов сдвига число будет полностью выведено из регистра, а его разряды окажутся заполнены 0.

Задания 4: для выполнения практической работы.

3.1. Собрать схему изображенную на рис. 7.3 и записать в нее двоичное число от 0000 до 1111 в соответствии с выражением $n+1$, где n – номер варианта в двоичном коде. Результаты на выходе регистра должны быть получены в прямом и обратном кодах.

Ход выполнения работы должен быть отражен в отчете по выполнению лабораторной работы.

Задание 5: Контрольные вопросы.

1. Что называется регистром и для чего он необходим?
2. В чем заключаются отличия параллельного, последовательного и параллельно-последовательного регистров.
3. Объясните принцип работы параллельного регистра.
4. Объясните принцип работы последовательного регистра.

Практическое занятие 12

1. Название темы: Работа в Electronics Workbench. Счетчики

2. Цель работы:

- Изучить принцип работы счетчика импульсов.

3 . Продолжительность занятия: 2 часа.

4. Материалы, оборудование, ТСО, программное обеспечение, оснащение, раздаточный материал: персональный компьютер, бланк задания.

5. Литература, информационное обеспечение

1. Богомолова С. А.. Основы электроники и цифровой схемотехники- М.: Академия, 2017. – 208с.
2. Бабёр, А. И. Основы схемотехники : учебник для СПО / А. И. Бабёр. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2018. — 112 с. (IPRBOOK)
3. Водовозов, А. М. Основы электроники : учебник для СПО/ А. М. Водовозов. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 140 с. (IPRBOOK)
4. 3. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : учебник для СПО / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; под редакцией В. Ф. Маркова. — 2-е изд. — Саратов, Екатеринбург : Профобразование, Уральский федеральный университет, 2019. — 269 с. (IPRBOOK)

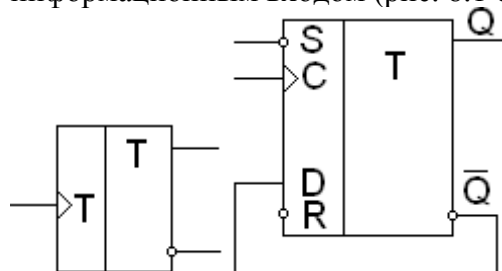
6.Методические рекомендации по выполнению работы: изучите краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме практического занятия. При выполнении работы соблюдайте последовательность действий.

7.Порядок выполнения работы:

Задание 1. Ознакомиться с теоретической частью

Основные теоретические сведения

Счетный триггер, или Т-триггер, который показан на рис. 8.1. (а) имеет два выхода и один вход. При положительном перепаде напряжения на счетном входе Т-триггера сигналы на его выходах меняются на противоположные. В качестве основы построения счетного триггера может быть использован динамический D-триггер. При этом его инверсный выход должен быть соединен с информационным входом (рис. 8.1 б).



а) условное обозначение; б) схема на D-триггере;

Рис. 8.1. Счетный триггер.

Рассмотрим простой трехразрядный двоичный счетчик импульсов, состоящий из трех Т-триггеров, которые имеют входы R для установки нуля (рис. 8.2).

В исходном состоянии все триггеры находятся в 0 состоянии (рис. 8.3.). После подачи первого входного импульса триггер Т1 переходит в состояние 1, а после второго в состояние 1 переходит Т2, а Т1 возвращается в состояние 0 и т.д.

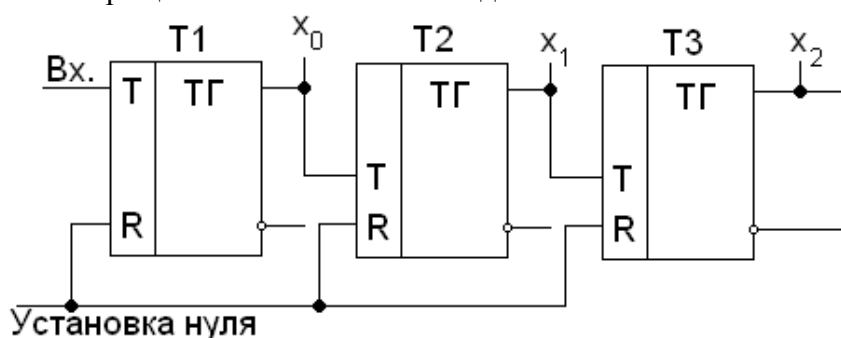


Рис. 8.2. Трехразрядный двоичный счетчик импульсов.

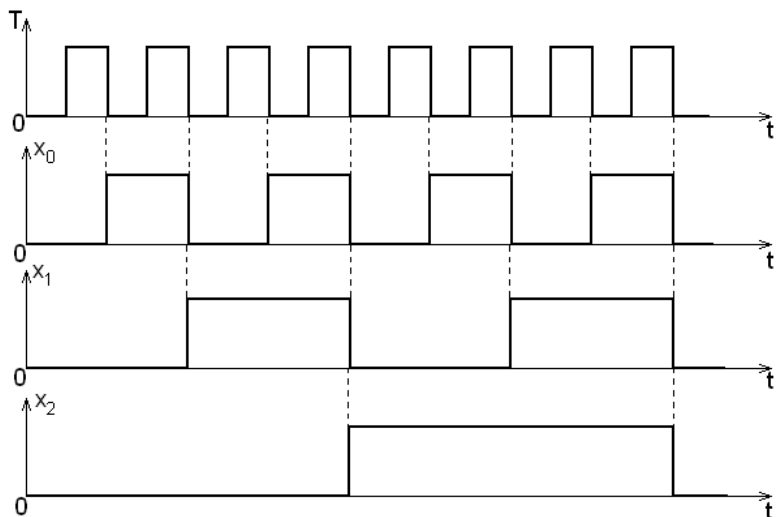


Рис. 8.3. Диаграммы сигналов в счетчике импульсов.

