Приложение 4

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Проектирование интегральных схем

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Сопряженная разработка программного и аппаратного обеспечения

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.12.06 Проектирование интегральных схем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине**	**Для текущего контроля успеваемости**	**Для промежуточной аттестации**
ПК-3: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и *компьютерной техники*	*ПК-3.1: Знает методы анализа и исследования математических моделей в области фундаментальной информатики и информационных технологий* *ПК-3.2: Умеет определять ключевые свойства и ограничения системы*	*ПК-3.1:* *Знать: основные математические модели и методы их анализа, применяемые в информатике и микроэлектронике (включая модели транзисторов, методы анализа электронных схем — узловых потенциалов, контурных токов, преобразования Лапласа, — а также численные и статистические методы, инструменты моделирования вроде SPICE и MATLAB/Simulink).* *Уметь: применять выбранные математические модели для описания электронных компонентов и схем, выполнять моделирование и анализ их поведения с помощью специализированного ПО, оценивать точность результатов и формулировать обоснованные выводы на основе полученных данных.* *ПК-3.2:* *Знать: ключевые аспекты проектирования интегральных схем — от физических принципов работы полупроводниковых приборов и архитектуры микросхем до*	*Практическая задача* *Тест*	*Зачёт:* *Контрольные вопросы*

		технологических процессов изготовления (литография, травление и т.д.), автоматизации проектирования (EDA-инструменты), типичных проблем (тепловыделение, паразитные эффекты) и перспективных направлений (наноэлектроника, 3D-интеграция). *Уметь: анализировать конкретную интегральную схему или проект, выявлять её ключевые функциональные и технические свойства (быстродействие, энергопотребление, площадь кристалла и т.п.), определять основные ограничения (технологические нормы, тепловые режимы, электромагнитная совместимость и др.) и предлагать обоснованные решения для их учёта или минимизации на разных этапах проектирования.*		

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	**2**
Часов по учебному плану	**72**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	**8**
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	**24**
- КСР	**1**
самостоятельная работа	**39**
Промежуточная аттестация	**0** **Зачёт**

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

.

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	оф о	оф о	оф о	оф о	оф о
1. Введение в проектирование интегральных схем Определение и классификация ИС. Этапы развития микроэлектроники. Современные тенденции в проектировании	8	1	3	4	4
2. Физические основы работы полупроводниковых приборов Полупроводниковые материалы. pn-переход. Биполярный и полевой транзисторы.	8	1	3	4	4
3. Архитектура цифровых и аналоговых микросхем Цифровые логические элементы. Аналоговые усилители и компараторы. Микроконтроллеры и процессоры на кристалле	8	1	3	4	4
4. Технологии изготовления интегральных схем Планарная технология. Литография, травление, легирование. Особенности современных техпроцессов.	9	1	3	4	5
5. Проектирование схем на уровне транзисторов Составление принципиальных схем. Расчёт параметров. Моделирование поведения схем.	10	1	3	4	6
6. Автоматизация проектирования ИС (CAD-системы) Обзор EDA-инструментов. Разработка топологии кристалла. Верификация проектов.	10	1	3	4	6
7. Потенциальные проблемы при проектировании ИС Тепловыделение и управление мощностью. Паразитные эффекты. Электромагнитная совместимость.	10	1	3	4	6
8. Перспективные направления развития ИС Наноэлектроника. Квантовые вычисления. 3D-интеграция и новые материалы.	8	1	3	4	4
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	8	24	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение в проектирование интегральных схем Определение и классификация ИС.
Этапы развития микроэлектроники. Современные тенденции в проектировании
2. Физические основы работы полупроводниковых приборов.
Полупроводниковые материалы. pn-переход. Биполярный и полевой транзисторы.
3. Архитектура цифровых и аналоговых микросхем.
Цифровые логические элементы. Аналоговые усилители и компараторы. Микроконтроллеры и процессоры на кристалле.
4. Технологии изготовления интегральных схем.
Планарная технология. Литография, травление, легирование. Особенности современных техпроцессов.
5. Проектирование схем на уровне транзисторов.

