

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:29:41  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76e819bca802b86602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
И.Г. Игнатова  
«14» декабря 2020г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование низкочастотных аналоговых интегральных схем»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) – «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-3. Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований**

**сформулирована на основе профессионального стандарта 40.035 «Инженер-конструктор аналоговых сложнофункциональных блоков»**

Обобщенная трудовая функция D «Сопровождение работ по проекту, контроль требований технического задания на аналоговый СФ-блок и отдельные аналоговые блоки»

Трудовая функция D/01.7 «Организация выполнения работ по проектированию аналогового СФ-блока»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
<p>ПК-3. ПрНчАИС</p> <p>Способен проектировать элементы низкочастотных аналоговых интегральных схем с учетом заданных требований</p>	<p>Проектно-конструкторская: проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований</p>	<p><b>Знания:</b></p> <p>базовых элементов низкочастотных аналоговых интегральных схем и принципов их функционирования.</p> <p><b>Умения:</b></p> <p>аналитически рассчитывать основные технические параметры элементов низкочастотных аналоговых интегральных схем.</p> <p><b>Опыт деятельности:</b></p> <p>по разработке элементов низкочастотных аналоговых интегральных схем с использованием современных средств автоматизированного проектирования.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, является элективной.

Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах: «Математический анализ», «Электротехника», «Проектирование и технология устройств интегральной нанoeлектроники».

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1	2	2	72	–	16	16	40	3а

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ		
1. Модели основных элементов АИС	–	4	–	5	Опрос на практических занятиях
2. Основные усилительные каскады АИС	–	4	–	5	Опрос на практических занятиях
3. Дифференциальные усилители	–	4	4	5	Опрос на практических занятиях
					Выполнение и защита лабораторных работ
4. Операционные усилители и их применение	–	4	4	5	Опрос на практических занятиях

					Выполнение и защита лабораторных работ
5. Источники тока	–	–	4	8	Выполнение и защита лабораторных работ
6. Источники напряжения	–	–	4	12	Выполнение и защита лабораторных работ
					Защита практического задания

#### 4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Малосигнальные эквивалентные схемы полевого транзистора, схемы включения с общим истоком, общим стоком и общим затвором.
	2	2	Интегральные транзисторы. Дифференциальные проводимости, малосигнальные эквивалентные схемы биполярного транзистора.
2	3	2	Элементарные усилительные каскады, схемы включения с общим эмиттером, общим коллектором, общей базой.
	4	2	Интегральные источники тока. Токовые зеркала, методы температурной стабилизации источников постоянного тока
3	5	2	Дифференциальные усилители. Особенности и основные характеристики дифференциальных усилителей.
	6	2	Дифференциальные усилители. Теорема бисекции. ДУ на КМДП-транзисторах
4	7	2	Операционные усилители. Основные определения. Операционные усилители. Способы включения.
	8	2	Операционные усилители. Методы проектирования. Структурная схема. Расчет основных характеристик. Примеры выполнения операционных усилителей

#### 4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Название работы
3	6	4	Исследование дифференциальных каскадов на МДП транзисторах
4	7	4	Исследование статических и динамических характеристик операционного усилителя
5	2	4	Исследование источников тока и их основных характеристик
6	4	4	Исследование источников напряжения и их основных характеристик

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	5	Подготовка к опросам
2	5	Подготовка к опросам
3	2.5	Подготовка к опросам
	2.5	Подготовка к лабораторным работам
4	2.5	Подготовка к опросам
	2.5	Подготовка к лабораторным работам
5	3	Подготовка к опросам
	5	Подготовка к лабораторным работам
6	5	Подготовка к опросам
	5	Подготовка к лабораторным работам
	2	Выполнение практического задания

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Методические указания студентам по изучению дисциплины «Проектирование низкочастотных аналоговых интегральных схем».

### **Модуль 1 «Модели основных элементов АИС»**

✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу "Микросхемотехника АИС"/ В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 113 л.

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 1 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Микросхемотехника АИС" В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 46 л.

### **Модуль 2 «Основные усилительные каскады АИС»**

✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу "Микросхемотехника АИС"/ В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 113 л.

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 2 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Микросхемотехника АИС" В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 46 л.

### **Модуль 3 «Дифференциальные усилители»**

✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу "Микросхемотехника АИС"/ В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 113 л.

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 3 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Микросхемотехника АИС" В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 46 л.

### **Модуль 4 «Операционные усилители и их применение»**

✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу "Микросхемотехника АИС"/ В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 113 л.

✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 4 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Микросхемотехника АИС" В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 46 л.

### **Модуль 5 «Источники тока»**

- ✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу "Микросхемотехника АИС"/ В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 113 л.
- ✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 5 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)
- ✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Микросхемотехника АИС" В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 46 л.

