

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

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол №13 от 30.11.2022

**Рабочая программа дисциплины**

**«Методы проектирования интегральных  
микросхем с использованием систем  
автоматизированного проектирования»**

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

**090303 «Прикладная информатика**

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

**«Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники»**

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

**очная**

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2022

## 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.03.01 «Методы проектирования интегральных микросхем с использованием САПР» относится к части ООП направления подготовки 09.03.03 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**	
<b>ПК-14.</b> Способен применять современные информационные технологии и инструментальные программные средства автоматизации проектирования и производства интегральных микросхем	<b>ПК-14.1.</b> Демонстрирует знание современных информационных технологий и инструментальных программных средств автоматизации проектирования и производства интегральных микросхем.	Знает методы проектирования интегральных схем с использованием САПР.	<i>Контрольные вопросы Лабораторные работы</i>
	<b>ПК-14.2.</b> Демонстрирует умение применять современные информационные технологии и инструментальные программные средства для автоматизации процессов проектирования и производства интегральных микросхем.	Умеет применять методы проектирования интегральных схем для решения профессиональных задач.	
	<b>ПК-14.3.</b> Имеет опыт проектирования и распределения ресурсов производства конкретных микросхем с использованием современных информационных технологий и инструментальных программных средств САПР.	Владеет методами проектирования интегральных схем с использованием САПР.	

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>4 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>в том числе</b>	

<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>49</b>
- занятия лекционного типа	16
- лабораторные работы	32
- текущий контроль (КСР)	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>95</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

### 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	
1. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА LINUX.	10	2		2	4	6
2. ОСНОВНЫЕ КОМАНДЫ LINUX	13	2		2	4	9
3. МАРШРУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В САПР	13	1		2	3	10
4. СРЕДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ	13	1		2	3	10
5. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ	15	1		4	5	10
6. АНАЛОГОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ	15	1		4	5	10
7. СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ	16	2		4	6	10
8. ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.	16	2		4	6	10
9. ВИДЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ	16	2		4	6	10
10. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ТОПОЛОГИИ	16	2		4	6	10
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>49</b>	<b>95</b>

Занятия лабораторного типа организуются, в том числе в форме практической подготовки.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие знаний, умений и навыков применения современных информационных технологий, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лабораторного типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (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	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи.

	умений вследствие отказа обучающегося от ответа	умения.  Имели место грубые ошибки.	ошибками. 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 несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	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.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован 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 ответов на типовые контрольные вопросы для собеседования и вопросы к зачету**

Результаты ответа	Оценка
Студент дал развернутый ответ на все вопросы.	зачтено
Студент ответил только на часть вопросов или дал неразвернутый ответ на все вопросы.	не зачтено

**Критерий оценивания практических заданий (лабораторных работ)**

Результаты работы	Оценка
Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок. Описание всех этапов выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.	зачтено
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).	не зачтено

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

**5.2.1 Контрольные вопросы**

Вопрос	Код компетенции
<p><b>1.МАРШРУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В САПР</b>  1.1. Маршруты проектирования для различных типов интегральных микросхем  1.2 Структура САПР БИС  1.3 Программное обеспечение. Основные программные модули  1.4 Информационное обеспечение</p> <p><b>2. СРЕДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b>  2.1 Файлы настройки среды проектирования  2.2 Понятие проекта, настройки проекта  2.3 Библиотека проекта (структура, создание, подключение)  2.4 Стандартные библиотеки</p> <p><b>3. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ</b>  3.1 Разработка УГО (понятие символа, создание, редактирование)  3.2 Разработка иерархической схемы (создание, редактирование, проверка, сохранение)  3.3 Свойства элементов  3.4 Практическая работа</p> <p><b>4. АНАЛОГОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ</b>  4.1 Подготовка проекта.  4.2 Подключение тестовых схем  4.3 Библиотека базовых элементов  4.4 Наборы Spice-параметров</p>	<i>ПК-14</i>

