

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**В. В. Капустин**

## **ЭЛЕКТРОНИКА**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины  
для студентов бакалавриата по направлению  
подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника,  
профиль «Автоматизированные системы  
обработки информации и управления»

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 338

Рецензент:

кандидат технических наук,  
профессор кафедры цифровых систем и автоматики института  
цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет» В. А. Петрикин

**Капустин, В. В.**

Электроника: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, профиль «Автоматизированные системы обработки информации и управления» / **В. В. Капустин.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 23 с.

В учебно-методическом пособии приведен тематический план по дисциплине и даны методические указания по её самостоятельному изучению, подготовке к лабораторным занятиям, подготовке и сдаче зачёта.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями утвержденной рабочей программы общепрофессионального модуля 09.03.01 Информатика и вычислительная техника.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой цифровых систем и автоматики 29 сентября 2022 г., протокол № 2

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к использованию в качестве локального электронного методического материала в учебном процессе методической комиссией института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 29 сентября 2022 г., протокол № 7

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Калининградский  
государственный технический  
университет», 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Введение .....	4
2.	Тематический план .....	5
3.	Содержание дисциплины и указания к изучению .....	9
3.1.	Раздел 1. Полупроводниковые диоды .....	9
Тема 1.1	Полупроводники. Основные понятия и определения .....	9
Тема 1.2	Процессы в p-n-переходе. Основные электрические характеристики диодов .....	9
Тема 1.3.	Выпрямительные и импульсные диоды. Схемотехника. ....	10
Тема 1.4.	Стабилитроны и стабилосторы .....	11
Тема 1.5.	Варикапы .....	11
Тема 1.6	Туннельные диоды, диносторы и тиристоры .....	12
3.2.	Раздел 2. Биполярные транзисторы .....	13
Тема 2.1	Структуры и конструкции дискретных транзисторов .....	13
Тема 2.2	Режимы работы транзистора .....	13
Тема 2.3	Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. ....	14
3.3.	Раздел 3. Полевые транзисторы .....	15
Тема 3.1	Структуры и конструкции полевых транзисторов .....	15
Тема 3.2	Электрические характеристики полевых транзисторов .....	15
3.4.	Раздел 4. Операционные усилители .....	16
Тема 4.1	Операционные усилители .....	16
Тема 4.2	Схемы включения ОУ .....	17
Тема 4.3	Схемы включения ОУ. Схемотехника .....	17
3.5.	Раздел 5. Импульсные и цифровые устройства .....	18
Тема 5.1	Схемотехника цифровых и импульсных устройств .....	18
4.	Методические указания по выполнению самостоятельной работы .....	19
5.	ТРЕБОВАНИЯ К АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	19
5.1.	Текущая аттестация .....	19
5.2.	Условия получения положительной оценки .....	19
5.3.	Примерные вопросы для промежуточной аттестации по дисциплине .....	20
6.	Заключение .....	22
7.	Литература .....	23

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, изучающих дисциплину «Электроника».

**Цель** освоения дисциплины:

В результате освоения дисциплины ожидается, что у студентов будут сформированы знания и навыки в области физики процессов в полупроводниках, особенностей построения полупроводниковых приборов и схем аналоговой и цифровой электроники.

Для успешного освоения дисциплины, в соответствии с учебным планом, ей предшествуют дисциплины: физика, электротехника.

В результате освоения дисциплины студенты должны:

**знать:** физические основы элементной базы компьютерной техники и средств передачи информации;

- иметь представление о структурах, принципах построения, областях применения и методах расчета основных электронных схем аналогового и цифрового действия;

**уметь:** анализировать физические процессы, происходящие в электронных приборах и схемах, моделировать физические процессы, происходящие в электронных приборах и схемах;

**владеть:** способностями решения творческих, исследовательских задач за счет самостоятельного изучения и проработки технической литературы, анализа и синтеза электронных схем с учетом их назначения, требуемых характеристик и параметров, экспериментального исследования разработанных электронных схем

Далее в пособии представлен тематический план, содержащий перечень изучаемых тем, обязательных лабораторных работ, мероприятий текущей аттестации и отводимое на них аудиторное время (в соответствии с расписанием) и самостоятельную работу. При формировании личного образовательного плана на семестр следует оценивать рекомендуемое время на изучение дисциплины, возможно, вам потребуется больше времени на выполнение отдельных заданий или проработку отдельных тем.

В разделе Содержание дисциплины приведены подробные сведения об изучаемых вопросах, по которым вы можете ориентироваться в случае пропуска каких-то занятий, а также методические рекомендации преподавателя для самостоятельной подготовки, каждая тема имеет ссылки на литературу (или иные информационные ресурсы), а также контрольные вопросы для самопроверки.

