

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
ЭЛЕКТРОНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.23</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	4 семестр - 5; 5 семестр - 5; 6 семестр - 2; всего - 12
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	432 часа
<b>Лекции</b>	4 семестр - 48 часа; 5 семестр - 32 часа; всего - 80 часов
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	4 семестр - 16 часов; 5 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
<b>Консультации</b>	4 семестр - 2 часа; 5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 32 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	4 семестр - 113,5 часов; 5 семестр - 113,5 часов; 6 семестр - 39,7 часа; всего - 266,7 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	6 семестр - 39,7 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	6 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Лабораторная работа Контрольная работа Расчетно-графическая работа Коллоквиум	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	4 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;
Защита курсового проекта	6 семестр - 0,3 часа;
	всего - 1,3 часа

**Москва 2021**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Болдырева Т.И.
	Идентификатор	R474c6e1a-BoldyrevaTI-ea3724c4

(подпись)

Т.И. Болдырева

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

(подпись)

П.С. Остапенков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сафин А.Р.
	Идентификатор	Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814

(подпись)

А.Р. Сафин

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение физических принципов работы активных элементов радиоэлектроники, их моделей и особенностей использования в радиоэлектронных устройствах.

### Задачи дисциплины

- достижение понимания принципов работы активных компонентов, используемых в радиоэлектронных устройствах;
- приобретения навыков определения и нахождения информации об основных эксплуатационных характеристиках и параметрах активных компонентов;
- приобретение навыков построения и использования разных моделей пассивных и активных компонентов при синтезе и анализе базовых ячеек функциональных узлов радиоэлектронных устройств;
- приобретение навыков экспериментального исследования режимов полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата; - физические основы электропроводности.  уметь: - пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов.
ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	знать: - методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ.  уметь: - проводить расчет вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата.
ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	знать: - показатели качества.  уметь: - решать задачи анализа и расчета

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
приемы обработки и представления полученных данных		характеристик электронных цепей.
ОПК-4 способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-3 <sub>ОПК-4</sub> Разрабатывает проектную и конструкторско-технологическую документацию в соответствии с нормативными требованиями	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять принципиальные схемы по ГОСТУ.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные определения, топологические параметры и методы расчета электрических цепей, фундаментальные законы и математические модели цепей, методы расчета характеристик линейных цепей переменного тока и цепей с нелинейными элементами
- знать методы классификации материалов по их структуре и зависимость свойств материала от направления в кристалле на базе основных положений зонной теории твердого тела
- знать методы изготовления материалов электронной техники
- уметь проводить анализ и расчет линейных цепей переменного тока, анализ и расчет электрических цепей с нелинейными элементами
- уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин рассчитывать и экспериментально определять режимы и характеристики линейных цепей, использовать основные приемы обработки экспериментальных данных, давать качественную физическую трактовку полученным результатам
- уметь пользоваться методами решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования электрических цепей; основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.
- уметь использовать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования электрических цепей
- уметь использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Физические основы полупроводниковой электроники	24	4	12	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение теоретического материала по разделу Физические основы полупроводниковой электроники</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу Физические основы полупроводниковой электроники</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 12-31 [8], стр. 5-18</p>
1.1	Физические основы полупроводниковой электроники	24		12	-	-	-	-	-	-	-	12	-	
2	Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы	20		10	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
2.1	Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы	20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр.31-71 [8], стр.19-25</p>

3	Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.	20		6	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода." материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материалов по разделу Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 71-114 [4], стр. 9-12</p>
3.1	Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.	20		6	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
4	Биполярные транзисторы	38		8	8	-	-	-	-	-	-	22	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Биполярные транзисторы" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Биполярные транзисторы и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Биполярные транзисторы"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 115-158 [4], стр. 12-15 [6], стр. 9-27</p>
4.1	Биполярные транзисторы	38		8	8	-	-	-	-	-	-	22	-	

