Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 05.02.2025 12:03:23
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

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» октября 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Модели и методы проектирования интегральных схем»

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-1 «Способен разрабатывать программы автоматизации проектирования интегральных схем на логическом, схемотехническом и топологическом уровне» сформулирована на основе профессионально стандарта 06.015 «Специалист по информационным системам».
Обобщенная трудовая функция: D – «Управление работами по сопровождению и проектами создания (модификации) ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы»
Трудовая функция: D/16.7 – «Организационное и технологическое обеспечение проектирования и дизайна ИС в рамках управления работами по сопровождению и проектами создания (модификации) ИС»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций**
ПК-1.ММПИС Способен разрабатывать программы автоматизации проектирования интегральных схем на логическом, схемотехническом и топологическом уровне	Разработка программного кода для автоматизации проектирования ИС	***Знания***: моделей и методов проектирования интегральных схем ***Умения***: анализировать исходные данные для разработки программ автоматизации проектирования ИС ***Опыт***: использования математических моделей и методов при проектировании ИС

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 современных языков программирования высокого уровня, методов измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов, методов выполнения технических расчетов, моделирования с применением средств вычислительной техники, специализированных систем автоматизированного проектирования, основ схемотехники радиоэлектронных средств, современной отечественной и зарубежной элементной базы.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕТ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	4	144	-	16	16	112	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 1. Математические графовые модели и методы на уровне логического, логико-временного и статического временного анализа	-	8	8	52	Прохождение опроса, решение задач на практических занятиях №2, 3, 4 Защита лабораторных работ №1, 2 Тестирование Выполнение практико-ориентированного задания
Модуль 2. Математические топологические модели для автоматизации физического синтеза	-	8	8	60	Прохождение опроса на практических занятиях №6, 8 Защита лабораторных работ №3, 4 Выполнение и сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

Не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Маршруты проектирования цифровых СБИС. Обзор основных математических моделей для автоматизации проектирования цифровых СБИС на логическом уровне
	2	2	Диаграммы двоичных решений (BDD). Аппарат для работы с Булевыми функциями. Решение задач на построение упорядоченных диаграмм решений (ROBDD). Подготовка к лабораторным работам
	3	2	Последовательно-параллельные диаграммы двоичных решений (SP-BDD). Моделирование цифровых КМОП схем. Решение задач на построение SP-BDD как модели сложных КМОП вентилей
	4	2	Деревья синтаксического разбора. Задачи на построение прямой и обратной польской записи для формульных выражений. Подготовка к лабораторным работам
2	5	2	Методы логико-временного анализа цифровых схем. Понятия актуального и требуемого времени прибытия сигнала. Решение задач на вычисление резерва времени (slack). Подготовка к лабораторным работам
	6	2	Алгоритм Киркпатрика для статического временного анализа цифровых КМОП схем. Решение задач поиска критических путей и нарушений временных ограничений с применением математических моделей
	7	2	Модели и методы физического проектирования КМОП СБИС на уровне топологии стандартных ячеек. Изучение топологической модели стандартной КМОП ячейки. Подготовка к выполнению практико-ориентированного задания
	8	2	Этапы физической верификации топологии СБИС и их назначение. Булевы операции над объектами топологии стандартных ячеек. Подготовка к лабораторным работам и выполнению практико-ориентированного задания

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Разработка алгоритмов и программ для работы с BDD
	2	4	Разработка программы для парсинга логических выражений

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
2	3	4	Разработка программы временного анализа цифровых схем на основе алгоритма Киркпатрика
	4	4	Разработка программной реализации операций AND и OR над объектами топологии стандартных ячеек

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	8	Изучение теоретического материала книги Henrik Reif Andersen “An Introduction to Binary Decision Diagrams” (Глава 3. Binary Decision Diagrams)
	10	Изучение алгоритмов построения упорядоченных диаграмм решений, опубликованных в книге Henrik Reif Andersen “An Introduction to Binary Decision Diagrams” (Глава 4. Constructing and Manipulating ROBDDs)
	12	Решение задач в конце Главы 4 книги Henrik Reif Andersen “An Introduction to Binary Decision Diagrams”, подготовка к лабораторным занятиям
	12	Изучение теоретического материала монографии Бибило П.Н. “Применение диаграмм двоичного выбора при синтезе логических схем”, подготовка к тестированию
	10	Выполнение практико-ориентированного задания
2 4	8	Изучение методов статического временного анализа цифровых схем, опубликованных в книге Гаврилова С. “Методы анализа логических корреляций для САПР цифровых КМОП СБИС”
	12	Изучение программных средств верификации ИС, опубликованных в пособии Беляева А. А. “Высокоуровневые языки проектирования и верификации интегральных микросхем: язык Python””, подготовка к лабораторным занятиям
	10	Изучение алгоритмов статического временного анализа в презентации Маркова И. “Оптимизация производительности схем””, подготовка к лабораторным занятиям
	10	Изучение топологических моделей и булевых операций над объектами топологии стандартных ячеек в презентации Заглядина Г. “Верификация: DRC, ERC, LVS”, подготовка к выполнению практико-ориентированного