Из табл. 8.1 видно, что по состоянию триггеров можно определить сколько импульсов было подано на вход счетчика. В общем случае емкость счетчика равна 2^n , где n – число триггеров в счетчике.

Таблица 8.1. Состояние триггеров счетчика импульсов.

Число <u>входных импульсов</u>	Состояние триггера		
	T3	T2	T1
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
8	0	0	0

Задания 2: выполнения практической работы.

3.1. Собрать схему изображенную на рис. 8.4. В схеме используется Function Generator (Генератор функций), 4-bit Binary Counter (4-х битный двоичный счетчик) и семи сегментный индикатор с декодером.

Function Generator (Генератор функций) – источник напряжения, выдающий сигналы синусоидальной, треугольной и ступенчатой формы (рис. 8.6). В основном окне генератора можно выбрать форму выходного сигнала с помощью одного из трех переключателя, а также одну из нескольких опций.

Параметры генератора:

Frequency (Частота - варьируется от 1Гц до 999МГц) – определяет количество генерируемых импульсов на выходе генератора в течение 1 сек.

Amplitude (Амплитуда) – амплитуда сигнала на выходе.

3.2. Самостоятельно изучить работу других счетчиков представленных в «Electronics Workbench».

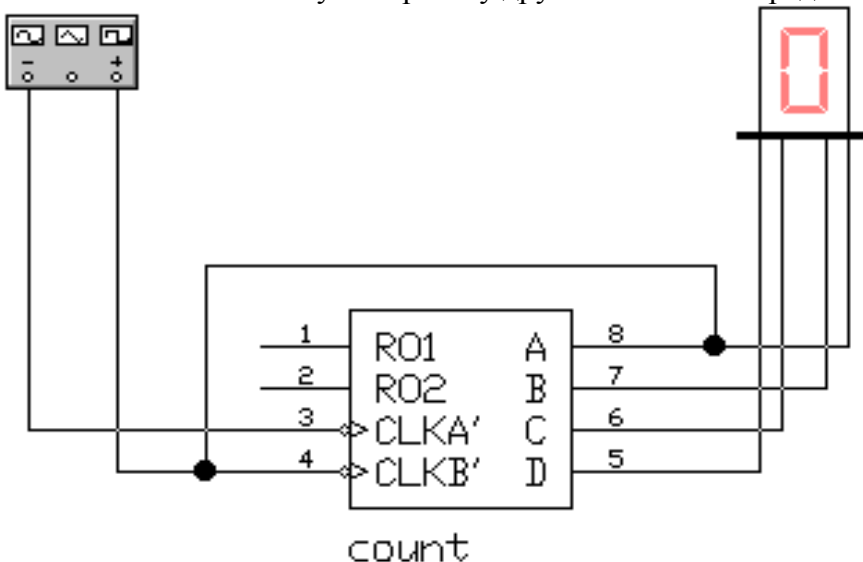


Рис. 8.4. Подсчет количества импульсов.

Генератор функций

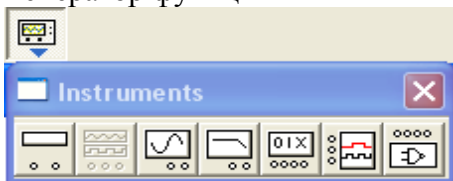
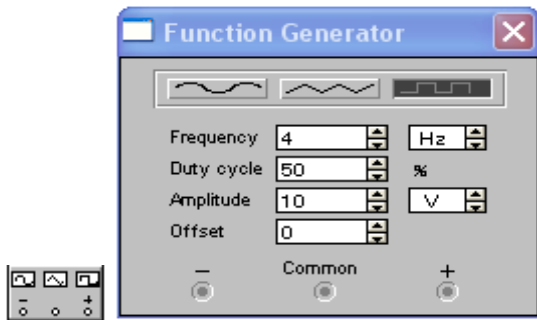


Рис. 8.5. Инструменты «Electronics Workbench».



а) условное обозначение; б) основное окно.
Рис. 8.6. Генератор функций.

Задание 3: Контрольные вопросы.

1. Что называется счетным триггером и для чего он необходим?
2. Как можно реализовать счетный триггер?
3. Поясните принцип работы счетного триггера.
4. Приведите схему трехразрядного двоичного счетчика импульсов.
5. Поясните принцип работы трехразрядного двоичного счетчика импульсов.
6. Для чего необходим генератор функций?

8. Критерии оценки

Критерии оценки составления документов, решения ситуационной задачи

Оценка «5» - студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, правильно и аккуратно заполнены все строки документа.

Оценка «4»- студент ясно изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, но допущены неточности в заполнении документа.

Оценка «3» - студент изложил условие задачи, обосновал выбор формы документа, документы заполнены не полностью с ошибками

Оценка «2» - студент не уяснил условие задачи, не обосновал выбор формы документа, документ заполнен с грубыми ошибками.

9. Форма отчета: выполнение заданий на ПК в Electronics Workbench и MS Word.

10. Место проведения самоподготовки: компьютерный класс.