														[7], стр. 6-24
5	Полевые транзисторы	26		6	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Полевые транзисторы и подготовка к контрольной работе
5.1	Полевые транзисторы	26		6	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Полевые транзисторы" <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Полевые транзисторы" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 7-24 [4], стр. 22-27
6	Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры	16		6	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры"
6.1	Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры	16		6	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 450-508
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0		48	16	-	-	2	-	-	0.5	80	33.5	
	Итого за семестр	180.0		48	16	-	2	-	-	0.5		113.5		
7	Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.	3	5	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах." <b><u>Изучение материалов литературных</u></b>

7.1	Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.	3		1	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>источников:</u></b> [9], стр. 3-21
8	Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала	26		2	4	4	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Расчет параметров схемы простейшего источника питания. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу
8.1	Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала	26		2	4	4	-	-	-	-	16	-	"Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала" <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b>



															<p>Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: расчет постоянных токов и напряжений, коэффициента передачи малого сигнала и коэффициента стабилизации в стабилизаторов напряжений на прямой и обратной ветвях ВАХ диодов. Расчет цепи согласования уровней</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], стр. 5-20 [9], стр. 25-46</p>
9	Усилители в электронике. Основные характеристики и	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества." подготовка к</p>		

	показатели качества.																	
9.1	Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества.	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-					выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 6-10 [4], стр. 28, стр. 34, стр. 40
10	Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах	40	12	4	6	-	-	-	-	-	-	18	-					<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: расчет параметров стационарных режимов в усилителях с общим истоком на полевых транзисторах, влияние питающих напряжений, методы стабилизации положения рабочей точки, построение передаточной характеристики
10.1	Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах	40	12	4	6	-	-	-	-	-	-	18	-					<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Базовые

													<p>ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах"</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 26-84 [4], стр. 28-33</p>
11	Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах	60	12	8	6	-	-	-	-	-	34	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Расчет элементов схемы усилителей со стабилизацией положения рабочей точки на биполярном транзисторе</p>
11.1	Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах	60	12	8	6	-	-	-	-	-	34	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и</p>



12	Ключевые каскады и простейшие логические элементы	12		4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Ключевые каскады и простейшие логические элементы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 86-98 [6], стр. 157-176	
12.1	Ключевые каскады и простейшие логические элементы	12		4	-	-	-	-	-	-	8	-		
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-		33.5
	Всего за семестр	180.0		32	16	16	-	2	-	-	0.5	80		33.5
	Итого за семестр	180.0		32	16	16	2	-	-	0.5	113.5			
13	Расчет многокаскадного резистивного усилителя на средних частотах	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13.1	Выбор структурной схемы многокаскадного усилителя	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
14	Расчет амплитудно-частотной характеристики многокаскадного усилителя	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
14.1	Расчет верхних частот полос пропускания каждого каскада	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
15	Подготовка конструкторской документации	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
15.1	Обозначение по ГОСТу электронных компонентов в принципиальных электрических схемах	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Курсовой проект (КП)	72.0		-	-	-	28	-	4	-	0.3	39.7	-	

	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>		-	-	-	<b>28</b>	-	<b>4</b>	-	<b>0.3</b>	<b>39.7</b>	-	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>		-	-	-	<b>28</b>		<b>4</b>		<b>0.3</b>	<b>39.7</b>		
	<b>ИТОГО</b>	<b>432.0</b>	-	<b>80</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>32</b>		<b>4</b>		<b>1.3</b>	<b>266.7</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Физические основы полупроводниковой электроники

#### 1.1. Физические основы полупроводниковой электроники

Концентрация свободных носителей заряда в полупроводниках.. Энергетические диаграммы, влияние температуры.. Уравнение электронейтральности.. Дрейф и диффузия. Подвижность, коэффициент диффузии. Уравнения для токов дрейфа и диффузии.. Удельная проводимость полупроводника, зависимость от температуры.. Неравновесные носители заряда..

### 2. Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы

#### 2.1. Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы

Электронно-дырочный переход, область пространственного заряда, энергетическая диаграмма, контактная разность потенциалов. Транспортные потоки носителей заряда через p-n переход. Влияние приложенного напряжения. Инжекция и экстракция.. Вольт-амперная характеристика перехода, тепловой ток, зависимость от температуры и степени легирования областей.. Пробой перехода, виды пробоев.. Барьерная и диффузионная емкости.. Модели диодов для использования в компьютерных технологиях.

