

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Аналоговые интегральные микросхемы для физического эксперимента

по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:

Материалы и устройства функциональной электроники и фотоники

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
И.А. Прудаев

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач в области радиофизики и электроники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы

ИПК 2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы

ИПК 2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы

ИПК 3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения задач в области радиофизики и электроники

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат аналоговой интегральной схемотехники.

– Научиться применять понятийный аппарат аналоговой интегральной схемотехники для схемно-топологического проектирования и верификации узлов аналоговых микросхем с использованием систем автоматизированного проектирования.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль «Детекторы синхротронного излучения».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-лабораторные: 28 ч.

в том числе практическая подготовка: 28 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Содержание курса. Классификация аналоговых схем. Принципы построения базовых усилительных каскадов, реализуемых по КМОП- (БиКМОП-) технологии. Современные полупроводниковая технология. Системы автоматизированного проектирования в микро- и наноэлектронике. Тенденции в развитии. Понятие маршрута и

правил проектирования. Основные этапы и особенности на современном этапе. Особенности создания радиационно-стойких интегральных микросхем.

Тема 2. Особенности создания интегральных микросхем.

Этапы создания интегральных микросхем. Основные технологические операции. Элементы интегральных микросхем и их топологическое воплощение. Особенности создания точностных и согласованных элементов аналоговых схем. Уменьшение разброса параметров топологическими методами. Специфические эффекты в субмикронных интегральных микросхемах. Тиристорный эффект. Охранные кольца. Контактные площадки и элементы электростатической защиты. Вопросы электромагнитной совместимости. Изоляция групп и отдельных элементов в интегральных микросхемах.

Тема 3. Искажения и шумы в усилителях.

Понятие линейных и нелинейных искажений в электронных усилителях. Динамический диапазон. Коэффициент нелинейных искажений. Интермодуляционные искажения. Шумы в электронных усилителях. Основные виды. Расчет. Принципы построения малошумящих усилителей. Выбор основных элементов. Фильтрация шумов.

Тема 4. Интегральные микросхемы для физических экспериментов.

Схема зарядочувствительного усилителя. Понятие формирования импульсных сигналов. Принципы построения интегральных микросхем для многоканальной аппаратуры физического эксперимента. Каналы амплитудной и временной обработки сигналов. Основные функциональные узлы. Примеры. Источники стабильного тока. Простейшие и усовершенствованные токовые зеркала. Источники стабильного напряжения. Исключение влияния температуры и нестабильности напряжения питания. Особенности построения схем в интегральном исполнении.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, выполнения лабораторных заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: ИПК-2.2 (Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы), ИПК-2.3 (Проводит компьютерное моделирование устройства или системы).

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в устной форме по билетам. Билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета 1 час.

В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: ИПК-2.1 (Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы), ИПК-2.2 (Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы), ИПК-2.3 (Проводит компьютерное моделирование устройства или системы), ИПК-3.1 (Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач).

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Среда электронного обучения iDO».

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы / Пасынков В. В., Чиркин Л. К. - 9-е изд. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – Электронный ресурс: ЭБС Лань (доступно в локальной сети ТГУ). – URL: <https://e.lanbook.com/book/167773>

2. Рафиков Р. А. Электронные цепи и сигналы. Аналоговые сигналы и устройства / Р. А. Рафиков. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-7607-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/230414>

б) дополнительная литература:

1. Васильев В. Ю. Современное производство изделий микроэлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 88 с. - ISBN 978-5-7782-3907-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1868873>

2. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие. – М.: Юрайт, 2019. – 463 с. – Электронный ресурс: Образовательная платформа Юрайт». – URL: <https://urait.ru/bcode/425163>

3. Основы работы с пакетами САПР интегральных микросхем на платформе Cadence Virtuoso: Сб. лабораторных работ / Э. В. Аткин, Ю. И. Бочаров, В. А. Бутузов, Е. М. Онищенко, Д. Л. Осипов, А. Б. Симаков. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 64 с.

4. Razavi B. Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw-Hill Education, Second Edition, 2016 800 p. / ISBN: 0072524936, 9780072524932.

5. Hasting A. The Art of Analog Layout Prentice Hall, Second Edition, 2005. 668 p. / ISBN: 0131464108, 9780131464100, 0131464108.

6. Baker R. J. CMOS: Circuit Design, Layout, and Simulation Wiley-Blackwell, 4th Edition, 2019. 1280 p.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Вячислая Ю.В. Физика полупроводников. Практические занятия: электронный ресурс на базе виртуальной обучающей среды «Среда электронного обучения iDO». – Томск: ТГУ, 2015. – URL: <http://info.rff.tsu.ru/enrol/index.php?id=150>.

2. Демонстрационные модели свойств полупроводников и полупроводниковых приборов (Purdue University, Gerhard Klimeck, Benjamin P Haley): электронный ресурс. – URL: <https://nanohub.org/resources/6842>

3. Физика и техника полупроводников (научный журнал РАН): электронная версия. – URL: <https://journals.ioffe.ru/journals/2>

4. Справочник по электронным компонентам. – URL: <http://kazus.ru/>

5. eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека. – URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>

6. Руководство пользователя по Cadence Virtuoso 6.1: Cadence Virtuoso Tutorial - University of Southern California. - URL: <https://ee.usc.edu/~redekopp/ee209/virtuoso/setup/USCVLSI-VirtuosoTutorial.pdf>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office 2010 Russian Academic Open, Microsoft Windows Professional 7 Academic Open (Лицензия №47729022 от 26.11.2010);
- пакет программного обеспечения PTC MathCad Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015;
- пакет SMath Studio для решения задач на практических занятиях (в свободном доступе).
- Cadence Design Systems (Удаленный доступ к ПО и оборудованию ЦКП ЭКБирЭА МИЭТ, использование в учебных целях).
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- | | | |
|---|---|---|
| – Электронный каталог Научной библиотеки | ТГУ | – |
| http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system | | |
| – Электронная библиотека (репозиторий) | ТГУ | – |
| http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index | | |
| – ЭБС Лань – | http://e.lanbook.com/ | |
| – ЭБС Консультант студента – | http://www.studentlibrary.ru/ | |
| – ЭБС ZNANIUM.com – | https://znanium.com/ | |
| – ЭБС IPRbooks – | http://www.iprbookshop.ru/ | |

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Освоение дисциплины обеспечено наличием учебной лаборатории полупроводниковой электроники на кафедре полупроводниковой электроники НИ ТГУ, где имеются маркерная доска, мультимедийный проектор с экраном, 7 компьютерных рабочих мест для обработки результатов и моделирования,

15. Информация о разработчиках

Аткин Эдуард Викторович, кандидат технических наук, доцент.

Прудаев Илья Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент.