

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

Направление подготовки/специальность: 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Наименование образовательной программы: Биотехнические и медицинские аппараты и системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОНИКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.23
Трудоемкость в зачетных единицах:	4 семестр - 5; 5 семестр - 5; всего - 10
Часов (всего) по учебному плану:	360 часов
Лекции	4 семестр - 48 часа; 5 семестр - 32 часа; всего - 80 часов
Практические занятия	5 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	4 семестр - 16 часов; 5 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Консультации	4 семестр - 2 часа; 5 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	4 семестр - 113,5 часов; 5 семестр - 113,5 часов; всего - 227,0 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Лабораторная работа Контрольная работа Решение задач Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	4 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,0 час

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	Жихарева Г.В.
	Идентификатор	Rdb27a5d8-ZhikharevaGV-9fcbf8c

(подпись)

Г.В. Жихарева

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

(подпись)

Е.В. Шалимова

(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 применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем	ИД-2 _{ОПК-1} Применяет знания естественных наук и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - физические основы электропроводности. уметь: - пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов.
ОПК-3 способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики биотехнических систем и технологий	ИД-2 _{ОПК-3} Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	знать: - типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах. уметь: - реализовывать программы экспериментальных исследований вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов, временных откликов резистивных усилителей низкой частоты и логических элементов..
ОПК-3 способен проводить экспериментальные исследования и	ИД-3 _{ОПК-3} Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных	знать: - основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики биотехнических систем и технологий	выводов	соответствующего физико-математического аппарата. уметь: - обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные по исследованию характеристик полупроводниковых приборов, низкочастотных моделей и временных откликов электрических цепей, формулировать выводы о влиянии параметров электрических цепей на экспериментальные данные..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Биотехнические и медицинские аппараты и системы (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, 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 10 зачетных единиц, 360 часов.

№ 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	1 см Физические основы полупроводниковой электроники	24	4	12	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "1 см Физические основы полупроводниковой электроники"</p> <p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе</p>
1.1	Физические основы полупроводниковой электроники	24		12	-	-	-	-	-	-	-	-	12	

													<p>варианта проектного решения. Пример задания:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "1 см Физические основы полупроводниковой электроники" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Проведение эксперимента:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующее оборудование:</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "1 см Физические основы полупроводниковой электроники"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение теоретического материала по разделу Физические основы полупроводниковой электроники</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу Физические основы полупроводниковой электроники</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 5-18 [9], стр. 12-31</p>
2	1 см Контактные явления.	20		10	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "1 см Контактные явления."</p>
2.1	Электронно-дырочный переход, барьер Шоттки, гетеропереходы	20		10	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяются следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции.</p>

														<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 19-25 [9], стр.31-71
3	1 см Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.	20	6	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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 "1 см Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода." материалу.
3.1	Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.	20	6	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение материалов по разделу Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], 9-12 [9], стр. 71-114
4	1 см Биполярные транзисторы	38	8	8	-	-	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Биполярные транзисторы и подготовка к контрольной работе
4.1	Биполярные транзисторы	38	8	8	-	-	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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 "1 см Биполярные транзисторы" материалу. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "1 см Биполярные транзисторы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u>

													<u>источников:</u> [6], 5-55 [7], 12-15 [8], 14-17 [9], стр. 115-158	
5	1 см Полевые транзисторы	26		6	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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 "1 см Полевые транзисторы" материалу.
5.1	Полевые транзисторы	26		6	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу 1 см Полевые транзисторы и подготовка к контрольной работе <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "1 см Полевые транзисторы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 7-21 [4], 6-21 [7], 22-27 [8], 27-32
6	1 см Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры	16		6	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "1 см Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры"
6.1	Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры	16		6	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [9], 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	2 см Статические	26	5	2	4	4	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для

														<p><u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "2 см Усилители в электронике." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 3-21 [7], 28,34,40</p>
9	2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах	40	12	4	6	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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 "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах" материалу.</p>	
9.1	Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах	40	12	4	6	-	-	-	-	-	18	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "2 см 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><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу 2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	

														<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 26-83 [4], 22-82 [7], 28-33 [8], 33-38</p>
10	2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах	60	10	8	6	-	-	-	-	-	36	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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 "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах" материалу.</p>	
10.1	Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах	60	10	8	6	-	-	-	-	-	36	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу 2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах и подготовка к</p>	