### 3. Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.

#### 3.1. Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.

Разновидности диодов. Диоды для выпрямления токов низкой и высокой частоты, стабилитроны, импульсные, варикапы, туннельные, смесительные, преобразовательные, генераторные.. Конструктивные особенности, основные характеристики и параметры. Схемы включения..

### 4. Биполярные транзисторы

#### 4.1. Биполярные транзисторы

Структура и принцип работы биполярного транзистора, основные режимы работы, схемы включения. Инжекция. Транспортные потоки носителей заряда, основные параметры.. Предельно допустимые режимы работы, особенности работы на высоких частотах и в импульсном режиме.. Модели для использования в компьютерных технологиях..

### 5. Полевые транзисторы

#### 5.1. Полевые транзисторы

Классификация транзисторов. Полевой транзистор с управляющим p-n переходом. Структура и принцип работы. Статические характеристики, влияние температуры.. Разновидности транзисторов: со встроенным каналом, с МОП – структурой.. Области использования, дифференциальные параметры, предельно-допустимые электрические режимы.. Статическая и динамические модели транзисторов для компьютерных технологий.

### 6. Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры

#### 6.1. Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры

Фотопроводимость полупроводников. Фотогальванический эффект в электронно-дырочном переходе. Основные виды фотоприемников – фоторезисторы, фотодиоды и фототранзисторы. Солнечные батареи. Излучающие диоды, оптроны, оптопары.

### 7. Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.

7.1. Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.

Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах..

### 8. Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала

8.1. Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала

Статические характеристики и модели п/п диодов. Идеальный и реальный п/п диоды.. Диодные стабилизаторы напряжения. Назначение и основные характеристики стабилизатора напряжения. Стабилизатор напряжения на прямой ветви ВАХ п/п диода.. Преобразование малых изменений входного напряжения на выход диодного стабилизатора напряжения. Малосигнальная эквивалентная схема диодного стабилизатора напряжения. Стабилизатор напряжения на обратной ветви ВАХ п/п диода.. Цепи согласования уровней постоянных напряжений в смежных каскадах. Выпрямители переменного напряжения и амплитудные детекторы..

### 9. Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества.

9.1. Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества.

Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества..

### 10. Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах

10.1. Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах

Классификация ПТ. Статические ВАХ и их аппроксимации, модели ПТ. Влияние температуры на статические ВАХ ПТ. Малосигнальная эквивалентная схема ПТ для низких частот.. Резистивный усилительный каскад с включением ПТ по схеме с общим истоком. Схема каскада, принцип действия. Коэффициент усиления малого сигнала на средних частотах. Влияние сопротивления нагрузки и напряжений питания на коэффициент усиления на средних частотах. Использование нелинейной нагрузки для увеличения коэффициента усиления на средних частотах.. Анализ работы каскада с общим истоком на умеренно высоких частотах. Верхняя граничная частота полосы усиления такого каскада по напряжению. Связь между коэффициентом усиления на средних частотах и верхней граничной частотой полосы сквозного усиления по напряжению. Понятие о площади усиления. Входная проводимость резистивного усилительного каскада по схеме с общим истоком.. Стабилизация рабочей точки ПТ в усилителях малого сигнала по схеме с общим истоком. Усиление большого сигнала при работе каскада с общим истоком на средних частотах. Оценка и минимизация нелинейных искажений.. Резистивный усилительный каскад с включенным ПТ по схеме с общим стоком (истоковый повторитель). Схема с общим стоком. Коэффициент усиления малого сигнала на средних частотах. Усиление большого сигнала каскадом с общим стоком на средних частотах. Построение передаточной характеристики по напряжению. Анализ работы каскада с общим стоком на умеренно-



высоких частотах. Верхняя частота полосы пропускания каскада. Входная и выходная проводимости.. Резистивный усилительный каскад с включением ПТ по схеме с общим затвором. Коэффициент усиления малого сигнала на средних частотах. Входная и выходная проводимости. Усиление большого сигнала каскадом с общим затвором на средних частотах. Передаточная характеристика каскада по напряжению. Работа каскада с общим затвором на умеренно-высоких частотах, частотные зависимости коэффициента усиления. Сравнение каскадов с различными способами включения ПТ..

### 11. Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах

#### 11.1. Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах

Статические характеристики, параметры, малосигнальные эквивалентные схемы БТ.. Резистивные усилительный каскад с включением БТ по схеме с общим эмиттером. Схема. Принцип действия. Выбор рабочей точки. Коэффициент усиления малого сигнала на средних частотах. Анализ работы каскада с общим эмиттером на умеренно-высоких частотах. Верхняя граничная частота полосы усиления. Входная проводимость.. Методы стабилизации рабочей точки БТ в каскаде с общим эмиттером. Передаточная характеристика по напряжению каскада с общим эмиттером.. Резистивный каскад с БТ, включенным по схеме с общим коллектором. Эмиттерный повторитель. Схема. Коэффициент передачи по напряжению на средних частотах. Входная и выходная проводимости. Работа каскада с общим коллектором на умеренно-высоких частотах. Верхняя граничная частота коэффициента передачи каскада по напряжению.. Преобразование больших сигналов каскадом с общим коллектором. Передаточная характеристика каскада по напряжению..

### 12. Ключевые каскады и простейшие логические элементы

#### 12.1. Ключевые каскады и простейшие логические элементы

Ключевые каскады и простейшие логические элементы на МОП-транзисторах. Ключевые каскады (инверторы). Квазистатический анализ. Переходные процессы в МОП-инверторах.. Простейшие логические элементы на КМОП структурах.. Ключевые каскады и простейшие логические элементы на БТ. Ключевой каскад (инвертор) на БТ с резистивной нагрузкой. Квазистатический анализ. Переходные процессы в резистивном инверторе на БТ.. Простейшие логические элементы на БТ..

### 13. Расчет многокаскадного резистивного усилителя на средних частотах

#### 13.1. Выбор структурной схемы многокаскадного усилителя

Расчет кол-ва каскадов и построение структурной схемы по индивидуальному заданию.

### 14. Расчет амплитудно-частотной характеристики многокаскадного усилителя

#### 14.1. Расчет верхних частот полос пропускания каждого каскада

Расчет АЧХ усилителей с общим эмиттером и разделенной нагрузкой.

### 15. Подготовка конструкторской документации

15.1. Обозначение по ГОСТу электронных компонентов в принципиальных электрических схемах

Разработка чертежа принципиальной схемы усилителя и цепи обратной связи.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Расчет характерных частот каскада с общим эмиттером. Расчет полосы пропускания каскада с общим эмиттером и общим коллектором;
2. Диодные стабилизаторы напряжения;
3. Методы расчета простейших диодных выпрямителей;
4. Расчет цепей питания, стабилизации рабочей точки и основных характеристик усилителя низкой частоты с общим истоком. Влияние питающих напряжений;
5. Усиление больших сигналов базовыми усилительными каскадами на полевых транзисторах. Методы расчета напряжений и токов в рабочих состояниях ключевых схем на полевых транзисторах. Влияние нагрузки и питающих напряжений;
6. Расчет цепей питания, стабилизации рабочей точки и основных характеристик усилителя низкой частоты с общим эмиттером. Влияние питающих напряжений;
7. Усиление больших сигналов базовыми усилительными каскадами на БТ. Методы расчета напряжений и токов в рабочих состояниях ключевых схем на БТ. Влияние нагрузки и питающих напряжений.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты;
2. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты;
3. Усилитель низкой частоты на ПТ по схеме с общим истоком;
4. Простейшие диодные выпрямители.;
5. Измерение параметров малосигнальной схемы биполярного транзистора;
6. Исследование полевого транзистора;
7. Исследование ВАХ полупроводниковых диодов;
8. Исследование биполярного транзистора.

