

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2023 15:11:44

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8b6e3881b81602

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

«14» сентября 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Аналоговые интегральные схемы»

Направление подготовки - 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Квантовые приборы и нанoeлектроника»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.**

**Подкомпетенция ПК-1.АИС** Способен проектировать аналоговые интегральные схемы сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040 Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков

**Обобщенная трудовая функция:** Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки

**Трудовые функции:** А/01.6 «Разработка электрических схем стандартных ячеек библиотеки»

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине                      | Задачи профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                | Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1.АИС Способен проектировать аналоговые интегральные схемы | - анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;<br>- математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования; | <b>Знает:</b><br>основные способы построения аналоговых элементов НЧ АИС; принципы функционирования и анализа основных элементов НЧ АИС.<br><b>Умеет:</b> аналитически рассчитывать основные характеристики аналоговых блоков<br><b>Опыт деятельности:</b><br>по проектированию характеристик аналоговых блоков с помощью средств автоматизации проектирования |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине: знание основ математического анализа, электроники, электротехники, схемотехники.

## 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) | Практические занятия (часы) |                               |                          |
| 4    | 8       | 3                       | 108                       | 20                | 20                         | –                           | 68                            | ЗаО                      |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля                   | Контактная работа |                      |                      | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля                         |
|-------------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------------------|
|                                           | Лекции            | Практические занятия | Лабораторные занятия |                        |                                                 |
| 1. Модели основных элементов АИС          | 4                 | –                    | 4                    | 14                     | Опрос на лекциях.                               |
|                                           |                   |                      |                      |                        | Выполнение и защита лабораторных работ          |
| 2. Основные усилительные каскады АИС      | 4                 | –                    | 8                    | 18                     | Опрос на лекциях.                               |
|                                           |                   |                      |                      |                        | Выполнение и защита лабораторных работ          |
| 3. Дифференциальные усилители             | 6                 | –                    | 4                    | 18                     | Опрос на лекциях.                               |
|                                           |                   |                      |                      |                        | Выполнение и защита лабораторных работ          |
| 4. Операционные усилители и их применение | 6                 | –                    | 4                    | 18                     | Опрос на лекциях.                               |
|                                           |                   |                      |                      |                        | Выполнение и защита лабораторных работ          |
|                                           |                   |                      |                      |                        | Сдача и защита практикоориентированного задания |
|                                           | 20                | -                    | 20                   | 68                     |                                                 |

#### 4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Наименование работы                                                                                                                                                                            |
|---------------------|----------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 1        | 2                    | Классификация, особенности, основные функции аналоговых БИС. Пассивные и активные компоненты                                                                                                   |
|                     | 2        | 2                    | Малосигнальные эквивалентные схемы полевого транзистора, схемы включения с общим истоком, общим стоком и общим затвором.                                                                       |
|                     | 3        | 2                    | Интегральные транзисторы. Дифференциальные проводимости, малосигнальные эквивалентные схемы биполярного транзистора.                                                                           |
| 2                   | 4        | 2                    | Элементарные усилительные каскады, схемы включения с общим эмиттером, общим коллектором, общей базой.                                                                                          |
|                     | 5        | 2                    | Элементарные усилительные каскады, каскодные схемы, способы увеличения коэффициента усиления и расширения полосы пропускания                                                                   |
|                     | 6        | 2                    | Интегральные источники тока. Токовые зеркала, методы температурной стабилизации источников постоянного тока                                                                                    |
| 3                   | 7        | 2                    | Дифференциальные усилители. Особенности и основные характеристики дифференциальных усилителей. Теорема бисекции. ДУ на КМДП- транзисторах                                                      |
|                     | 8        | 2                    | Интегральные источники постоянного напряжения, опорные источники, методы их температурной стабилизации.                                                                                        |
| 4                   | 9        | 2                    | Операционные усилители. Основные определения. Операционные усилители. Способы включения. Частотная характеристика. Переходные процессы. Операционные усилители. Связь АЧХ и ФЧХ, Устойчивость. |
|                     | 10       | 2                    | Операционные усилители. Методы проектирования. Структурная схема. Расчет основных характеристик. Примеры выполнения операционных усилителей                                                    |

#### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

#### 4.3. Лабораторные работы

| № модуля дисциплины | № лабораторной работы | Объем занятий (часы) | Наименование работы                                                                                          |
|---------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 1                     | 4                    | Исследование малосигнальных моделей активных компонентов АИС                                                 |
| 2                   | 2                     | 4                    | Исследование статических и динамических характеристик усилительных каскадов                                  |
|                     | 3                     | 4                    | Исследование статических и динамических характеристик источников тока в аналоговых ИС методом моделирования. |

|   |   |   |                                                                               |
|---|---|---|-------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | 4 | 4 | Исследование дифференциальных каскадов на биполярных и МДП транзисторах       |
| 4 | 5 | 8 | Исследование статических и динамических характеристик операционного усилителя |

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 10                   | Подготовка к опросам                                                                                                                                                                                    |
|                     | 4                    | Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы |
| 2                   | 10                   | Подготовка к опросам                                                                                                                                                                                    |
|                     | 8                    | Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы |
| 3                   | 10                   | Подготовка к опросам                                                                                                                                                                                    |
|                     | 8                    | Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы |
| 4                   | 8                    | Подготовка к опросам                                                                                                                                                                                    |
|                     | 8                    | Подготовка к лабораторным работам: изучение теоретического материала, подготовка конспекта лабораторной работы, обработка результатов моделирования, подготовка отчета и ответов на контрольные вопросы |
|                     | 2                    | Выполнение практикоориентированного 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 для самостоятельной работы студентов (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>)

**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.

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника (Полный курс) : Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под ред. О.П. Глудкина. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 768 с.
2. 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.

3. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств : [Учеб. пособие] / Г.И. Волович. - 3-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2011. - 528 с.
4. Миндеева А.А. (Автор МИЭТ, ПКИМС). элементная база аналоговых схем : Учеб. пособие / А.А. Миндеева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2012. - 184 с.
5. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники / А.Г. Алексенко. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых знаний. Физматлит : Юнимедиастилл, 2002. - 448 с.

#### **Периодические издания**

1. RUSSIAN MICROELECTRONICS. - : Springer, [2000] - . - URL: <http://link.springer.com/journal/11180> (дата обращения: 30.09.2020). - 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: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

#### **7. ПЕРЕЧЕНЬ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.09.2020). - 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: 30.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

#### **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе реализации обучения используются **смешанное обучение**, основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения. Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя. Информационно-коммуникативные технологии с использованием сети Интернет применяются для консультирования студентов, в том числе с использованием сервисов Zoom.

Применяются дистанционные образовательные технологии: онлайн лекции, онлайн консультации, использование внешних электронных ресурсов.

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

## 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                                                         | Проектор или телевизор для демонстрации презентаций, интернет                                                                                   | Операционная система Microsoft Windows 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office                                                         |
| Компьютерный класс                                                        | Компьютерная техника                                                                                                                            | САПР Cadence (OrCAD)                                                                                                                                               |
| 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 компетенции/подкомпетенции ПК-1.АИС Способен проектировать простые 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

Дисциплина состоит из лекций, лабораторных работ и дифференцированного зачёта. Освоение теоретического материала проверяется во время опроса на лекциях и в процессе приема экзамена. Выполнение и защита лабораторных работ проводятся в индивидуальном порядке и являются обязательными. Вариант задания уточняется преподавателем. На защиту необходимо предоставить отчет с результатами выполнения работы, оформленный в соответствии с требованиями к отчету.

Во время самостоятельной работы студенты готовятся к лабораторным работам, опросам на лекциях и выполняют практикоориентированное задание. Помимо предложенной учебной литературы и материалов лекций для подготовки к контрольным мероприятиям можно использовать внешние электронные ресурсы, ссылки на которые размещены в корпоративной информационно-технологической платформе ОРИОКС.

Консультации студентов проводятся в очной и онлайн формах в часы консультаций.

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

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение и защита лабораторных работ (суммарно до 70 баллов), активность на лекциях (письменные опросы, 10 балла), выполнение практикоориентированного задания (10 баллов) и дифференцированный зачёт (10 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС <http://orioks.miet.ru/>).

**Разработчик:**

Профессор, д.т.н., доцент



/ В.В. Лосев /

Рабочая программа дисциплины «Аналоговые интегральные схемы» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» по направленности (профилю) «Квантовые приборы и нанoeлектроника» разработана на кафедре ИЭМС и утверждена на заседании кафедры 26.11 2020 года, протокол № 5  
Заведующий кафедрой  / Ю.А. Чаплыгин /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

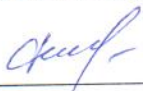
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой КФН

Заведующий кафедрой КФН  / А. А. Горбачев /

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 /