

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 03.02.2025 12:02:28

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736076c8f60a0887b84601

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«13» сентября 2024 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Инструменты разработки ПЛИС»

Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Программные средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле»

Программа разработана в Передовой инженерной школе

«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2024 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-2 «Способен проводить анализ и тестирование характеристик программных продуктов и/или аппаратных средств» сформулирована на основе профессионального стандарта 40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле».

Обобщенная трудовая функция: А - «Разработка функционального описания и технического задания на систему на кристалле (СнК)».

Трудовая функция: А/04.7 – «Определение набора блоков, реализуемых в виде аппаратной части, и набора блоков, реализуемых в виде программной части (разбиение СнК на аппаратную и программную части)»; А/05.7 - «Разработка архитектуры всей СнК на основе сложнофункциональных блоков».

Обобщенная трудовая функция: В – «Разработка синтезпригодного описания уровня регистровых передач».

Трудовая функция: В/05.7 – «Проведение программно-аппаратной верификации СнК».

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-2. ИРПЛИС. Способен проводить анализ и тестирование характеристик аппаратных средств с использованием программного прототипирования.	Анализ и тестирование аппаратных средств с использованием программного прототипирования	Знания: эффективные методы и алгоритмы для решения научно-исследовательских задач по описанию архитектуры, анализу и тестированию характеристик проектируемой ПЛИС; программные средства прототипирования ПЛИС. Умения: использовать методы и алгоритмы в рамках подхода программного прототипирования для решения задач анализа характеристик основных современных архитектур ПЛИС. Опыт: разработки и анализа прототипов программируемых логических интегральных схем на основе подхода программного прототипирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области цифровой схемотехники и геометрического моделирования.

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)		
2	3	4	144	16	16	-	76	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 1. Введение в ПЛИС	2	4	-	10	Тестирование; Защита ЛР
Модуль 2. Основные компоненты современных ПЛИС	4	-	-	20	Тестирование
Модуль 3. Маршрут проектирования на основе ПЛИС	4	8	-	20	Тестирование; Защита двух ЛР
Модуль 4. Программное прототипирование	6	4	-	26	Тестирование; Защита ЛР

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	История развития программируемых логических матриц, программируемых логических интегральных схем. Отличия от схем заказного проектирования и БМК. Назначение современных ПЛИС. Основные архитектуры современных ПЛИС: древовидные, островные, однородные и гетерогенные. Тенденции развития. Обзор существующих зарубежных и отечественных решений компаний: Intel (Altera), AMD (Xilinx), Microsemi, АО «НИИМЭ», ДЦ «Союз», АО «ПКК Миландр», КТЦ «Электроника». Сферы применения ПЛИС.
2	2	2	Компоненты архитектуры ПЛИС, их функциональное назначение: логические и коммутационные ресурсы, сложно-функциональные блоки, блоки ввода-вывода. Обзор современных технологий программирования ПЛИС (SRAM, EEPROM/Flash, antifuse).
	3	2	Принципы работы и особенности построения компонентов ПЛИС: программируемый логический элемент, блок ввода-вывода, трассировочные элементы, сложно-функциональные блоки.
3	4	2	Маршрут проектирования на основе ПЛИС. Основные этапы стандартного маршрута проектирования интегральных схем в базе ПЛИС, понятия логического и физического синтеза. Обзор коммерческих и открытых средств проектирования для реализации полного маршрута проектирования, включая решение задач: логического синтеза, технологического отображения, кластеризации, размещения, трассировки, статического временного анализа, моделирования исходного RTL описания проектируемой схемы и её финальной реализации в базе ПЛИС.
	5	2	Описание двух вариантов выполнения логического синтеза: на основе универсального LUT-элемента и библиотек логических элементов ПЛИС. Обзор возможностей программы Yosys, сценарии выполнения автоматического логического синтеза с его помощью. Применение преимуществ архитектуры в процессе технологического отображения элементов. Описание этапов планировки и размещения логических элементов, ячеек ввода/вывода, сложно-функциональных блоков на ПЛИС. Глобальное и детальное размещение. Обзор методов и алгоритмов планировки и размещения логических элементов. Описание этапа трассировки межсоединений на основе ПЛИС. Отличия трассировочной архитектуры различных ПЛИС. Обзор методов и алгоритмов трассировки. Типы трассировочных ресурсов и подходы к их использованию.
4	6	2	Принципы программного прототипирования: методы описания архитектур, подбор и анализ параметров для оценки качества разработанной архитектуры.
	7	2	Программные средства для выполнения программного прототипирования. COFFEE 2. VTR. X-CAD. Подходы к настройке САПР на новую архитектуру ПЛИС. Форматы и типы файлов,

