

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы  
при изучении дисциплины (модуля)**

<b>Дисциплина</b>	<b>Б1.О.16 Электроника</b> <small>код и наименование дисциплины</small>
<b>Специальность</b>	<b>11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы</b> <small>код и наименование специальности</small>
<b>Специализация</b>	<b>Радиоэлектронные системы передачи информации</b> <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
<b>Разработчик</b>	<b>Гурин А.В., доцент</b> <small>ФИО, должность, уч. степень, уч. звание</small>

Мурманск  
2019

Составитель – Гурин Алексей Валентинович, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования 19 ноября 2019 г., протокол № 8.

## Оглавление

Введение.....	5
Тематический план.....	6
Литература.....	7
Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины....	8

## **Введение**

**Целью дисциплины** «Электроника» является формирование компетенций в соответствии с ФГОС по направлению подготовки специалиста и учебным планом для направления подготовки/ специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

Развитие радиоэлектроники, совершенствование технологических процессов и автоматизация производства требуют от современного радиоинженера ясного понимания физической сущности явлений и химических процессов, протекающих в электрорадиоматериалах; а также глубокого знания их свойств.

Известно, что функциональные характеристики, стойкие к внешним воздействиям проектируемой радиоаппаратуры, во многом определяются свойствами использованных в ней материалов. Многие направления радиоэлектроники сформировались с появлением новых материалов или новых принципов использования известных материалов. К их числу относятся: микроэлектроника, функциональная электроника, магнитоэлектроника, оптоэлектроника и целый ряд других

**Задачей** данной дисциплины, являющейся базовой дисциплиной специального курса, ставится изучение: физических принципов действия, характеристик, моделей и особенностей использования в радиотехнических цепях основных типов активных приборов, принципов построения и основ технологии микронных цепей, механизмов влияния условий эксплуатации на работу активных приборов и микронных цепей. При изучении этой дисциплины закладываются основы знаний, позволяющих умело использовать современную элементную базу радиоэлектроники и понимать тенденции и перспективы ее развития и практического использования; приобретаются навыки расчета режимов активных приборов в электронных цепях, экспериментального исследования их характеристик, измерения параметров и построения базовых ячеек электронных цепей, содержащих такие приборы.

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.

- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной,

патентной, статистической, периодической и научной информации;

- подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;

- участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.

- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

## **Тематический план**

1. Основные положения теории линейных электрических цепей. Физические основы электроники. Свойства полупроводниковых материалов.
2. Характеристики р-n перехода. Полупроводниковые диоды.
3. Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели.
4. Полевые транзисторы: характеристики, параметры, модели.
5. Фотоэлектрические и излучательные приборы.
6. Генераторы сигналов.
7. Основные цифровые элементы и узлы электронной аппаратуры.

## Литература

### Основная

1. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника. Учебник для вузов. –М.: Энергоатомиздат. 1988. –320 с
2. Штумпф Э.П. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника: Учебник.–СПб: Судостроение, 1993. -352
3. Калякин А.И. Схемотехника электронных устройств автоматики Под ред. А.С. Ключева. М.: Фирма "Испо-Сервис" 2000.-248 с.
4. Татьянченко Ю.Г. Полупроводниковые приборы.–Мурманск, МВИВУ, 1989
5. Татьянченко Ю.Г. Усилители постоянного тока.–Мурманск, МВИВУ, 1990
6. Изъюрова Г.И. и др. Расчет электронных схем. –М.: Высшая школа. 1987
7. Электроника : учеб. пособие для вузов / Гусев, В. Г. М. : Высш. шк. 1991, 617 с., ил.
8. Основы электроники : учеб. Пособие для вузов / Жеребцов И.П. – 5-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1989. - 352 с.: ил.
9. Электроника и силовая преобразовательная техника : учеб. пособие для вузов. Ч. 1. Электроника и схемотехника / Безгачин, Н. И. М-во сел. хоз-ва, Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : МГТУ 2006
10. Электроника и микропроцессорная техника : учеб. пособие. Ч. 1. Электронные элементы и физические основы их работы / Наумкина, Л. Г. Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образ. ; Моск. гос. горный ун-т. - М. 1994
11. Электроника и микропроцессорная техника : учеб. пособие. Ч. 2. Цифровые и аналоговые интегральные схемы / Наумкина, Л. Г. Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образ. ; Моск. гос. горный ун-т. - М. 1995
12. Электроника и микропроцессорная техника : учеб. пособие. Ч. 3.



Усилители и функциональные генераторы / Наумкина, Л. Г. Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образ. ; Моск. гос. горный ун-т. - М. 1995

13. Электроника : Полный курс лекций / Прянишников, В. А. СПб. : Учитель и ученик : Корона принт 2003

14. Харченко В.М. Основы электроники: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Энергоиздат, 1982. – 352 с., ил.