Раздел «Текущая аттестация» содержит описание обязательных мероприятий контроля самостоятельной работы и усвоения разделов или отдельных тем дисциплины. Далее изложены требования к завершающей аттестации – зачету.

Помимо данного пособия, студентам следует использовать материалы, размещенные в соответствующем данной дисциплине разделу ЭИОС, в которые более оперативно вносятся изменения для адаптации дисциплины под конкретную группу.

При выполнении лабораторных работ может быть использовано программное обеспечение - программа MicroCap 9.0 5.0 Evaluation version, или иная, также являющаяся свободно распространяемой демоверсией профессиональной программы машинного моделирования электронных схем, установленная в компьютерных классах университета. При желании студент может выполнять лабораторные работы дома, в этом случае можно использовать любую иную программу машинного моделирования электронных схем, распространяемую по открытой лицензии.

## 2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (ЗЕТ), т.е. 108 академических часов контактной (лекционных и лабораторных занятий) и самостоятельной учебной работы студента, в т.ч. связанной с текущей и промежуточной (заключительной) аттестацией по дисциплине.

Распределение трудоемкости освоения дисциплины по семестрам ОП, темам и видам учебной работы студента приведено ниже:

Формы аттестации по дисциплине:

- очная форма, четвёртый семестр – дифференцированный зачет.

Номер и наименование темы, вид учебной работы	Объем учебной работы, ч					
	Контактная работа				СРС	Всего
	Лек	Лаб	РЭ	КА		
<b>Семестры – 4 , трудоемкость – 3 ЗЕТ (108 ч)</b>						
1. Полупроводниковые диоды	12	4	0,4	-	9	25,4
2. Биполярные транзисторы	6	8	0,4	-	9	20,4
3. Полевые транзисторы	4	12	0,4	-	11	21,4
4. Операционные усилители	6	4	0,4	0,3	6	16,7
5. Импульсные и цифровые устройства	2	2	0,4	0,3	8,4	13,1
<b>Учебные занятия</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>0,6</b>	<b>45,4</b>	<b>108</b>
<b>Подготовка и аттестация в период сессии</b>	<b>Зачет</b>					<b>-</b>
Итого по дисциплине						<b>108</b>

Обозначения: Лек – лекционные занятия; Лаб - лабораторные занятия; РЭ – контактная работа с преподавателем в ЭИОС; КА – контактная работа, консультации, инд. занятия, практики и аттестации; СРС – самостоятельная работа студентов.

---

Раздел (модуль) дисциплины	Тема	Объём аудит. работы , ч	Объём самост. работы
Лекции			
Раздел 1.	Тема 1. Полупроводники. Основные понятия и определения. Линейная и нелинейная проводимость. Особенности полупроводников как объекта исследования. Физика полупроводников	2	1
1.1. Полупроводниковые диоды	Тема 2. Процессы в р-п-переходе. Основные электрические характеристики диодов. Классификация диодов по назначению. Выпрямительные и импульсные диоды. Классификация по электрическим и частотным характеристикам	2	1
1.2.	Тема 3. Выпрямительные и импульсные диоды. Схемотехника. Ключи и коммутаторы. Примеры использования диодов в аналоговых и цифровых узлах электронных устройств. Расчёт схем.	2	1
1.3.	Тема 4. Стабилитроны и стабисторы. Примеры использования стабилитронов и стабисторов в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств. Расчёт схем со стабилитронами и стабисторами.	2	1
1.4.	Тема 5. Варикапы. Основные электрические характеристики. Использование варикапов в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств. Фильтры, генераторы.	2	1
1.5.	Тема 6. Туннельные диоды, диносторы и тиристоры. Основные электрические характеристики. Использование диодов с участком отрицательного сопротивления ВАХ в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств.	2	1
1.6.	Тема 7. Структуры и конструкции дискретных транзисторов. Классификация и обозначения биполярных транзисторов. Основные параметры биполярных транзисторов. Схемы включения и их характеристики.	2	1
Раздел 2.	Тема 8. Режимы работы транзистора. Режимы работы транзистора в схеме с	2	1
2.1. Биполярные транзисторы			