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			содержащих информацию об архитектуре кристалла и структуре составляющих его элементов: схемотехническое представление ПЛИС; геометрическое представление; библиотеки элементов; программные сценарии, управляющие технологическим отображением и всем процессом автоматического проектирования. Типы библиотек элементов, их место в маршруте проектирования.
	8	2	Мастер-класс по организации процесса программного прототипирования ПЛИС островной архитектуры.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	«Введение в проектирование ИС на ПЛИС» Изучить назначение и возможности системы автоматизированного проектирования (САПР) интегральных схем (ИС) X-CAD. Приобрести практические навыки по подготовке исходного описания схемы, созданию проекта, настройке его параметров, запуску автоматического проектирования, моделированию схемы и анализу полученных результатов.
3	2	4	«Применение семисегментного индикатора в составе отладочной платы на базе ПЛИС 5510XC3AT» Получить практические навыки проектирования цифровых устройств на основе комбинационной и последовательностной логики в базисе ПЛИС 5510XC3AT в САПР X-CAD, а также навыки использования компонентов отладочной платы на базе рассматриваемой ПЛИС.
	3	4	«Разработка базовых компонентов прототипа ПЛИС островной архитектуры» Получить практические навыки разработки описаний базовых компонентов ПЛИС: программируемого логического элемента, блоков ввода-вывода, набора трассировочных элементов.
4	4	4	«Применение подхода программного прототипирования» Получить практические навыки по применению программного прототипирования для оценки вариантов реализации архитектуры ПЛИС, разработки критериев оценивания и выбора наилучшего

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
			проектного решения для набора целевых тестовых схем.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Подготовка к тестированию по материалам модуля №1.
	4	Подготовка к лабораторной работе.
2	20	Подготовка к тестированию по материалам модуля №2.
3	10	Подготовка к тестированию по материалам модуля №3.
	10	Подготовка к лабораторным работам.
4	12	Подготовка к тестированию по материалам модуля №4.
	8	Подготовка к лабораторной работе.
	6	Подготовка к сдаче экзамена по дисциплине.

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// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- Сценарий по дисциплине
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ
- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты заданий для экзамена.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

- 1 Романов, А. Ю. Цифровой синтез. Практический курс : учебное пособие / А. Ю. Романов, Ю. В. Панчул. - Москва : ДМК Пресс, 2020. - 556 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/179492> (дата обращения: 05.10.2023). - ISBN 978-5-97060-

850-0. - Текст : электронный.

- 2 Маршрут топологического синтеза для реконфигурируемых систем на кристалле специального назначения / С. В. Гаврилов, Д. А. Железников, М. А. Заплетина [и др.]. - Текст : электронный // МИКРОЭЛЕКТРОНИКА. - Москва : ИКЦ Академкнига, 2019. - № 3- С. 211-223. - URL: <https://sciencejournals.ru/view-issue/?j=mikelek&y=2019&v=48&n=3> (дата обращения: 16.11.2021). - Режим доступа: свободный.
- 3 Казеннов Г.Г. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казеннов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 296 с. - ISBN 978-5-94774-232-9 : 91-30, 2000 экз.
- 4 Модели и методы анализа структуры коммутационных ресурсов ПЛИС / Р. Ж. Чочаев, Д. А. Железников, Г. А. Иванова [и др.]. - Текст : электронный : непосредственный // ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ЭЛЕКТРОНИКА. - Москва : МИЭТ, 2020. - № 5. - С. 410-422.
- 5 Ушенина, И. В. Проектирование цифровых устройств на ПЛИС : учебное пособие / И. В. Ушенина. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 408 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/322511> (дата обращения: 05.05.2023). - ISBN 978-5-507-47049-5. - Текст : электронный.