### 3.5 Консультации

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физические основы полупроводниковой электроники"
2. Консультации проводятся по разделу "Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы"
4. Консультации проводятся по разделу "Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода."
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода."
6. Консультации проводятся по разделу "Биполярные транзисторы"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Биполярные транзисторы"
8. Консультации направлены на выполнение раздела "Биполярные транзисторы"
9. Консультации проводятся по разделу "Полевые транзисторы"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Полевые транзисторы"
11. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Полевые транзисторы"
12. Консультации проводятся по разделу "Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры"

13. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры"
14. Консультации проводятся по разделу "Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах."
15. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах."
16. Консультации направлены на выполнение разделов расчетного задания. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала"
17. Консультации проводятся по разделу "Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества."
18. Консультации проводятся по разделу "Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах"
19. Консультации проводятся по разделу "Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах"
20. Консультации направлены на выполнение разделов расчетного задания. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах
21. Консультации проводятся по разделу "Ключевые каскады и простейшие логические элементы"
22. Консультации направлены на обсуждения раздела "Ключевые каскады и простейшие логические элементы"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Расчет многокаскадного резистивного усилителя на средних частотах"
2. Консультации проводятся по разделу "Расчет амплитудно-частотной характеристики многокаскадного усилителя"
3. Консультации проводятся по разделу "Подготовка конструкторской документации"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации проводятся по разделу "Физические основы полупроводниковой электроники"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода."
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Биполярные транзисторы"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Полевые транзисторы"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах."
7. Консультации проводятся по разделу "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала"

8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах"
10. Консультации направлены на выполнение разделов расчетного задания. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах.
11. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 6 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Проектирование многокаскадного резистивного широкополосного усилителя на биполярных транзисторах.

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 10	11 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4, 5	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	5	25	20	50	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	5	30	50	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет сквозного коэффициента усиления, разработка структурной схемы многокаскадного усилителя
2	Расчет многокаскадного усилителя по постоянным и малым переменным сигналам
3	Расчет цепи обратной связи
4	Расчет АЧХ усилителя
5	Оформление КП

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)														Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
<b>Знать:</b>																	
физические основы электропроводности	ИД-2ОПК-1	+	+														Контрольная работа/КР №1.1. Физические основы электропроводности п/п.
основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата	ИД-2ОПК-1			+	+	+											Контрольная работа/КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов Контрольная работа/КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов Лабораторная работа/ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов Лабораторная работа/ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов Лабораторная работа/ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора
методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных	ИД-2ОПК-2			+	+	+	+										Контрольная работа/КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов Контрольная работа/КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов Лабораторная работа/ЛР №1.3.

программ																Параметры модели биполярного транзистора
показатели качества	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub>								+							Лабораторная работа/ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе  Лабораторная работа/ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты  Лабораторная работа/ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты
типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	ИД-3 <sub>ОПК-4</sub>								+		+	+	+			Контрольная работа/КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах  Лабораторная работа/ЛР №2.1. Расчет диодных схем  Расчетно-графическая работа/РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания.  Расчетно-графическая работа/РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики
<b>Уметь:</b>																
пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>								+	+		+	+			Контрольная работа/КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах

																	<p>Лабораторная работа/ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе</p> <p>Лабораторная работа/ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты</p> <p>Лабораторная работа/ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты</p> <p>Расчетно-графическая работа/РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания.</p>
проводить расчет вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>					+	+	+									<p>Лабораторная работа/ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов</p> <p>Лабораторная работа/ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов</p> <p>Лабораторная работа/ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора</p> <p>Лабораторная работа/ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора</p>
решать задачи анализа и расчета характеристик электронных цепей	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub>									+		+			+		<p>Расчетно-графическая работа/РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания.</p>

																			Расчетно-графическая работа/РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики
составлять принципиальные схемы по ГОСТУ	ИД-3 <sub>ОПК-4</sub>														+	+	+	Коллоквиум/Подготовка конструкторской документации	



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **4 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа)
2. ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа)
3. ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа)
4. ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КР №1.1. Физическое основы электропроводности п/п. (Контрольная работа)
2. КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа)
3. КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа)