2.2.	общим эмиттером. Задание положения рабочей точки при работе в различных режимах усиления. Расчёт.		
2.3.	Тема 9. Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. Составные транзисторы. Дифференциальный усилитель. Двухтактный выходной каскад. Стабилизатор тока. Триггер Шмитта. Мультивибратор. Примеры использования. Основы расчёта.	2	1
3.1.	Раздел 3. Полевые транзисторы Тема 10. Структуры и конструкции полевых транзисторов. Классификация и обозначения. Основные параметры полевых транзисторов. Схемы включения и их характеристики. Режимы работы полевых транзисторов. Особенности использования МОП транзисторов	2	1
3.2.	Тема 11. Электрические характеристики полевых транзисторов. Разновидности полевых транзисторов. Силовые МОП транзисторы. Биполярные транзисторы с изолированным затвором. Комплементарные МОП структуры цифровых схем. Транзисторы с плавающим затвором. МНОП транзисторы. Транзисторные структуры ПЗУ и динамической памяти ЭВМ.	2	1
4.1.	Раздел 4. Операционные усилители Тема 12. Операционный усилитель. Обозначения и характеристики. Схемотехника ОУ. Классификация, номенклатура, система обозначений и характеристики ОУ.	2	1
4.2.	Тема 13. Схемы включения ОУ. Схемотехника. Инвертирующее включение. Неинвертирующее включение. Дифференциальное включение. Сумматоры сигналов	2	1
4.3.	Тема 14. Схемы включения ОУ. Схемотехника. Использование ОУ в составе АВМ. Интегратор. Дифференцирование сигналов. Компараторы. АЦП и ЦАП.	2	1
5.1.	Раздел 5. Импульсные и цифровые устройства Тема 15. Схемотехника цифровых и импульсных устройств. Формирователи сигналов. Генераторы. Логические элементы. Комбинационные устройства.	2	1
		<b>30</b>	<b>15</b>

---

### Лабораторные занятия

Раздел 1.				
1.1.	Полупроводниковые диоды	Лабораторная работа №1. Полупроводниковые диоды	4	3
Раздел 2.				
2.1.	Биполярные транзисторы	Лабораторная работа №2. Биполярные транзисторы	4	4
2.2.		Лабораторная работа №3. Транзистор Дарлингтона	4	3
Раздел 3. Полевые транзисторы				
3.1.		Лабораторная работа №4. Полевые транзисторы	4	3
3.2.		Лабораторная работа №5. Расчет усилителей на постоянном токе	4	4
3.3.		Лабораторная работа №6. Расчет RC-усилителей	4	3
Раздел 4.				
4.1.	Операционные усилители	Лабораторная работа №7. Операционные усилители	4	3
Раздел 5.				
5.1.	Импульсные и цифровые устройства	Лабораторная работа №8. Интегральные логические элементы	2	3
			<b>30</b>	<b>26</b>

### Рубежный (текущий) и итоговый контроль

	Итоговый контроль (дифференцированный зачёт)	3	4,4
	<b>Всего</b>	<b>60</b>	<b>45,4</b>

---



### 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ

#### 3.1. Раздел 1. Полупроводниковые диоды

##### 1. Тема 1.1 Полупроводники. Основные понятия и определения

*Перечень изучаемых вопросов:*

Полупроводники. Основные понятия и определения. Линейная и нелинейная проводимость. Особенности полупроводников как объекта исследования. Физика полупроводников

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на определения используемую терминологию и базовые понятия. Изучить особенности полупроводников как объекта исследования.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно выполнять лабораторную работу № 1 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Водовозов, А.М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Водовозов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 140 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»). Стр. 4-10

*Контрольные вопросы:*

1. Что называется вольтамперной характеристикой диода?
2. Какое явление называется рекомбинацией пар носителей?
3. Какой полупроводник называется собственным?
4. Какое подключение внешнего источника называется прямым?
5. Поясните физические процессы, протекающие в прямо смещенном р-п переходе

##### 2. Тема 1.2 Процессы в р-п-переходе. Основные электрические характеристики диодов.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Процессы в р-п-переходе. Основные электрические характеристики диодов. Классификация диодов по назначению. Выпрямительные и импульсные диоды. Классификация по электрическим и частотным характеристикам.

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на электрические характеристики диодов и их классификацию.

Объём самостоятельной работы – 1 ч. В рамках самостоятельной работы ознакомиться с характеристиками выпрямительных и импульсных диодов.

Одновременно с изучением темы можно продолжить выполнять лабораторную работу № 1 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Водовозов, А.М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Водовозов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 140 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»). Стр. 4-10

*Контрольные вопросы:*

1. Каковы основные допущения модели идеального p-n-перехода? Укажите этапы анализа работы p-n-перехода, где они конкретно используются.
2. Какими зарядами формируется область пространственного заряда (ОПЗ)? А перехода?
3. Каковы условия равновесного состояния p-n-перехода?
4. Каковы физические условия состояния диффузионно-дрейфового равновесия?