Нормативная литература

Не требуется

Периодические издания

- 1 ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЭЛЕКТРОНИКА: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.
- 2 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: Теорет. и прикладной науч.-техн. журн. / Издательство "Новые технологии". - М. : Новые технологии, 1995 -.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

- 1 IEEE/IET Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 10.01.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»
- 2 Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL:

- <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
- 3 Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
- 4 eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования онлайн тестирования, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах:

- *электронных компонентов и сервисов:*

- EEVblog #496 - What Is An FPGA? URL: <https://www.youtube.com/watch?v=gUsHwi4M4xE>
- [FPGA 2021] FABulous: An Embedded FPGA Framework. URL: https://www.youtube.com/watch?v=8V_04kfNZMI
- [FPGA 2021] PRGA: An Open-Source FPGA Research and Prototyping Framework. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jXVMxY8kwqs>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Компьютер с мультимедийным оборудованием	Win pro от 7, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Лаборатория	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	Операционная система Microsoft Windows Pro от версии 7; браузер (один из: Firefox, Google Chrome, Яндекс Браузер); Acrobat Reader DC, САПР X-CAD, Icarus Verilog, GTKWave.
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/ Linux Microsoft Office/OnlyOffice Браузер Acrobat Reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-2.ИРПЛИС «Способен проводить анализ и тестирование характеристик аппаратных средств с использованием программного прототипирования».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: [HTTP://ORIOKS.MIET.RU/](http://orioks.miet.ru/).

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Материал представлен четырьмя модулями. В первом модуле рассматривается история развития ПЛИС, отличия от схем заказного проектирования и БМК, назначение современных ПЛИС, основные архитектуры и тенденции развития. Во втором модуле рассматриваются основные компоненты современных ПЛИС: принцип их работы, особенности построения, типы, назначение. Третий модуль посвящен маршруту проектирования на основе ПЛИС: логический синтез, технологическое отображение, кластеризация, размещение, трассировка, формирование программирующей последовательности. В четвертом модуле рассматривается подход программного прототипирования: программное обеспечение, методы описания архитектур, подбор и анализ параметров для оценки качества разработанной архитектуры.

Защита лабораторной работы проходит после выполнения студентом каждой из четырех лабораторных работ, предусмотренных на курсе. Защита состоит из ответов на теоретические вопросы, приведенные в конце методических материалов к каждой лабораторной работе, а также из демонстрации результатов выполнения лабораторной работы в соответствии с индивидуальным заданием студента.

Для закрепления полученных знаний и в качестве практической составляющей подготовки студентов, ими выполняются самостоятельные индивидуальные работы по тематике лекций и лабораторных работ. Самостоятельные работы могут проходить как аудиторно (в аудиториях для самостоятельной подготовки), так и дома. Самостоятельные работы включают в себя четыре тестирования, которые выполняются каждым студентом индивидуально без помощи преподавателя. Критерием оценки самостоятельных работ является доля правильных ответов студента.

Полученные знания на лекциях, а также на лабораторных работах, могут быть использованы студентами при выполнении индивидуальных профессиональных проектов, а так же написании выпускных квалификационных работ.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

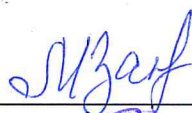
Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 80 баллов) и сдача экзамена (20 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИКИ:

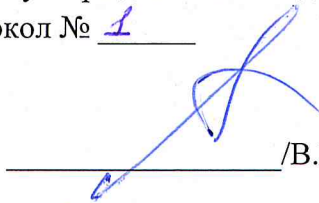
Ст. преподаватель Института ИнЭл, к.т.н.

Преподаватель Института ИнЭл

 /М.А. Заплетина/
 /Р.Ж. Чочаев/

Рабочая программа дисциплины «Инструменты разработки ПЛИС» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Программные средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле» разработана в Институте ИнЭл и утверждена на заседании Ученого совета Института ИнЭл 06.03 2024 года, протокол № 1

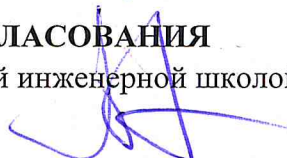
Директор Института ИнЭл

/В.В. Лосев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ

/А.Л. Переверзев /

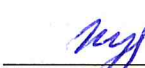
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

/И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

 Директор библиотеки

/Т.П. Филиппова/