<p>5. СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ</p> <p>5.1 Основные этапы проведения моделирования</p> <p>5.2 Интерактивная среда – основные возможности</p> <p>5.3 Задание входных воздействий, типы анализа, просмотр результатов моделирования</p>	
<p>6 ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.</p> <p>6.1 Краткое описание возможностей</p> <p>6.2 Назначение и условия применения</p> <p>6.3 Подготовка к работе</p> <p>6.4 Использование топологических представлений</p> <p>6.5 Ввод топологии</p> <p>6.6 Редактирование топологии</p> <p>6.7 Использование иерархии проекта</p> <p>6.8 Использование параметризованных ячеек</p> <p>6.9 Практическая работа</p> <p>7 ВИДЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ</p> <p>7.1 Виды физической верификации. Область применения</p> <p>7.2 Маршрут верификации.</p> <p>7.3 Файл правил проектирования</p> <p>7.4 Структура файла правил</p> <p>7.5 Определение исходных и формирование производных слоев</p> <p>7.6 Правила проверки правил проектирования</p> <p>7.7 Описание связности слоёв</p> <p>7.8 Правила восстановления электрической схемы из топологии</p> <p>7.9 Правила сравнения топологии со схемой</p> <p>8. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ТОПОЛОГИИ</p> <p>8.1 Исходные данные для верификации</p> <p>8.2. Файл правил</p> <p>8.3. База данных топологии</p> <p>8.4. Программное средство для проверки правил конструктивно-технологических ограничений (КТО)</p> <p>8.5. Поток данных в DRC</p> <p>8.6. Файл установки пользовательского интерфейса</p> <p>8.7. Запуск программного средства проверки КТО</p> <p>8.8. Анализ результатов проверки КТО</p> <p>8.9. Программное средство для сравнения топологии со схемой (LVS)</p> <p>8.10. Поток данных в LVS</p> <p>8.11. Окно запуска LVS</p> <p>8.12. Результаты LVS</p>	

### 5.2.2 Лабораторные работы

#### Лабораторная работа 1. Знакомство с промышленным форматом топологии микросхемы GDSII

1. Изучить спецификацию формата GDSII.
2. Ознакомиться со спецификацией формата. Изучить описание записи GDSII и основные типы записей: BGNLIB, LIBNAME, UNITS, BGNSTR, STRNAME, BOUNDARY, BOX, SREF, AREF, COLROW, LAYER, XY.
3. Составить описание топологии микросхемы по текстовому представлению GDSII-файла (LR1.txt).
4. 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.GDS\_example\_flat.

5. 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.GDS\_example\_hier.

#### **Лабораторная работа 2. Работа в топологическом редакторе**

1. В топологическом редакторе LayoutEditor разработать топологию мультиплексного узла.
2. Разработать произвольную топологию, содержащую элементы в 9 слоях.
3. Разработать топологию мультиплексного узла в соответствии с приведенными изображениями.
4. Преобразовать разработанную топологию в иерархическое представление (организовать структуру вложенных ячеек).

#### **Лабораторная работа 3. Знакомство с форматом скрипта верификации**

1. Изучить синтаксис скрипта верификации
2. Разработать произвольную топологию, содержащую элементы в 9 слоях.
3. Разработать топологию мультиплексного узла в соответствии с приведенными изображениями.
4. Преобразовать разработанную топологию в иерархическое представление (организовать структуру вложенных ячеек).

#### **Лабораторная работа 4. Верификация топологии микросхемы на соответствие нормам конструктивно-технологических ограничений**

1. С помощью приложения ПО КТО выполнить верификацию топологии, разработанной в Лабораторной работе 2, и её последующую коррекцию.
2. Выполнить сборку приложения ПО КТО (Лабораторная работа 4. Приложение. РО\_КТО, Лабораторная работа 4. Приложение. Руководство).
3. Разработать скрипт верификации, содержащий операции чтения и сохранения в БД исходных слоев.
4. Разработать скрипт верификации, содержащий операции чтения исходных слоев, операции топологических проверок и операции сохранения слоев ошибок в БД.
5. На основании результатов верификации произвести коррекцию топологии.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

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:

1. Кривошеев В.И. Спектральные представления сигналов. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 2005. [http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF\\_NNSU/SpectrSignal.pdf](http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/SpectrSignal.pdf)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

[www.cadence.com](http://www.cadence.com) – сайт производителя ПО САПР Cadence

[www.mentor.com](http://www.mentor.com) – сайт производителя ПО САПР Mentor Graphics

[www.electronics.ru](http://www.electronics.ru) – сайт журнала «Электроника НТБ»

[www.russianelectronics.ru](http://www.russianelectronics.ru) – ресурс «Время электроники»

[www.kit-e.ru](http://www.kit-e.ru) – сайт журнала «Компоненты и технологии»

### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

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

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 **09.03.03 «Прикладная информатика».**

Автор Михайлов А.С.

Рецензент профессор Федосенко Ю.С.

Руководитель отделения ПИШ профессор М.Х.Прилуцкий

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

07.12.2022 протокол №4