

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
СХЕМОТЕХНИКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.18
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 7;
Часов (всего) по учебному плану:	252 часа
Лекции	5 семестр - 32 часа;
Практические занятия	5 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	5 семестр - 16 часов;
Консультации	5 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	5 семестр - 149,2 часа;
в том числе на КП/КР	5 семестр - 15,7 часов;
Иная контактная работа	5 семестр - 4 часа;
включая: Контрольная работа Лабораторная работа Индивидуальный проект	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсовой работы	5 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Воронин П.А.
	Идентификатор	R8090f709-VoroninPA-bf2fdc05

(подпись)

П.А. Воронин

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С. Холодный

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З. Славинский

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ расчета и анализа режимов работы электронных цепей непрерывного действия.

Задачи дисциплины

- овладение основами расчета усилительных каскадов;
- изучение основных разновидностей операционных усилителей;
- освоение методов анализа режимов работы усилительных каскадов;
- изучение применения операционных усилителей в различных устройствах электронной техники.

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 _{оПК-1} Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	знать: - абсолютный и относительный коэффициенты стабилизации; - основные энергетические характеристики мощного каскада. уметь: - рассчитывать средние и действующие значения токов и напряжений в усилителе мощности; - рассчитывать параметры стабилизаторов и схем их защиты; - рассчитывать дифференциальный коэффициент усиления и синфазный коэффициент подавления; - рассчитывать параметры основных аналоговых операций.
ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИД-2 _{оПК-2} Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	знать: - параметры идеального и реального операционного усилителя; - дифференциальные и синфазные способы подключения входного сигнала к усилителю; - типовые схемы смещения рабочей точки биполярных и полевых транзисторов. уметь: - составлять эквивалентные схемы усилителей на постоянном токе.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные типы полупроводниковых приборов и их статические характеристики
- знать эквивалентные схемы транзисторов в режиме большого и малого сигнала
- знать методы расчета установившихся процессов в линейных электрических цепях
- уметь рассчитывать линейные электрические цепи
- уметь составлять эквивалентные схемы усилителей

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 7 зачетных единиц, 252 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	Каскады усилителей переменного тока	46	5	8	4	8	-	-	-	-	-	26	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Каскады усилителей переменного тока" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 89-112 [2], стр. 162-175
1.1	Одиночные каскады с емкостной связью	46		8	4	8	-	-	-	-	-	26	-	
2	Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад	33		5	3	5	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Каскады усилителей постоянного тока. Дифференциальный каскад." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 137-150 [2], стр. 180-188
2.1	Одиночные каскады с непосредственной связью	33		5	3	5	-	-	-	-	-	20	-	
3	Операционные усилители, схемы на операционных усилителях.	37		8	3	8	-	-	-	-	-	18	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Операционные усилители, схемы на операционных усилителях." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 150-163 [2], стр. 233-247, 250-261 [3], стр. 295-301
3.1	Аналоговые микроэлектронные структуры	37		8	3	8	-	-	-	-	-	18	-	
4	Мощные	30		5	3	5	-	-	-	-	-	17	-	<u>Самостоятельное изучение</u>

	усилительные каскады													<i>теоретического материала:</i> Изучение дополнительного материала по разделу "Мощные усилительные каскады"
4.1	Усилители мощности с трансформаторной связью и дополнительной симметрией	30	5	3	5	-	-	-	-	-	17	-	-	<i>Изучение материалов литературных источников:</i> [1], стр. 121-131 [2], стр. 199-220
5	Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы	34	6	3	6	-	-	-	-	-	19	-	-	<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i> Изучение дополнительного материала по разделу "Интегральные стабилизаторы напряжения"
5.1	Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения и генераторы	34	6	3	6	-	-	-	-	-	19	-	-	<i>Изучение материалов литературных источников:</i> [1], стр. 306-314
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	-	
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-	-	
	Всего за семестр	252.0	32	16	32	16	2	4	-	0.8	115.7	33.5		
	Итого за семестр	252.0	32	16	32	18	4	0.8			149.2			

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. Каскады усилителей переменного тока

1.1. Одиночные каскады с емкостной связью

Усилители.. Каскады усилителей переменного тока.. Расчет вторичных параметров усилителей.. Анализ режима по постоянному току и анализ при малом входном сигнале..

2. Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад

2.1. Одиночные каскады с непосредственной связью

Усилители постоянного тока.. Дифференциальный каскад.. Дифференциальный коэффициент усиления и коэффициент ослабления синфазного сигнала.. Зеркало тока..

3. Операционные усилители, схемы на операционных усилителях.

3.1. Аналоговые микронэлектронные структуры

Операционный усилитель.. Структура и основные параметры.. Ошибка усиления.. Типовые схемы на операционных усилителях и расчет их параметров..

4. Мощные усилительные каскады

4.1. Усилители мощности с трансформаторной связью и дополнительной симметрией

Мощные двухтактные каскады.. Мощный каскад с трансформаторным выходом.. Бестрансформаторный каскад на комплементарных транзисторах.. Расчет энергетических характеристик мощных усилителей..

5. Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы

5.1. Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения и генераторы

Интегральный стабилизатор последовательного типа. Структурная схема. Коэффициент стабилизации.. Источник опорного напряжения. Температурная компенсация. Защита от перегрузки по току и защита по мощности.. Генераторы синусоидальных, импульсных и треугольных сигналов.

3.3. Темы практических занятий

1. Режимы работы транзисторов и цепи смещения рабочей точки биполярных и полевых транзисторов;
2. Одиночные усилительные каскады на биполярных транзисторах;
3. Одиночные усилительные каскады на полевых транзисторах;
4. Одиночные усилительные каскады. Расчет вторичных параметров схемы и граничных частот усиления;
5. Дифференциальный каскад. Расчет параметров дифференциального каскада;
6. Зеркало тока. Дифференциальный каскад с динамической нагрузкой;
7. Операционный усилитель (ОУ). Передаточная характеристика усилителя;
8. Инвертирующие и не инвертирующие усилители на ОУ;
9. Сумматоры на ОУ;
10. Дифференциальный усилитель на ОУ. Схема интегратора на ОУ;
11. Мощные каскады. Двухтактные каскады класса В;
12. Расчет энергетических характеристик мощных трансформаторных каскадов;
13. Расчет энергетических характеристик мощных бестрансформаторных каскадов;

14. Интегральные стабилизаторы напряжения. Структурная схема. Расчет параметров;
15. Источники опорного напряжения. Схема температурной компенсации;
16. Схемы защиты интегрального стабилизатора по току и по мощности.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Усилители мощности;
2. Усилители с ОЭ, ОБ, ОК;
3. Дифференциальный каскад;
4. Стабилизаторы напряжения.

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПП)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Каскады усилителей переменного тока"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Мощные усилительные каскады"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством преподавателя. В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Варианты схем на операционных усилителях.

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

5 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Разработка одиночного усилительного каскада на полевых транзисторах со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности
- Разработка одиночного усилительного каскада на биполярных транзисторах со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности
- Разработка усилителя мощности с трансформаторной связью со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности
- Разработка бестрансформаторного усилителя мощности со стабилизированным источником питания постоянного тока и схемой защиты от перегрузок по току и мощности

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 14	Зачетная
Раздел	1	1	2	2	Защита

курсового проекта					курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	25	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Промежуточные и оконечные каскады усиления
2	Параметрический стабилизатор напряжения

