

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  
Передовая инженерная школа «Современные системы связи, радиолокации и  
радионавигации»

Отделение «Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники»

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол  
№12 09.11.2022 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

**Современные методы проектирования интегральных микросхем**

---

Уровень высшего образования  
**магистратура**

---

Направление подготовки  
**09.04.03«Прикладная информатика**

---

Магистерская программа  
**Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники**

---

Форма обучения  
**очная**

---

Нижний Новгород

2023

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 « <i>Современные методы проектирования интегральных микросхем</i> » относится к части ООП направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 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**	
ПК-13. Способен применять в профессиональной деятельности современные методы и технологии автоматизации процессов проектирования и управления производством изделий микроэлектроники.	<i>ПК-13.1. Демонстрирует знание основных понятий, связанных с задачами проектирования интегральных микросхем</i>	Знает основные понятия, связанные с задачами проектирования интегральных микросхем	<i>Контрольные вопросы</i>  <i>Лабораторная работа</i>
	<i>ПК-13.2. Демонстрирует умение построить математические модели процессов проектирования интегральных микросхем.</i>	Умеет построить математические модели процессов проектирования интегральных микросхем.	
	<i>ПК-13.3. Имеет практический опыт решения задач проектирования интегральных микросхем.</i>	Владеет методами решения задач проектирования интегральных микросхем.	

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>4 3ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>65</b>
- занятия лекционного типа	32
- занятия лабораторного типа	32
- текущий контроль (КСР)	1

самостоятельная работа	79
Промежуточная аттестация – зачет	

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
<b>Введение в предмет</b>	2	2		0	2	
<b>Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ В ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ LINUX.</b>	26	10		6	16	10
<b>Раздел 2. МАРШРУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ</b>	12	2		2	4	8
<b>Раздел 3. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ</b>	10	2		2	4	6
<b>Раздел 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ</b>	12	2		3	5	7
<b>Раздел 5. АНАЛОГОВЫЕ СХЕМЫ</b>	13	2		3	5	8
<b>Раздел 6. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>	16	2		4	6	10
<b>Раздел 7. ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.</b>	16	2		4	6	10
<b>Раздел 8. ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ</b>	18	4		4	8	10
<b>Раздел 9. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ТОПОЛОГИИ</b>	18	4		4	8	10
<b>Текущий контроль (КСР)</b>	1					
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>						
<b>Итого</b>	144	32		32	64	79

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лабораторного типа

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет)

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельно выполняются исследовательская работа.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Лабораторные работы - получение студентом допуска к лабораторной работе, сдача теоретического минимума, сдача отчета по лабораторной работе. Индивидуальные консультации с преподавателем.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### Критерий оценивания практических заданий (лабораторных работ)

Оценка		Результаты работы
зачтено	Превосходно	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.
	Отлично	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.
	Очень хорошо	Выполнены основные этапы решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
	Хорошо	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
	Удовлетворительно	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с существенными недочетами. Код и результаты работы представлены

		преподавателю, но с отклонениями от сроков.
не зачтено	Неудовлетворительно	Выполнены не все практические задания (лабораторные работы) или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).
	Плохо	Студент не приступал к выполнению практических заданий.

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. МАРШРУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ	ПК-13
2. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ	ПК-13
3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ	ПК-13
4. АНАЛОГОВЫЕ СХЕМЫ	ПК-13
5. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ	ПК-13
6. ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.	ПК-13
7. ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ	ПК-13
8. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ТОПОЛОГИИ	ПК-13

### 5.2.2. Типовые лабораторные работы для оценки сформированности компетенций ПК-13

	Наименование лабораторной работы
1	<b>Лабораторная работа 1</b> <b>Современные промышленные форматы топологии микросхемы</b> Изучить спецификацию формата GDSII.
1.1.	Ознакомиться со спецификацией формата. Изучить описание записи GDSII и основные типы записей: BGNLIB, LIBNAME, UNITS, BGNSTR, STRNAME, BOUNDARY, BOX, SREF, AREF, COLROW, LAYER, XY.
1.2.	Составить описание топологии микросхемы по текстовому представлению GDSII-файла (LR1.txt).
1.3.	Реализовать конвертер GDSII-файлов в текстовое представление. Типы записей для конвертации: BGNLIB, LIBNAME, UNITS, BGNSTR, STRNAME, BOUNDARY, BOX, LAYER, XY, ENDEL, ENDSTR, ENDLIB. GDSII-файл для конвертации – LR1.GDSexampleflat.
1.4.	Реализовать конвертер GDSII-файлов в текстовое представление. Типы записей для конвертации: BGNLIB, LIBNAME, UNITS, BGNSTR, STRNAME, BOUNDARY, BOX, SREF, AREF, COLROW, LAYER, XY, ENDEL, ENDSTR, ENDLIB. GDSII-файл для конвертации – LR1.GDSexamplehier.
2	<b>Лабораторная работа 2</b> <b>Работа в топологическом редакторе</b> В топологическом редакторе LayoutEditor разработать топологию мультиплексного узла.
2.1.	Разработать произвольную топологию, содержащую элементы в 9 слоях.
2.2.	Разработать топологию мультиплексного узла в соответствии с приведенными изображениями.