## Введение

### **Раздел 1. Основные положения теории линейных электрических цепей. Физические основы электроники. Свойства полупроводниковых материалов.**

*В результате изучения данной темы студент должен знать:* Закон Ома. Законы Кирхгофа. Теорема об эквивалентном преобразовании источников. Понятие емкости, индуктивности, связь тока и напряжения на емкости и индуктивности. Переменный ток, цепи переменного тока. Обобщенный закон Ома. Какие материалы относятся к полупроводникам. Физические свойства полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники.

*В результате изучения данной темы студент должен уметь:* выполнять расчет линейных цепей, вычислять проводимость как собственных, так и примесных полупроводников при различных температурах.

*Рекомендуемая по данной теме литература:* [8] с. 19 – 37, [7] с. 8 – 78.

*Вопросы и задачи для самопроверки по данной теме:*

1. Дайте определение активного сопротивления
2. Дайте определение реактивного сопротивления
3. Сформулируйте законы Ома и Кирхгофа
4. Какие параметры переменного тока вы знаете? Построение векторной диаграммы токов и напряжений.
5. Дайте определение полупроводникового материала.
6. Каков механизм проводимости полупроводников?
7. Каковы свойства примесных полупроводников, чем обусловлена их проводимость.

## **Раздел 2. Характеристики р-п перехода. Полупроводниковые диоды.**

*В результате изучения данной темы студент должен знать:* Разновидности электрических переходов и методы их создания. р-п переход: высота и ширина потенциального барьера в равновесном состоянии, неравновесное состояние, механизм протекания тока, вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного диода, емкость перехода. ВАХ реального р-п диода: токи генерации-рекомбинации, сопротивление базы, пробой. Модели полупроводникового диода и условия их применимости при анализе электрических цепей, содержащих диоды. Выпрямляющий переход металл-полупроводник: физические процессы, ВАХ, особенности модели. Гетеропереходы. Разновидности полупроводниковых диодов: выпрямительные, импульсные, варикапы, стабилитроны, обращенные, туннельные и т.д. Особенности конструкций, параметров, характеристик и моделей. Влияние внешних условий на характеристики и параметры диодов. Переходные процессы в диодно-резисторной цепи при скачках токов и напряжений

*В результате изучения данной темы студент должен уметь* выбирать тип полупроводникового диода исходя из его назначения. Пользоваться справочными данными. Проводить исследования диодов, включающие экспериментальное определение ВАХ диода, температурных зависимостей и вычислять рабочие параметры диода. Составлять и рассчитывать простые схемы с использованием диодов.

*Рекомендуемая по данной теме литература:* [7] 79 – 90, [8] 38 – 58

*Вопросы и задачи для самопроверки по данной теме:*

1. Какова структура р-п перехода.
2. Какие токи текут в р-п переходе? Каким образом поддерживается электронейтральность?

3. Опишите физические процессы в р-n переходе при подключении к нему напряжения в прямом направлении.
4. Опишите физические процессы в р-n переходе при подключении к нему напряжения в обратном направлении.
5. Какими параметрами описывается диод.
6. Как работает стабилитрон. Схема включения.
7. Как работает диод Ганна. Схема включения.

### **Раздел 3. Биполярные транзисторы: характеристики, параметры, модели.**

*В результате изучения данной темы студент должен знать:* Структура и принцип действия биполярного транзистора (БТ). Режимы работы. Схемы включения. Коэффициенты передачи токов в статическом режиме. Модель Эберса-Молла. Статические характеристики БТ. Влияние сопротивления базы и зависимости ширины базы от коллекторного напряжения на форму статических характеристик БТ. Влияние температуры и радиации на характеристики и параметры БТ.

Малосигнальные высокочастотные линейные модели БТ: физические (П-образные и Т-образные) и в виде активных четырехполюсников. Их параметры и связь с данными, приводимыми в справочниках, граничные частоты. Работа БТ в ключевом режиме. Переходные процессы. Импульсные параметры. Конструктивно-технологические разновидности дискретных транзисторов. Особенности структур и моделей БТ в микроэлектронных цепях. Составные транзисторы. Особенности моделей интегральных БТ. Особенности структур и характеристик БТ с гетеропереходами. Источники собственных шумов в БТ и их описание.

*В результате изучения данной темы студент должен уметь* выбирать тип биполярного транзистора исходя из его назначения.

Пользоваться справочными данными. Проводить исследования биполярных транзисторов, включающие экспериментальное определение его ВАХ, температурных зависимостей. Вычислять рабочие параметры транзистора, систему  $h$ -параметров, уметь учитывать температурные зависимости параметров. Составлять и рассчитывать простые схемы усилителей и ключевых элементов на биполярных транзисторах.