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	
Знать:							
основные энергетические характеристики мощного каскада	ИД-2ОПК-1				+		Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
абсолютный и относительный коэффициенты стабилизации	ИД-2ОПК-1					+	Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
типовые схемы смещения рабочей точки биполярных и полевых транзисторов	ИД-2ОПК-2	+					Контрольная работа/Усилители с RC-связями Лабораторная работа/Усилители с ОЭ, ОБ, ОК
дифференциальные и синфазные способы подключения входного сигнала к усилителю	ИД-2ОПК-2		+				Лабораторная работа/Дифференциальный каскад Контрольная работа/Усилители постоянного тока
параметры идеального и реального операционного усилителя	ИД-2ОПК-2			+			Индивидуальный проект/Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе
Уметь:							
расчитывать параметры основных аналоговых операций	ИД-2ОПК-1			+			Индивидуальный проект/Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе
расчитывать дифференциальный коэффициент усиления и синфазный коэффициент подавления	ИД-2ОПК-1		+				Лабораторная работа/Дифференциальный каскад Контрольная работа/Усилители постоянного тока
расчитывать параметры стабилизаторов и схем их защиты	ИД-2ОПК-1					+	Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
расчитывать средние и действующие значения токов и напряжений в усилителе мощности	ИД-2ОПК-1				+		Лабораторная работа/Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения
составлять эквивалентные схемы усилителей на постоянном токе	ИД-2ОПК-2	+					Контрольная работа/Усилители с RC-связями Лабораторная работа/Усилители с ОЭ, ОБ, ОК

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Дифференциальный каскад (Лабораторная работа)
2. Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе (Индивидуальный проект)
3. Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения (Лабораторная работа)
4. Усилители с ОЭ, ОБ, ОК (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Усилители постоянного тока (Контрольная работа)
2. Усилители с RC-связями (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №5)

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

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника : Учебник для энергетических и электромеханических специальностей вузов / Ю. С. Забродин . – 2-е изд., стер . – М. : Альянс, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-903034-34-5 .;
2. Гусев, В. Г. Электроника : Учебное пособие для приборостроительных специальностей вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 1991 . – 622 с. - ISBN 5-06-000681-6 .;
3. В. И. Мелешин- "Транзисторная преобразовательная техника", Издательство: "Техносфера", Москва, 2005 - (628 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273791>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;

3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

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. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
12. 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	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	К-105/1, Компьютерный класс	стол, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	К-104, Учебная лаборатория по курсам: «Схемотехника», «Импульсная техника», «Элементы интегральных схем»	стол преподавателя, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, указка, оборудование учебное, кондиционер, стенд лабораторный, стенд учебный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	К-109/1, Кабинет сотрудников каф. "ЭиН"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, стол для совещаний, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет,

		<p>многофункциональный центр, оборудование для экспериментов, компьютер персональный, документы, книги, учебники, пособия</p>
<p>Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря</p>	<p>Ж-600/1д, Кабинет проектирования "КП"</p>	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Схемотехника

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Усилители с RC-связями (Контрольная работа)
 КМ-2 Усилители с ОЭ, ОБ, ОК (Лабораторная работа)
 КМ-3 Усилители постоянного тока (Контрольная работа)
 КМ-4 Дифференциальный каскад (Лабораторная работа)
 КМ-5 Расчёт одиночных усилительных каскадов и схем на операционном усилителе
 (Индивидуальный проект)
 КМ-6 Усилители мощности и Стабилизаторы напряжения (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	16
1	Каскады усилителей переменного тока							
1.1	Одиночные каскады с емкостной связью		+	+				
2	Каскады усилителей постоянного тока и дифференциальный каскад							
2.1	Одиночные каскады с непосредственной связью				+	+		
3	Операционные усилители, схемы на операционных усилителях.							
3.1	Аналоговые микросхемотехнические структуры						+	
4	Мощные усилительные каскады							
4.1	Усилители мощности с трансформаторной связью и дополнительной симметрией							+
5	Интегральные стабилизаторы напряжения и генераторы сигналов специальной формы							
5.1	Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения и генераторы							+
Вес КМ, %:			15	15	20	15	20	15

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Схемотехника

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Выбор схемы усилительного каскада и назначение основных элементов
- КМ-2 Расчет режимов работы усилительного каскада
- КМ-3 Выбор схемы защиты стабилизатора напряжения
- КМ-4 Расчет параметров схемы защиты

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Промежуточные и оконечные каскады усиления		+	+		
2	Параметрический стабилизатор напряжения				+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25