2.3.	Преобразовать разработанную топологию в иерархическое представление (организовать структуру вложенных ячеек).
3.	<b>Лабораторная работа 3</b> <b>Знакомство с форматом скрипта верификации</b> Изучить синтаксис скрипта верификации
3.1.	Разработать произвольную топологию, содержащую элементы в 9 слоях.
3.2.	Разработать топологию мультиплексного узла в соответствии с приведенными изображениями.
3.3.	Преобразовать разработанную топологию в иерархическое представление (организовать структуру вложенных ячеек).
4.	<b>Лабораторная работа 4</b> <b>Верификация топологии микросхемы на соответствие нормам конструктивно-технологических ограничений</b> С помощью приложения ПО КТО выполнить верификацию топологии, разработанной в Лабораторной работе 2, и её последующую коррекцию.
4.1.	Выполнить сборку приложения ПО КТО (Лабораторная работа 4. Приложение. РОКТО, Лабораторная работа 4. Приложение. Руководство). Разработать скрипт верификации, содержащий операции чтения и сохранения в БД исходных слоев.
4.2.	Разработать скрипт верификации, содержащий операции чтения исходных слоев, операции топологических проверок и операции сохранения слоев ошибок в БД.
4.3.	На основании результатов верификации произвести коррекцию топологии.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература

1. Введение в теорию радиолокационных систем [Электронный ресурс] / Ботов М.И., Вяхирев В.А., Девотчак В.В. - Красноярск : СФУ, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763827408.html>

### б) дополнительная литература

- Роль различных механизмов деформирования при оценке ресурса оборудования АЭС : 1. Кривошеев В.И. Спектральные представления сигналов. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 2005. <http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RFNNSU/SpectrSignal.pdf>

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. [www.cadence.com](http://www.cadence.com) – сайт производителя ПО САПР Cadence
2. [www.mentor.com](http://www.mentor.com) – сайт производителя ПО САПР Mentor Graphics
3. [www.electronics.ru](http://www.electronics.ru) – сайт журнала «Электроника НТБ»
4. [www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru) – ресурс «Время электроники»
5. [www.kit-e.ru](http://www.kit-e.ru) – сайт журнала «Компоненты и технологии»
6. Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
7. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом
8. Среда разработки семейства MicrosoftVisualStudio, лицензия по подписке MicrosoftImagine

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами

обучения: Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Наличие рекомендованной литературы.

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

Специальное образовательное пространство «Учебно-лабораторный интерактивный комплекс "Суперкомпьютерное моделирование, проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники", для проведения лабораторных и практических занятий, предусмотренных программой, оснащенное

- высокопроизводительной вычислительной системой: программно-аппаратным комплексом «Логос» (коммерческая лицензия);
- учебный класс с 15 персональными компьютерами с установленным специализированным прикладным программным обеспечением: программный комплекс инженерного назначения Логос (академическая лицензия);
- сетевым оборудованием для доступа к высокопроизводительному ПАК «Логос»;
- офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Специальное образовательное пространство «Инженерный анализ, моделирование и проектирование электронных устройств и двух учебных классов, для проведения лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы, предусмотренных программой, оснащенное

- 2 учебных класса по 9 персональных компьютеров с установленным специализированным прикладным программным обеспечением (академические лицензии): ПО Логос Аэро-Гидро, ПО Логос-Прочность, ПО Логос-Препост, ПО Логос-Платформа;
- сетевым оборудованием для обеспечения инженерных расчетов с рабочих мест на удаленных высокопроизводительных ресурсах, каналом доступа к высокопроизводительным вычислительным системам: вычислительный центр РФЯЦ-ВНИИЭФ, суперкомпьютер «Лобачевский»;
- офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС ННГУ по направлению подготовки **09.04.03 «Прикладная информатика».**

Авторы к.т.н., доцент Власов В.С.

Михайлов А.С.

Живчикова Ю.А.

Рецензент профессор Федосенко Ю.С.

Руководитель отделения профессор М.Х.Прилуцкий

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики



19.10.2022 года, протокол № 2