3. Тема 1.3. Выпрямительные и импульсные диоды. Схемотехника.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Выпрямительные и импульсные диоды. Схемотехника. Ключи и коммутаторы. Примеры использования диодов в аналоговых и цифровых узлах электронных устройств. Расчёт схем.

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимания на примеры использования диодов в аналоговых и цифровых узлах электронных устройств.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно приступить к выполнению лабораторной работы № 2 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Водовозов, А.М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Водовозов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 140 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»). Стр. 11-16

*Контрольные вопросы:*

1. Какое подключение внешнего источника называется прямым?
2. Какие из режимов работы диода имеют практическое применение? В каких видах диодов?
3. Приведите эквивалентные схемы полупроводникового диода для различных частот рабочего напряжения и поясните влияние емкостей перехода на его работу?
4. Какое влияние на режимы работы диода оказывает температура?
5. Какое условно-графическое обозначение имеет полупроводниковый диод? Как по УГО определяются направления прямого и обратного токов?
6. Какой режим работы диода называется рабочим?
7. С какой целью и как строится линия нагрузки диода?
8. Перечислите основные типы полупроводниковых диодов.
9. Охарактеризуйте выпрямительный диод. В чем заключается вентильный эффект?

10. Перечислите достоинства кремниевых диодов.

#### 4. Тема 1.4. Стабилитроны и стабисторы

*Перечень изучаемых вопросов:*

Стабилитроны и стабисторы. Примеры использования стабилитронов и стабисторов в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств. Расчёт схем со стабилитронами и стабисторами

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на примеры использования стабилитронов и стабисторов в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно продолжить выполнение лабораторной работы № 2 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 80-88.

*Контрольные вопросы:*

1. Какие диоды называются плоскостными?
2. Какие диоды называются стабилитронами?
3. На каком участке ВАХ полупроводникового диода работает стабилитрон? Почему?
4. Чем объясняется сравнительно высокое значение напряжения теплового пробоя стабилитрона?
5. Приведите условно-графическое обозначение стабилитрона.
6. Какими электрическими параметрами характеризуется стабилитрон?

#### 5. Тема 1.5. Варикапы.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Варикапы. Основные электрические характеристики. Использование варикапов в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств. Фильтры, генераторы.

*Методические указания к изучению:*

Использование варикапов в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно приступить к выполнению лабораторной работы № 3 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 88-94

*Контрольные вопросы:*

1. Какой диод называется варикапом?
  2. Приведите условно-графическое обозначение варикапа.
  3. Какими электрическими параметрами характеризуется варикап?
  4. Какими видами емкости характеризуется р-п переход?
  5. Чем объясняется возникновение барьерной емкости, от чего зависит ее значение?
  6. Каков порядок барьерной емкости диодов?
  7. Чем объясняется возникновение диффузионной емкости, от чего зависит ее значение?
- 6.
7. Тема 1.6 Туннельные диоды, динисторы и тиристоры.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Туннельные диоды, динисторы и тиристоры. Основные электрические характеристики. Использование диодов с участком отрицательного сопротивления ВАХ в аналоговых и импульсных узлах электронных устройств.

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на использование диодов с участком отрицательного сопротивления ВАХ в аналоговых и импульсных узлах.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно продолжить выполнение Лабораторной работы № 3 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 127-133.

*Контрольные вопросы:*

1. Поясните особенности и ВАХ туннельного диода.
2. Приведите условно-графическое обозначение и область применения туннельного диода.
3. Приведите определение тиристора.
4. Укажите области практического использования тиристоров
5. Перечислите и охарактеризуйте виды тиристоров
6. Поясните структуру, принцип действия, ВАХ динисторов.
7. Поясните структуру, принцип действия, ВАХ тринисторов.
8. Поясните структуру, принцип действия, ВАХ симисторов.
9. Какими техническими параметрами характеризуются тиристоры?

10. Поясните систему условных обозначений тиристорov.
11. Поясните систему обозначений (маркировку) тиристорov.

### 3.2. Раздел 2. Биполярные транзисторы

8. Тема 2.1 Структуры и конструкции дискретных транзисторov.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Структуры и конструкции дискретных транзисторov. Классификация и обозначения биполярных транзисторov. Основные параметры биполярных транзисторov. Схемы включения и их характеристики.

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на схемы включения транзисторov и их характеристики.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно приступить к выполнению лабораторной работы № 4 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 101-120

*Контрольные вопросы:*

1. Приведите определение БТ. Поясните структуру БТ.
2. Поясните принцип действия и физические процессы, протекающие в БТ в активном режиме.
3. Поясните характеристики БТ в схеме с ОЭ.
4. Поясните характеристики БТ в схеме с ОБ.
5. Поясните характеристики БТ в схеме с ОК.