													<p>контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчет параметров схемы простейшего источника питания.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], 56-105 [7], 34-39 [8], 39-51</p>
11	2 см Ключевые каскады и простейшие логические элементы	14	6	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "2 см Ключевые каскады и простейшие логические элементы"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "2 см Ключевые каскады и простейшие логические элементы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 86-104</p>
11.1	Ключевые каскады и простейшие логические элементы	14	6	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "2 см Ключевые каскады и простейшие логические элементы"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 86-104</p>
	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		
	ИТОГО	360.0	-	80	32	16	4	-	-	1.0	227.0		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. 1 см Физические основы полупроводниковой электроники

1.1. Физические основы полупроводниковой электроники

Физические основы полупроводниковой электроники. 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. 1 см Контактные явления.

2.1. Электронно-дырочный переход, барьер Шоттки, гетеропереходы

Электронно-дырочный переход, область пространственного заряда, энергетическая диаграмма, контактная разность потенциалов.. Транспортные потоки носителей заряда через р-п 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. 1 см 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. 1 см 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. 1 см Полевые транзисторы

5.1. Полевые транзисторы

Классификация транзисторов. Полевой транзистор с управляющим р-п 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. 1 см 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. 2 см Статические режимы в диодных цепях.

7.1. Статические режимы в диодных цепях

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..

8. 2 см Усилители в электронике.

8.1. Усилители в электронике.

Основные характеристики и показатели качества..

9. 2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах

9.1. 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..

10. 2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах

10.1. Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах

Статические характеристики, параметры, малосигнальные эквивалентные схемы БТ.. Резистивный 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..

11. 2 см Ключевые каскады и простейшие логические элементы

11.1. 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..

3.3. Темы практических занятий

1. Цепи стабилизации положения рабочей точки и коэффициента усиления в каскаде с общим эмиттером на биполярном транзисторе;
2. Расчет цепей питания, стабилизации рабочей точки и основных характеристик усилителя низкой частоты с общим эмиттером. Влияние питающих напряжений;
3. Усиление больших сигналов базовыми усилительными каскадами на полевых транзисторах. Влияние нагрузки и питающих напряжений;
4. Расчет цепей питания, стабилизации рабочей точки и основных характеристик усилителя низкой частоты по схеме с общим истоком. Влияние питающих напряжений;
5. Диодные стабилизаторы напряжения на прямой и обратных ветвях ВАХ диодов;
6. Расчет основных характеристик усилителя с общим эмиттером с цепью эмиттерного автосмещения. Анализ влияния разброса $h_{21э}$ и температуры. Расчет АЧХ каскада.

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. Измерение ВАХ биполярного транзистора;
7. Измерение ВАХ полупроводниковых диодов.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1 см Физические основы полупроводниковой электроники"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1 см Контактные явления."

3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1 см Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1 см Биполярные транзисторы"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1 см Полевые транзисторы"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1 см Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2 см Статические режимы в диодных цепях."
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2 см Усилители в электронике."
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах"
11. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2 см Ключевые каскады и простейшие логические элементы"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации проводятся по разделу "1 см Физические основы полупроводниковой электроники"
2. Консультации направлены на изучение материала "1 см Контактные явления" и подготовки к контрольной работе
3. Консультации направлены на изучение раздела "1 см Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода" и выполнение лабораторной работы
4. Консультации направлены на изучение раздела "1 см Биполярные транзисторы" и выполнения контрольной работы
5. Консультации направлены на изучение раздела "1 см Полевые транзисторы" и выполнение контрольной работы
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "2 см Статические режимы в диодных цепях."
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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
Знать:													
физические основы электропроводности	ИД-2ОПК-1	+	+				+						Контрольная работа/КР №1.1. Физические основы электропроводности п/п.
типовые режимы использования изучаемых приборов и компонентов в радиоэлектронных устройствах	ИД-2ОПК-3				+	+	+						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 Лабораторная работа/ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов Лабораторная работа/ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора
основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата	ИД-3ОПК-3				+	+	+						Контрольная работа/КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов Контрольная работа/КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов Лабораторная работа/ЛР №1.3.