#### **5 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа)
2. ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты (Лабораторная работа)
3. ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. ЛР №2.1. Расчет диодных схем (Лабораторная работа)
2. РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания. (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах (Контрольная работа)

#### **6 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Подготовка конструкторской документации (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №4)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

### Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

### Курсовой проект (КП) (Семестр №6)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Болдырева, Т. И. Основы схемотехники устройств на полевых транзисторах : учебное пособие по курсам "Электроника", "Электроника и электротехника, часть II" и "Физические процессы в электронных цепях" по направлениям 11.03.01 "Радиотехника", 12.03.04 "Биотехнические системы и технологии" и специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Т. И. Болдырева, В. Н. Кулешов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 108 с. - ISBN 978-5-7046-2185-0 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11099](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11099);
2. Болдырева, Т. И. Проектирование широкополосных резистивных усилителей : практикум по курсу "Электроника" по направлению 11.03.01 "Радиотехника" и специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Т. И. Болдырева, Е. М. Торуна, В. Н. Кулешов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 56 с. - ISBN 978-5-7046-2214-7 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10867](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10867);
3. Шишкин, Г. Г. Электроника : учебник для бакалавров вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин . – 2-е изд., испр. и доп. . – М. : Юрайт, 2017 . – 702 с. – (Бакалавр. Базовый курс) . - ISBN 978-5-9916-3422-9 .;
4. Коптев, Г. И. Характеристики и основы применения полупроводниковых диодов и транзисторов: : лабораторный практикум по курсам "Электроника", "Физические процессы в электронных цепях" и др. / Г. И. Коптев, Т. И. Болдырева, Е. М. Дроздова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 48 с.  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9186](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9186);
5. Болдырева, Т. И. Расчет диодных и транзисторных схем. Сборник задач : учебное пособие по курсу "Физические процессы в электронных цепях" по направлению "Радиотехника" / Т. И. Болдырева, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 44 с. - ISBN 978-5-383-00556-9 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1858](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1858);
6. Кулешов, В. Н. Базовые ячейки функциональных узлов радиоэлектронных устройств на биполярных транзисторах. Конспект лекций : учебное пособие по курсу "Физические процессы в электронных цепях" по направлению "Радиотехника" / В. Н. Кулешов, Т. И. Болдырева, М. В. Васильев ; Ред. В. Н. Кулешов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 180 с. - ISBN 978-5-383-00430-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=3139](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=3139);

7. Кулешов, В. Н. Учебное пособие по курсу "Электронные цепи": Активные приборы электронных цепей / В. Н. Кулешов ; Ред. Г. И. Коптев ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1982 . – 88 с.;
8. Смирнов Ю. А., Соколов С. В., Титов Е. В.- "Физические основы электроники", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (560 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/168522>;
9. Кулешов, В. Н. Базовые ячейки функциональных узлов радиоэлектронных устройств на полупроводниковых диодах: Конспект лекций : Учебное пособие по курсу "Электроника" по направлениям 552500 и 654200 "Радиотехника" / В. Н. Кулешов, Т. И. Болдырева, М. В. Томашевская ; Ред. В. Н. Кулешов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 88 с. - ISBN 5-7046-0867-1 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4423](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4423).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. MathCad;
5. Майнд Видеоконференции;
6. NOD32;
7. Acrobat Reader;
8. AutoCAD (версия для обучающихся и преподавателей).

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Е-703/2, Лаборатория каф. "ФОРС"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-703/3, Лаборатория каф. "ФОРС"	стеллаж, стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд
Учебные аудитории	Е-703/3, Лаборатория	стеллаж, стол преподавателя, стол, стул,

для проведения промежуточной аттестации	каф. "ФОРС"	вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд
	Е-703/2, Лаборатория каф. "ФОРС"	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, оборудование специализированное
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-703/9, Кабинет сотрудников каф. "ФОРС"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер, книги, учебники, пособия
	Е-703/8, Кабинет сотрудников каф. "ФОРС"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-703/10, Помещение для хранения оборудования, наглядных пособий	рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер, холодильник, кондиционер, книги, учебники, пособия
	Е-704/14, Помещение каф. "ФОРС"	оборудование для экспериментов, запасные комплектующие для оборудования
	Е-703/7, Кладовая каф. "ФОРС"	стеллаж, стол, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электроника