9. Тема 2.2 Режимы работы транзистора

*Перечень изучаемых вопросов:*

Режимы работы транзистора в схеме с общим эмиттером. Задание положения рабочей точки при работе в различных режимах усиления. Расчёт..

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на различные способы задания положения рабочей точки при работе в различных режимах усиления.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно продолжить выполнение лабораторной работы № 4 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 101-120.

*Контрольные вопросы:*

1. Приведите физические модели БТ, характеристики.
  2. Приведите формализованную модель БТ.
  3. Поясните физический смысл  $h$  – параметров. По каким характеристикам БТ их возможно определить?
  4. Поясните влияние температуры на работу БТ.
  5. Поясните влияние емкостей переходов на усилительные свойства БТ.
- 10.
11. Тема 2.3 Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. Составные транзисторы. Дифференциальный усилитель. Двухтактный выходной каскад. Стабилизатор тока. Триггер Шмитта. Мультивибратор. Примеры использования. Основы расчёта.

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на специфические для биполярных транзисторов особенности схемотехники узлов и устройств.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно приступить к выполнению лабораторной работы № 5 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 101-120

*Контрольные вопросы:*

1. Приведите физические модели БТ, характеристики.
2. Приведите формализованную модель БТ.
3. Поясните физический смысл  $h$  – параметров. По каким характеристикам БТ их возможно определить?
4. Поясните влияние температуры на работу БТ.
5. Поясните влияние емкостей переходов на усилительные свойства БТ.
6. Приведите основные электрические, предельные параметры БТ, поясните их физический смысл.
7. Приведите классификацию БТ.
8. Поясните систему обозначений (маркировок) БТ
9. Поясните характеристики БТ в схеме с ОЭ.
10. Поясните характеристики БТ в схеме с ОБ.
11. Поясните характеристики БТ в схеме с ОК.

### 3.3. Раздел 3. Полевые транзисторы

#### 12. Тема 3.1 Структуры и конструкции полевых транзисторов..

*Перечень изучаемых вопросов:*

Структуры и конструкции полевых транзисторов. Классификация и обозначения. Основные параметры полевых транзисторов. Схемы включения и их характеристики. Режимы работы полевых транзисторов. Особенности использования МОП транзисторов.

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на схемы включения и их характеристики.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно продолжить выполнение Лабораторной работы № 5 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 134-141.

*Контрольные вопросы:*

1. Перечислите статические параметры полевых транзисторов.
2. Поясните физический смысл статических параметров ПТ и приведите соотношения для их определения.
3. Приведите методику определения статических характеристик по стоковым характеристикам ПТ.
4. Поясните устройство и принцип действия ПТ с управляющим р-п переходом в схеме с ОИ.
5. Приведите стоковые и стоко-затворные характеристики для ПТ с управляющим р-п переходом в схеме с ОИ.

#### 13. Тема 3.2 Электрические характеристики полевых транзисторов.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Электрические характеристики полевых транзисторов. Разновидности полевых транзисторов. Силовые МОП транзисторы. Биполярные транзисторы с изолированным затвором. Комплементарные МОП структуры цифровых схем. Транзисторы с плавающим затвором. МНОП транзисторы. Транзисторные структуры ПЗУ и динамической памяти ЭВМ

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на организацию транзисторных структур ПЗУ и динамической памяти ЭВМ.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно приступить к выполнению лабораторной работы № 6 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»). Стр. 141-147

*Контрольные вопросы:*

1. Поясните устройство и принцип действия полевого МДП-транзистора с встроенным каналом в схеме с ОИ.
2. Приведите стоковые и стоко-затворные характеристики полевого МДП-транзистора с встроенным каналом в схеме с ОИ.
3. Поясните устройство и принцип действия полевого МДП-транзистора с индуцированным каналом в схеме с ОИ.
4. Приведите стоковые и стоко-затворные характеристики полевого МДП-транзистора с индуцированным каналом в схеме с ОИ.

### **3.4.Раздел 4. Операционные усилители**

#### 14. Тема 4.1 Операционные усилители.

*Перечень изучаемых вопросов:*

Операционный усилитель. Обозначения и характеристики. Схемотехника ОУ. Классификация, номенклатура, система обозначений и характеристики ОУ.

*Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на классификацию, номенклатуру, систему обозначений  
Объем самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно продолжить выполнение лабораторной работы № 6 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

*Литература:*

[https://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?tutindex=36&index=1](https://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?tutindex=36&index=1) Операционные усилители. Электронный учебник по дисциплине: "Основы электроники". Глава 1 Операционные усилители и основные схемы на них

*Контрольные вопросы:*

1. Приведите два варианта определения операционного усилителя;
2. Приведите варианты условного обозначения операционного усилителя;
3. Приведите структурную схему ОУ;
4. Чем отличаются структурные схемы ОУ? Какие требования предъявляются к каскадам ОУ?
5. Приведите упрощенную схему ОУ;
6. Какие «исторические» периоды различают в развитии схемотехники ОУ и дайте им характеристику;
7. Приведите элементарную (упрощенную) схему входного каскада;



## 15. Тема 4.2 Схемы включения ОУ.

### *Перечень изучаемых вопросов:*

Схемы включения ОУ. Схемотехника. Инвертирующее включение. Неинвертирующее включение. Дифференциальное включение. Сумматоры сигналов.

### *Методические указания к изучению:*

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно приступить к выполнению лабораторной работы № 7 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии.

### *Литература:*

[https://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?tutindex=36&index=8](https://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?tutindex=36&index=8) Операционные усилители. Электронный учебник по дисциплине: "Основы электроники" Глава 2 Преобразователи сигналов на операционных усилителях

### *Контрольные вопросы:*

1. Приведите упрощенную типовую схему входного каскада ОУ первого поколения;
2. Приведите схему входного каскада ОУ второго поколения;
3. Приведите схему входного каскада ОУ третьего поколения;
4. Чем отличаются схемы промежуточных каскадов?
5. Какие требования предъявляются к выходным каскадам ОУ?
6. Приведите схему выходного каскада широкого применения;
7. Приведите схему выходного каскада широкого применения с защитой от короткого замыкания;
8. Приведите основные параметры ОУ;

## 16. Тема 4.3 Схемы включения ОУ. Схемотехника

### *Перечень изучаемых вопросов:*

Схемы включения ОУ. Схемотехника. Использование ОУ в составе АВМ. Интегратор. Дифференцирование сигналов. Компараторы. АЦП и ЦАП.

### *Методические указания к изучению:*

Обратить внимание на использование ОУ в составе АВМ.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно продолжить выполнение лабораторной работы № 7 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии

### *Литература:*

[https://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?tutindex=36&index=8](https://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?tutindex=36&index=8) Операционные усилители. Электронный учебник по дисциплине: "Основы электроники" Глава 2 Преобразователи сигналов на операционных усилителях

### *Контрольные вопросы:*

1. Как на основе операционного усилителя реализовать интегратор? Приведите осциллограммы и поясните принцип работы.
2. Как на основе операционного усилителя реализовать логарифмический усилитель? Приведите осциллограммы и поясните принцип работы.
3. Как на основе операционного усилителя реализовать инвертор? Приведите осциллограммы и поясните принцип работы.

4. Как на основе операционного усилителя реализовать компаратор? Приведите осциллограммы и поясните принцип работы.
5. Как на основе операционного усилителя реализовать сумматор? Приведите осциллограммы и поясните принцип работы.
6. Как на основе операционного усилителя реализовать фильтр нижних и верхних?. Приведите осциллограммы и поясните принцип работы.

### **3.5.Раздел 5. Импульсные и цифровые устройства**

#### 17. Тема 5.1 Схемотехника цифровых и импульсных устройств

##### *Перечень изучаемых вопросов:*

Схемотехника цифровых и импульсных устройств. Формирователи сигналов. Генераторы. Логические элементы. Комбинационные устройства

##### *Методические указания к изучению:*

Обратить особое внимание на схемотехнику комбинационных устройств.

Объём самостоятельной работы – 1 ч.

Одновременно с изучением темы можно приступить к выполнению лабораторной работы № 8 с использованием программы машинного моделирования электронных схем, распространяемой по открытой лицензии

##### *Литература:*

Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»).

##### *Контрольные вопросы:*

1. Какие импульсные устройства строят на полупроводниковых диодах и транзисторах?
2. Какие подходы используют при аппроксимации их вольт-амперных характеристик?
3. Какие типы ограничителей существуют и в чем их схемные отличия?
4. Для чего предназначены фиксаторы уровня?
5. На какие группы они делятся?
6. Опишите структуры схем фиксаторов вершины импульсов и начального уровня и принцип их работы.

#### 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине, а также работа в ЭИОС университета может проводиться, в том числе, в компьютерных классах ИЦТ.

Объем (трудоемкость освоения) и формы СРС

№	Вид (содержание) СРС	Форма контроля, аттестации	
		очная форма	
1	Освоение теоретического учебного материала (в т.ч. подготовка к лабораторным занятиям)	45,4	Текущий контроль: <ul style="list-style-type: none"><li>• контроль на лекциях;</li><li>• защита лабораторных работ</li></ul>
Итого		45,4	

#### 5. ТРЕБОВАНИЯ К АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 5.1. Текущая аттестация

В ходе изучения дисциплины студентам предстоит пройти следующие этапы текущей аттестации: защита лабораторных работ.

