Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 05.02.2025 12:02:28
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c9f8bac88368d602

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 базисе 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 базисе 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 оценирования 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 авторизированных пользователей МИЭТ
3 Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: https://urait.ru/ (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизированных 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 Crome); 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/**.

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. _____/М.А. Заплетина/

Преподаватель Института ИнЭл _____/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/

/Корзунов А.П./