(название дисциплины)

#### 4 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа)
- КМ-2 КР №1.1. Физические основы электропроводности п/п. (Контрольная работа)
- КМ-3 ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа)
- КМ-4 ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа)
- КМ-5 ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа)
- КМ-6 КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа)
- КМ-7 КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	8	8	12	14	15	16
1	Физические основы полупроводниковой электроники								
1.1	Физические основы полупроводниковой электроники			+					
2	Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы								
2.1	Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, гетеропереходы			+					
3	Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.								
3.1	Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.		+		+	+	+	+	+
4	Биполярные транзисторы								
4.1	Биполярные транзисторы		+		+	+	+	+	+
5	Полевые транзисторы								
5.1	Полевые транзисторы		+		+	+	+	+	+
6	Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры								
6.1	Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры					+		+	+

Вес КМ, %:	4	12	20	20	20	12	12
------------	---	----	----	----	----	----	----

### 5 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-8	ЛР №2.1. Расчет диодных схем (Лабораторная работа)
КМ-9	ЛР №2.2. Усилитель низкой частоты на полевом транзисторе (Лабораторная работа)
КМ-10	РЗ №2.1. Расчет параметров схемы простейшего источника питания. (Расчетно-графическая работа)
КМ-11	КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах (Контрольная работа)
КМ-12	ЛР №2.3. Биполярный транзистор в усилителе тока низкой частоты (Лабораторная работа)
КМ-13	ЛР №2.4. Биполярный транзистор в усилителе напряжения низкой частоты (Лабораторная работа)
КМ-14	РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики (Расчетно-графическая работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-14
		Неделя КМ:	4	7	8	11	14	15	15
1	Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.								
1.1	Базовые ячейки электроники и микроэлектроники. Классификация режимов электронных приборов в функциональных узлах.			+	+	+	+	+	
2	Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала								
2.1	Статические режимы в диодных цепях. Диодные цепи, работающие в режиме большого сигнала		+	+	+	+	+	+	+
3	Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества.								
3.1	Усилители в электронике. Основные характеристики и показатели качества.			+			+	+	
4	Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах								
4.1	Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах		+	+	+	+	+	+	+
5	Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах								

5.1	Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах	+	+	+	+	+	+	+
6	Ключевые каскады и простейшие логические элементы							
6.1	Ключевые каскады и простейшие логические элементы	+		+	+			+
Вес КМ, %:		5	10	15	15	20	20	15

### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ- Подготовка конструкторской документации (Коллоквиум)

15

**Вид промежуточной аттестации – .**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-15
		Неделя КМ:	2
1	Расчет многокаскадного резистивного усилителя на средних частотах		
1.1	Выбор структурной схемы многокаскадного усилителя		+
2	Расчет амплитудно-частотной характеристики многокаскадного усилителя		
2.1	Расчет верхних частот полос пропускания каждого каскада		+
3	Подготовка конструкторской документации		
3.1	Обозначение по ГОСТу электронных компонентов в принципиальных электрических схемах		+
Вес КМ, %:			100

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Электроника

(название дисциплины)

**6 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Расчет сквозного коэффициента усиления, разработка структурной схемы многокаскадного усилителя
- КМ-2 Расчет многокаскадного усилителя по постоянным и малым переменным сигналам
- КМ-3 Расчет цепи обратной связи
- КМ-4 Расчет АЧХ усилителя
- КМ-5 Оформление КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	10	12	15	15
1	Расчет сквозного коэффициента усиления, разработка структурной схемы многокаскадного усилителя		+				
2	Расчет многокаскадного усилителя по постоянным и малым переменным сигналам			+			
3	Расчет цепи обратной связи				+		
4	Расчет АЧХ усилителя					+	
5	Оформление КП						+
Вес КМ, %:			5	25	20	25	25