##### 5.2. Условия получения положительной оценки

Завершающим этапом изучения дисциплины является промежуточная аттестация, представляющая собой дифференцированный зачет.

Для оценивания знаний студентов используется традиционная зачетно-экзаменационная методика.

К зачёту допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы.

Оценка «отлично» выставляется студентам:

- имеющим не более 20 % пропущенных лекционных занятий;

- выполнившим и защитившим в срок все лабораторные работы, предусмотренные данным положением (получившим положительную оценку по результатам лабораторного практикума);

- проявлявшим должную активность в ходе устного опроса по темам дисциплины;

Оценка «хорошо» выставляется студентам:

- имеющим не более 30 % пропущенных лекционных занятий;

- выполнившим и защитившим все лабораторные работы, предусмотренные данным положением (получившим положительную оценку по результатам лабораторного практикума);

- имеющим положительную оценку («зачтено») по результатам устного опроса;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студентам:

- регулярно посещавшим лекционные занятия;

- выполнившим и защитившим все лабораторные работы, предусмотренные данным положением, с нарушением установленных сроков

- имеющим положительную оценку («зачтено»), но проявлявшим недостаточную активность в ходе устного опроса;

В случае отсутствия на более чем 30 % занятий, для получения оценки студент должен ответить на один из контрольных вопросов по дисциплине или успешно пройти тестирование (п. 5.3.).

Зачёт проводится устно. Для продумывания ответа и, возможно, подготовки письменных набросков ответа студенту дается 30 мин.

При оценивании ответа учитывается правильность и полнота ответа на вопросы.

Если замечаний нет, студент получает отличную оценку. Если ответ неполный, либо содержит неточности или небольшие ошибки (ориентировочно процент правильных ответов приведён далее в таблице), дальнейшая работа со студентом по промежуточной аттестации ведётся с учетом его активности в течение семестра, а также с учетом его посещаемости аудиторных занятий. При слабой активности и/или низкой посещаемости выставляется результирующая оценка – 3 или 4 в зависимости от качества ответа. Если студент работал в течение семестра хорошо, проводится его дополнительный устный опрос, позволяющий, возможно, повысить ему оценку. При низком качестве ответа знания студента оцениваются неудовлетворительно, и ему предлагается прийти на передачу зачёта. Оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно» в зависимости от процента полноты ответа) выставляется в соответствии с критериями, указанными в таблице:

Критерий	Система оценок			
	2	3	4	5
	0 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 100 %
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной системой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

### 5.3. Примерные вопросы для промежуточной аттестации по дисциплине

01. Вольт-амперная характеристика диода, основные электрические характеристики диода. Аналитическая модель прямой ветви ВАХ
02. Процессы в р-п-переходе при прямом и обратном напряжении
03. Выпрямительные и импульсные диоды. Назначение, классификация, характеристики.
04. Временные и частотные характеристики диодов. Особенности использования в качестве выпрямителей и демодуляторов.
05. Примеры использования и расчёт схем с выпрямительными и импульсными диодами.
06. Стабилитроны и стабилитроны. Назначение, классификация, характеристики.
07. Стабилитроны и стабилитроны. Прямая и обратная ветвь ВАХ. Расчёт рабочего режима.
08. Стабилитроны и стабилитроны. Примеры использования. Схемотехника узлов и устройств
09. Варикапы. Основные электрические и эксплуатационные параметры. Примеры использования.
10. Туннельные диоды. Физические процессы в туннельном диоде.