*Рекомендуемая по данной теме литература:* [7] 91 –119, [8] 59 – 113

*Вопросы и задачи для самопроверки по данной теме:*

1. Какова структура биполярного транзистора.
2. Опишите физические процессы в биполярном транзисторе при подключении к нему напряжения. Что изменится, если мы подадим ток на базу?
3. Какие параметры характеризуют БТ? На что необходимо обратить внимание при поиске необходимого БТ в справочнике?
4. Каким образом, исходя из известных ВАХ транзистора, выбрать рабочую точку и вычислить  $h$ -параметры?
5. Опишите работу транзистора в ключевом режиме.
6. Опишите работу транзистора в усилителях при включении транзистора с общим эмиттером, общим коллектором и общей базой.

#### **Раздел 4. Полевые транзисторы: характеристики, параметры, модели.**

*В результате изучения данной темы студент должен знать:*  
Классификация полевых транзисторов (ПТ). Устройство и принцип действия ПТ с управляющим р-п-переходом. Физические параметры (сопротивление канала, напряжение отсечки, крутизна) и их зависимости от температуры. ВАХ в схеме с общим истоком. Особенности ПТ с барьером Шотки.

Устройство и принцип действия МДП-транзисторов. Физические процессы

в МДП-структурах и физические параметры МДП-транзисторов. ВАХ и их зависимость от температуры. Модели МДП транзисторов и их сравнение с моделями ПТ с управляющими переходами. Определение параметров моделей по справочным данным.

Работа ПТ в ключевом режиме. Импульсные параметры.

Конструктивно-технологические разновидности ПТ. Особенности структур и параметров интегральных ПТ. Структуры на комплементарных МДП транзисторах. Структуры ПТ с управляющим р-n-переходом и с барьером Шотки. Биполярные и комплементарные МДП транзисторы на одном кристалле.

*В результате изучения данной темы студент должен уметь*

выбирать тип полевого транзистора исходя из его назначения. Пользоваться справочными данными. Проводить исследования полевых транзисторов, включающие экспериментальное определение его ВАХ, температурных зависимостей. Вычислять рабочие параметры транзистора, систему h- и y-параметров, уметь учитывать температурные зависимости этих параметров. Составлять и рассчитывать простые схемы усилителей и ключевых элементов на полевых транзисторах.

*Рекомендуемая по данной теме литература:* [7] 120 –147, [8] 114 – 122

*Вопросы и задачи для самопроверки по данной теме:*

1. Какова структура полевого транзистора с управляющим р-n переходом.
2. Какова структура полевого транзистора с изолированным затвором.
3. Опишите физические процессы в полевых транзисторах разных типов при подключении к нему напряжения. Что изменится, если мы подадим напряжение на затвор ?
4. Какие параметры характеризуют ПТ? На что необходимо обратить внимание при поиске необходимого ПТ в справочнике?

5. Каким образом, исходя из известных ВАХ транзистора, выбрать рабочую точку и вычислить  $h$  и  $u$ -параметры?
6. Опишите работу транзистора в ключевом режиме.
7. Опишите работу транзистора в усилителях при включении транзистора с общим стоком и общим истоком.
8. Каким образом строятся интегральные микросхемы?

## **Раздел 5. Фотоэлектрические и излучательные приборы.**

*В результате изучения данной темы студент должен знать:*

Излучательная рекомбинация и генерация носителей заряда под действием излучения. Фотосопротивления. Фотодиоды. Фототранзисторы. Светодиоды. Вынужденное излучение. Суперлюминесцентные диоды.

*В результате изучения данной темы студент должен уметь*

использовать фотоэлементы, светоизлучательные полупроводниковые элементы и оптопары в разрабатываемых устройствах. Пользоваться справочными данными при расчете схем, содержащих фотоэлементы, светоизлучательные элементы либо оптопары. Оценивать характеристики таких схем. Знать к каким изменениям параметров схемы приведет изменение температуры и других параметров окружающей среды.

*Рекомендуемая по данной теме литература:* [7] 148 – 214, [8] 186 – 197

*Вопросы и задачи для самопроверки по данной теме:*

1. Полупроводниковый фотоэлемент. Принцип работы, основные характеристики, справочные данные.
2. Полупроводниковый светоизлучательный элемент. Принцип работы, основные характеристики, справочные данные.
3. Применение фото- и свето- диодов, фототранзисторов.

4. Оптопара. Устройство, применение, параметры.