Составление принципиальных схем. Расчёт параметров. Моделирование поведения схем.
6. Автоматизация проектирования ИС (CAD-системы).
Обзор EDA-инструментов. Разработка топологии кристалла. Верификация проектов.
7. Потенциальные проблемы при проектировании ИС.
Тепловыделение и управление мощностью. Паразитные эффекты. Электромагнитная совместимость.
8. Перспективные направления развития ИС.
Наноэлектроника. Квантовые вычисления. 3D-интеграция и новые материалы.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

1. Шило В.Л. "Микроэлектроника" – М.: Бином, 2020.
2. Гитис Э.А., Колосов С.П. "Основы микроэлектроники" – М.: МИЭМ, 2019.
3. Ямпольский В.С. "Проектирование интегральных схем" – М.: Техносфера, 2021.
4. Блейкин Ю.В. "Физические основы микроэлектроники" – СПб.: Лань, 2022.
5. Мясников В.Н. "Схемотехника интегральных микросхем" – М.: Горячая линия-Телеком, 2021.
6. Курносов А.И. "Технология микроэлектронных устройств" – М.: Машиностроение, 2020.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Нарисуйте схему простого логического элемента И-НЕ на транзисторах.
2. Рассчитайте ток через транзистор при заданных параметрах.
3. Создайте таблицу истинности для триггера SR.
4. Найдите паразитную ёмкость между двумя проводниками на кристалле.
5. Разработайте модель RC-цепочки для оценки задержки сигнала.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Программа и результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все лабораторные работы или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, программа работает некорректно,

Оценка	Критерии оценивания
	результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Какой из перечисленных материалов чаще всего используется для производства ИС?
   a) Германий
   b) Кремний
   c) Медь
   d) Углерод
2. Что означает аббревиатура CMOS?
   a) Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
   b) Common Mode Oscillator Signal
   c) Computerized Memory Operating System
   d) Control Module Output Signal
3. Какой элемент является основным в цифровых ИС?
   a) Конденсатор
   b) Транзистор
   c) Диод
   d) Резистор
4. Какой из следующих процессов используется для создания рисунка на кремниевом слое?
   a) Литография
   b) Пайка
   c) Сварка
   d) Диффузия
5. Какой CAD-инструмент используется для моделирования схем?
   a) AutoCAD
   b) SPICE
   c) MATLAB
   d) SolidWorks
6. Какой из следующих эффектов наиболее опасен для высокочастотных схем?
   a) Эффект Холла
   b) Паразитная индуктивность
   c) Пьезоэффект
   d) Термоэлектрический эффект
7. Что такое SoC?
   a) Система на плате
   b) Система на кристалле
   c) Система на модуле
   d) Система на пакете
8. Какой из следующих параметров определяет быстродействие ИС?
   a) Площадь кристалла
   b) Размер транзистора

c) Цвет корпуса
d) Температурный коэффициент

9. Какой метод используется для уменьшения тепловыделения?
a) Увеличение напряжения питания
b) Снижение тактовой частоты
c) Увеличение плотности монтажа
d) Использование более тонких проводников

10. Что такое BIST?
a) Встроенный самотестер
b) Блок индикации состояния
c) Базовый интерфейс системы
d) Быстрая система тестирования

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Не менее 80% правильных ответов в тесте.
не зачтено	Менее 80% правильных ответов в тесте.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	**плохо**	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	не зачтено		**зачтено**				
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в

	ответа		Выполнены все задания, но не в полном объеме	ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	**превосходно**	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	**неудовлетворительно**	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Что такое интегральная схема?

2. Какие виды интегральных схем существуют?
3. Что такое планарная технология?
4. Какие этапы включает производство ИС?
5. Что такое pn-переход?
6. Чем отличается биполярный транзистор от полевого?
7. Как работает MOSFET?
8. Какие логические элементы используются в цифровых схемах?

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Основы электротехники, микроэлектроники и управления : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. - 2-е изд. - Москва : Юрайт, 2026. - 601 с. - (Высшее образование). - URL: https://urait.ru/bcode/587298 (дата обращения: 24.01.2026). - ISBN 978-5-534-20476-6 : 1979.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=999427&idb=0.
2. Проектирование интегральных схем. Практикум / Певцов Е. Ф.,Малето М. И.,Коротаев Ю. А.,Золотарѐв А. А.,Лукьянова Я. А. - Москва : РТУ МИРЭА, 2024. - 173 с. - Книга из коллекции РТУ МИРЭА - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-7339-2356-7., https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=970901&idb=0.

Дополнительная литература:

1. Физические основы микроэлектроники / Смирнов В.А., Шуваева О.В. - Москва : Инфра-Инженерия, 2021., https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=790306&idb=0.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
2. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.
3. Среда разработки семейства MicrosoftVisualStudio, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
4. Марков Е. Архитектура распределённых приложений // PC Week/RE («Компьютерная неделя»). – https://www.itweek.ru/infrastructure/article/detail.php?ID=66147

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной

программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.