#### **Модуль 6 «Источники напряжения»**

- ✓ Материалы для подготовки к опросам: Учебно-методическая разработка для самостоятельной работы студентов по курсу "Микросхемотехника АИС"/ В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 113 л.
- ✓ Материалы для подготовки к лабораторным работам: задание к лабораторным занятиям по модулю 6 (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)
- ✓ Учебно-методическая разработка для лабораторного практикума по курсу "Микросхемотехника АИС" В. В. Лосев ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М., 2007. - 46 л.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств : [Учеб. пособие] / Г.И. Волович. - 3-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2011. - 528 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/61027> (дата обращения: 14.12.2020). - ISBN 978-5-94120-254-6
2. Миндеева А.А. Элементная база аналоговых схем : Учеб. пособие / А.А. Миндеева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2012. – 184 с.
3. Шишина Л.Ю. Элементная база биполярных цифровых ИС : Конспект лекций по курсу "Элементная база БИС" / Л.Ю. Шишина. - М. : МИЭТ, 1998. - 116 с.
4. Основы топологического проектирования интегральных микросхем : Учеб. пособие / В.В. Баринов [и др.]; Под ред. В.Ф. Онацько. - М. : МИЭТ, 1994. - 120 с.
5. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем [Текст] : Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 454 с.
6. Титце У. (Tietze U.). Полупроводниковая схемотехника = Halbleiter-Schaltungstechnik : [В 2 т.] : Пер. с нем. Т. 1 / У. Титце, К. Шенк. - М. : ДМК Пресс : ДОДЭКА-XXI, 2008. - 832 с.
7. Титце У. (Tietze U.). Полупроводниковая схемотехника = Halbleiter-Schaltungstechnik : [В 2 т.] : Пер. с нем. Т. 2 / У. Титце, К. Шенк. - М. : ДМК Пресс : ДОДЭКА-XXI, 2008. - 944 с.

### **Периодические издания**

1. RUSSIAN MICROELECTRONICS. - Springer, [2000] - . - URL: <http://link.springer.com/journal/11180> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. Известия вузов. Электроника : Научно-технический журнал / М-во образования и

- науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 - .
3. IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES. - USA : IEEE, [б.г.]. – URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=16> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
2. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используются смешанное обучение, сочетающее традиционные формы аудиторных занятий и взаимодействие в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).

В ходе реализации обучения используется также «расширенная виртуальная модель», которая предполагает обязательное присутствие студентов на очных учебных занятиях или онлайн-занятиях с последующим самостоятельным выполнением индивидуального задания. Работа поводится по следующей схеме: аудиторная работа (семинары с разбором проблем, обсуждением и опросами); СРС (онлайновая работа с использованием онлайн-ресурсов, в т.ч. для организации обратной связи с обсуждением, консультированием, с последующей доработкой и подведением итогов).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: разделы ОРИОКС «Новости», «Домашние задания», электронная почта.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus
Аудитории для лабораторных работ	Компьютерный класс	Операционная система Linux, САПР Cadence

Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
--------------------------------------	---	--

## **10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

ФОС по подкомпетенции ПК-3.ПрНчАИС «Способен проектировать низкочастотные аналоговые интегральные схемы».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины в электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

Посещение семинаров, выполнение и защита лабораторных работ обязательны. Для семинаров студенты готовят доклады на заданные темы. Во время семинаров несколько студентов по очереди докладывают подготовленное задание (при необходимости с использованием компьютера и проектора). Каждый доклад обсуждается как с преподавателем, так и между студентами группы в форме дискуссии. Выполнение лабораторных работ в индивидуальном порядке. Вариант задания уточняется преподавателем (с привязкой к конкретной проблемной ситуации). Подбор проблемных заданий должен вызывать интерес у студента, базироваться на уже имеющихся знаниях, быть посильным и не тривиальным, давать предметное профессиональное знание в соответствии с моделью специалиста, учебными планами и программами. Оформляется отчет. Во время самостоятельной работы студенты готовятся к опросам на практических занятиях, к лабораторным работам, к выполнению практического задания.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение и защита лабораторных работ, активность на практических занятиях и выполнение практического задания (в сумме до 100 баллов). При сумме баллов от 50 и выше выставляется «зачет». Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>).

**Разработчик:**

Профессор, д.т.н.



/ В.В. Лосев /

Рабочая программа дисциплины «Проектирование низкочастотных аналоговых интегральных схем» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной наноэлектроники» разработана на кафедре ИЭМС и утверждена на заседании кафедры 26.11.2020 года, протокол № 5

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Ю.А. Чаплыгин /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК \_\_\_\_\_ / И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ / Т.П. Филиппова /