## **Раздел 6. Генераторы сигналов.**

*В результате изучения данной темы студент должен знать:* Генератор сигналов прямоугольной формы. Мультивибратор. Схема, принцип действия, временные диаграммы. Регулирование частоты и скважности. Методы расчета. Симметричный мультивибратор на ОУ. Ждущий мультивибратор (одновибратор). ГЛИН (пилообразный и треугольный импульсы). Магнитно-транзисторный генератор (блокинг-генератор).

*В результате изучения данной темы студент должен уметь*  
Производить расчет принципиальных схем релаксационных генераторов, удовлетворяющих заданным параметрам.

*Рекомендуемая по данной теме литература:* [9], [13], [14] с. 176 – 219

*Вопросы и задачи для самопроверки по данной теме:*

1. Объясните условия возбуждения и поддержания электрических колебаний в генераторах.
2. Охарактеризуйте целесообразность применения отдельных вариантов схем автогенераторов.
3. Чем отличаются схемы симметричного мультивибратора, ждущего мультивибратора и мультивибратора в режиме синхронизации?
4. Приведите графики и формулы заряда и разряда конденсаторов в мультивибраторе.
5. Напишите одну из формул, по которой определяется частота колебаний, вырабатываемых RC-генераторов.

## **7. Основные цифровые элементы и узлы электронной аппаратуры.**



*В результате изучения данной темы студент должен знать:* Цифровые логические элементы. Логические и цифровые устройства. Логические функции. Логический базис. Его реализация. Элементы и узлы комбинационной и последовательной логики. Асинхронные и синхронные триггеры. Статический асинхронный RS-триггер. Принцип работы, таблица истинности. Временные диаграммы. Тактируемый синхронный RS-триггер. JK-триггеры: реализация, таблица истинности, временные диаграммы. Асинхронный JK на основе RS. Тактируемый JK. D- триггер. Счетный T-триггер.

Серийные интегральные микросхемы. Реализация основных логических функций. Диодные логические элементы. Типы логик: НСТЛ, РТЛ, РЕТЛ, ДТД, ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, И<sup>2</sup>Л, МОПТЛ, КМОПТЛ. Схемы, принцип работы. Специальные логические элементы. Параметры ИМС: статические и динамические. Обозначение ИМС. Сравнительные характеристики различных логик.

Типовые узлы цифровых устройств. Комбинационные интегральные микросхемы. Регистры (параллельный и последовательный, универсальный). Счетчики импульсов. Двоичный счетчик. Суммирующий счетчик. Вычитающий счетчик. Реверсивный счетчик. Синхронный параллельный счетчик. Счетчик с произвольным модулем счета. Счетчик с предустановкой. Сложные комбинационные схемы: преобразователи кодов (шифраторы и дешифраторы), мультиплексоры, демультиплексоры.

Основные устройства вычислительной техники. Понятие о процессоре (микропроцессоре), устройствах памяти (ОЗУ, ПЗУ, ВЗУ, СОЗУ), устройствах ввода и вывода информации. Классификация полупроводниковых запоминающих устройств. ОЗУ: структурная схема, двухкоординатная выборка. Структура БИС ОЗУ. ПЗУ: способы записи информации, однократно и многократно программируемые.

Перепрограммируемые РПЗУ, ЛИЗМОП-технология. Флэш-память.

Топология микросхем памяти.

*В результате изучения данной темы студент должен уметь*

Пользоваться справочной литературой по ИМС при разработке цифровых схем, выбирать необходимую микросхему исходя из требований, предъявляемых к устройству.

*Рекомендуемая по данной теме литература:* [7],с 534 – 608, [8]с 143 - 163, [14] с.251 – 310

*Вопросы и задачи для самопроверки по данной теме:*

1. Что называется интегральной микросхемой (ИМС)? Назовите типы ИМС по технологическому признаку. Какие ИМС относятся к цифровым и аналоговым?
2. Расскажите об устройстве полупроводниковой ИМС и способах ее изготовления.
3. Приведите примеры пленочных ИМС; отметьте особенности тонкопленочных и толстопленочных ИМС
4. Какие ИМС называются гибридными? Отметьте их особенности.
5. Что вы знаете об активных элементах ИМС? Какая разница между терминами «элемент» и «компонент»? Приведите примеры изготовления элементов и способов их изоляции и взаимосоединений.
6. Как изготавливают пассивные элементы ИМС? Отметьте способы реализации, например, диода из транзисторной структуры.
7. Расскажите о разновидностях логических ИМС, что собой представляют РТЛ, ДТЛ, ТТЛ и ПТТЛ-элементы? (иллюстрируете рисунками).
8. Чем отличаются между собой различные виды триггеров? Нарисуйте схему одного из них.
9. Назовите ИМС, входящие в группу аналоговых; объясните устройство и принцип действия одной из них.