11. Туннельные диоды. Вольт-амперная характеристика. Параметры прямой ветви.
12. Туннельные диоды. Особенности и примеры использования.
13. Обращенные диоды. Прямая ветвь обращенного диода. Особенности и примеры использования.
14. Управляемые полупроводниковые диоды. Структура тиристоров. Параметры прямой ветви.
15. Разновидности тиристоров и их вольт-амперные характеристики.
16. Основные электрические характеристики тиристоров. Применение тиристоров/Схемотехника узлов и устройств.
17. Принцип работы, структура и электрические характеристики биполярных транзисторов.
18. Конструкции, классификация и обозначения дискретных биполярных транзисторов.
19. Математические модели транзистора. Расчёт рабочих режимов.
20. Режим работы с ОБ. Электрические процессы в биполярном транзисторе в схеме с ОБ.
21. Режим работы с ОЭ. Электрические процессы в биполярном транзисторе в схеме с ОЭ.
22. Режим работы с ОК. Электрические процессы в биполярном транзисторе в схеме с ОК.
23. Входные характеристики биполярного транзистора. Рабочий участок.
24. Выходные характеристики биполярного транзистора в схеме с ОЭ. Идеальная ВАХ
25. Выходные характеристики биполярного транзистора в схеме с ОЭ. Реальная ВАХ.
26. Основные электрические параметры биполярных транзисторов.
27. Работа транзистора в режиме линейного усиления. Расчёт.
28. Передаточная характеристика биполярного транзистора
29. Задание положения рабочей точки. Режим работы «А» однотактного усилителя
30. Задание положения рабочей точки. Режим работы «В» в двухтактном усилителе
31. Задание положения рабочей точки. Режим работы «С»
32. Эмиттерная стабилизация рабочей точки. Расчёт.
33. Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. Составные транзисторы. Их характеристики и применение.
34. Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. Параметрические стабилизаторы. Характеристики и расчёт.
35. Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. Дифференциальный усилитель. Характеристики и расчёт.
36. Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. Триггер Шмитта. Характеристики и расчёт.
37. Схемотехника узлов и устройств на биполярных транзисторах. Симметричный автоколебательный мультивибратор. Характеристики и расчёт.
38. Конструкция и принципы функционирования полевого транзистора с PN-переходом. Электрические характеристики.
39. Сток-затворные характеристики полевого транзистора с PN-переходом. Расчёт рабочих режимов на их основе.
40. Выходные характеристики полевого транзистора с PN-переходом. Расчёт рабочих режимов на их основе.
41. Схемы включения полевого транзистора с PN-переходом. Задание рабочих режимов.
42. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МОП). Особенности транзисторов с индуцированным каналом.

43. Сток-затворная характеристика транзисторов с индуцированным каналом. Задание рабочего режима.
44. Выходные характеристики МОП транзистора с индуцированным каналом. Режимы работы и их задание.
45. Полевые транзисторы с изолированным затвором (МОП). Особенности транзисторов со встроенным каналом.
46. Сток-затворная характеристика транзисторов со встроенным каналом. Задание рабочего режима.
47. Выходные характеристики МОП транзистора со встроенным каналом. Режимы работы и их задание.
48. Стандартные электрические Характеристики полевых транзисторов. Их практический смысл.
49. Силовые МОП транзисторы. Особенности конструкции, электрические характеристики. Выходная ВАХ.
50. Комплементарные МОП структуры. Особенности организации и применения структур. Примеры использования.
51. Транзисторы с плавающим затвором. Принцип работы. Особенности применения. Примеры использования.
52. МНОП транзисторы. Принципы работы. Особенности применения. Примеры использования.
53. Транзисторные структуры динамической памяти. Особенности организации и применения структур.

## **6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Освоение дисциплины «Электроника» является одним из важных шагов к формированию будущего специалиста в области вычислительной техники. Приобретенные в ходе изучения дисциплины знания, умения и навыки будут углубляться и совершенствоваться в процессе дальнейшего обучения и могут использоваться в профессиональной деятельности.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника [Электронный ресурс] : учебник / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - Москва : КноРус, 2018. - 798 с. (ЭБС «Book.ru»).
2. Водовозов, А.М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Водовозов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 140 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
3. Васькин, В.И. Схемотехника ЭВМ : учебное пособие / В. И. Васькин ; КГТУ. - Калининград : КГТУ, 2005. - 278 с.

### Дополнительная

1. Гусев, В.Г. Электроника и микропроцессорная техника : учеб. / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев ; авт. Гусев Ю.М. - 5-е изд., стереотип. - Москва : Высшая школа, 2008. - 798 с.
2. Кардашев, Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере. Electronics Workbench и Micro-Cap / Г. А. Кардашев. - Москва : Горячая линия-Телеком, 2003. - 311 с.
3. Марченко, А.Л. Основы электроники : учебное пособие / А. Л. Марченко ; рец. : А. Е. Краснопольский ; Ю. Е. Бабичев. - Москва : ДМК Пресс, 2013. - 296 с.
4. Основы электроники : учеб. пособие / И. Ф. Бородин [и др.]. - Москва : КолосС, 2009. - 207 с.
5. Суханова, Н.В. Основы электроники и цифровой схемотехники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Суханова ; Министерство образования и науки РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. - 97 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
6. Торгонский, Л.А. Проектирование центральных и периферийных устройств ЭВС [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.А. Торгонский, П.Н. Коваленко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Эль Контент, 2012. - Ч. II. Микропроцессорные ЭВС. - 176 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Локальный электронный методический материал

Владимир Вячеславович Капустин

## Электроника

Редактор Г. А. Смирнова

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,5

Издательство федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1