													Параметры модели биполярного транзистора Лабораторная работа/ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора
Уметь:													
пользоваться методами расчета основных параметров моделей полупроводниковых приборов	ИД-2 _{ОПК-1}			+	+	+							Контрольная работа/КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов Лабораторная работа/ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов. Лабораторная работа Лабораторная работа/ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора Лабораторная работа/ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора
реализовывать программы экспериментальных исследований вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов, временных откликов резистивных усилителей низкой частоты и логических элементов.	ИД-2 _{ОПК-3}			+	+	+							Лабораторная работа/ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов. Лабораторная работа Лабораторная работа/ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов Лабораторная работа/ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора
обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные по исследованию характеристик полупроводниковых приборов,	ИД-3 _{ОПК-3}							+	+	+	+	+	Контрольная работа/КР №2.1. Усилители малого сигнала на полевых транзисторах

<p>низкочастотных моделей и временных откликов электрических цепей, формулировать выводы о влиянии параметров электрических цепей на экспериментальные данные.</p>													<p>Решение задач/ЛР №2.1. Расчет диодных схем</p> <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> <p>Расчетно-графическая работа/РЗ №2.2. Расчет компонентов схемы каскада с общим эмиттером, коэффициента усиления и частотной характеристики</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

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 (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. Физические 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 (Решение задач)
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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №4)

Экзамен (Семестр №5)

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;
2. Смирнов Ю. А., Соколов С. В., Титов Е. В.- "Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (496 с.)
<https://e.lanbook.com/book/168550>;
3. 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;
4. Кулешов, В. Н. Базовые ячейки функциональных узлов радиоэлектронных устройств на полевых транзисторах: конспект лекций : учебное пособие по курсу "Физические процессы в электронных цепях" по направлениям "Радиотехника" / В. Н. Кулешов, Т. И. Болдырева, М. В. Томашевская, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 104 с. - ISBN 5-7046-1257-1 .;
5. 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;
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;
7. 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;
8. Простейшие функциональные узлы на полупроводниковых диодах и транзисторах : лабораторный практикум по курсу "Электроника" для обучающихся по программам бакалавриата и специалитета 11.03.01 "Радиотехника", 12.03.04. "Биотехнические системы и технологии", 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Г. И. Коптев, Т. И. Болдырева, Е. М. Горина, С. А. Чеченя, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 56 с. - ISBN 978-5-7046-2466-0 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11731;

9. Шишкин, Г. Г. Электроника : учебник для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин . – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2014 . – 702 с. - ISBN 978-5-9916-3391-8 ..

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.

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
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
	Б-318, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	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 промежуточной аттестации	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
	А-402, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор,

		доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	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-703/1, Кабинет сотрудников	стеллаж, стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер, книги, учебники, пособия
	Е-703/5, Кабинет сотрудников	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер

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 (Лабораторная работа)
- КМ-2 КР №1.1. Физическое 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	1 см Физические основы полупроводниковой электроники								
1.1	Физические основы полупроводниковой электроники			+					
2	1 см Контактные явления.								
2.1	Электронно-дырочный переход, барьер Шоттки, гетеропереходы			+					
3	1 см Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.								
3.1	Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода.		+		+	+	+	+	+
4	1 см Биполярные транзисторы								
4.1	Биполярные транзисторы		+		+	+	+	+	+
5	1 см Полевые транзисторы								
5.1	Полевые транзисторы		+		+	+	+	+	+
6	1 см 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 (Решение задач)
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	2 см Статические режимы в диодных цепях.								
1.1	Статические режимы в диодных цепях		+	+	+	+	+	+	+
2	2 см Усилители в электронике.								
2.1	Усилители в электронике.		+	+	+	+	+	+	+
3	2 см Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах								
3.1	Базовые ячейки функциональных узлов на полевых транзисторах		+	+	+	+	+	+	+
4	2 см Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах								
4.1	Базовые ячейки функциональных узлов на биполярных транзисторах		+	+	+	+	+	+	+
5	2 см Ключевые каскады и простейшие логические элементы								
5.1	Ключевые каскады и простейшие логические элементы		+	+	+	+	+	+	+
Вес КМ, %:			5	10	15	15	20	20	15