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
		задания
	10	Выполнение и сдача практико-ориентированного задания
	10	Подготовка к зачёту

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 практико-ориентированных заданий
- Варианты заданий для дифференцированного зачета.
- Книга Henrik Reif Andersen “An Introduction to Binary Decision Diagrams” (Модуль: Основные модели в проектировании ИС)
- Монография Бибило П.Н. “Применение диаграмм двоичного выбора при синтезе логических схем” (Модуль: Основные модели в проектировании ИС)
- Учебное пособие Беляев А. А., Янакова Е. С., Липатов И. А., Скрипниченко М. Н., Рябощук Н. М., Евтушок О. С. “Высокоуровневые языки проектирования и верификации интегральных микросхем: язык Python” (Модуль: Методы анализа цифровых схем)
- Книга Гаврилов С. “Методы анализа логических корреляций для САПР цифровых КМОП СБИС” (Модуль: Методы анализа цифровых схем)
- Презентация Маркова И. “Оптимизация производительности схем” (Модуль: Методы анализа цифровых схем)
- Презентация Заглядина Г. “Верификация: DRC, ERC, LVS” (Модуль: Методы анализа цифровых схем)

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1 Пухальский, Г. И. Проектирование цифровых устройств : учебное пособие / Г. И. Пухальский, Т. Я. Новосельцева. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 896 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: https://e.lanbook.com/book/212219 (дата обращения: 03.05.2023). - ISBN 978-5-8114-1265-5. - Текст : электронный.

2 Гаврилов, С. В. (Автор МИЭТ, Ин-т ИнЭл). Лабораторный практикум по курсу "Алгоритмы анализа и оптимизации СБИС и СнК" / С. В. Гаврилов, С. А. Ильин, А. В. Коршунов ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 2024. - 40 с. - 2-43; б.ц., 100 экз. - Текст : непосредственный.

3 Ильин, С. А. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Автоматизация топологического проектирования СБИС : Учеб. пособие / С. А. Ильин, Д. И. Рыжова, В. М. Щемелинин. - Москва : МИЭТ, 2019. - 148 с. - Имеется электронная версия издания - ISBN 978-5-7256-0918-9 : б.ц., 200 экз. - Текст : непосредственный : электронный.

4 Коршунов А.В. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Маршрут проектирования ЦИС. Физический синтез : Учеб. пособие / А.В. Коршунов, С.В. Гусев ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2015. - 72 с. - Имеется электронная версия издания. ISBN 978-5-7256-0831-1 : б.ц., 100 экз.

5 Беспалов В.А. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Диаграммы двоичных решений в автоматизации проектирования СБИС : Учеб. пособие / В.А. Беспалов, А.Л. Глебов, А.Н. Кононов ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2013. - 80 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0743-7 : б.ц., 100 экз.

Нормативная литература

Не требуется

Периодические издания

1 Integration - USA: ELSEVIER, 1983 (the VLSI journal). - На сайте представлены полные тексты статей журнала с 1983 г. Доступ предоставлен по проекту "Национальная подписка". - URL: **https://www.journals.elsevier.com/integration**

2 IEEE transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems / Institute of Electrical and Electronics Engineers. - USA: IEEE CEDA, 1982. - Режим доступа: по подписке. - URL: **https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43**

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 сервисов:

1. Книги и журналы по электронике, URL: ЭБС Лань (lanbook.com)
2. Видео на сервисе rutube, URL: Маршрут проектирования цифровых микросхем - смотреть видео онлайн от «Истовый Инженер» в хорошем качестве, опубликованное 19 ноября 2022 года в 10:10. (rutube.ru)

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.	Win pro от 7; QtCreator IDE; Microsoft Visual Studio v2019; браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader D; Python v2.4
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 Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-1.ММПИС** «Способен разрабатывать программы автоматизации проектирования интегральных схем на логическом, схемотехническом и топологическом уровне».

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

Студенты, изучающие дисциплину, обязаны посетить практические занятия, принять участие в опросах во время практических занятий, выполнить лабораторные работы. В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при

подготовке к практическим и лабораторным занятиям, использование основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов.

С целью качественной организации самостоятельной работы студентов проводится разъяснение материала. Вводное разъяснение проводится преподавателем в начале первого занятия и включает: информацию о структуре и графике контрольных мероприятий, содержании и порядке проведения контрольных мероприятий, правилах оценивания согласно НБС МИЭТ, учебной литературе и дополнительных информационных источниках, основных требованиях по оценке качества освоения дисциплины, самостоятельной работе студентов, организации и назначении консультаций. Также студентам рекомендуется активно пользоваться консультациями преподавателя для разъяснения возникших вопросов и защиты лабораторных работ, если это необходимо.

В конце семестра на последнем лабораторном занятии студентами выполняется практико-ориентированное задание, по результатам которого происходит публичное представление результатов заданий СРС на опыт деятельности. По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачёта с оценкой с публичным представлением результатов заданий СРС на опыт деятельности и заданий проектного типа.

Материал представлен двумя модулями. В первом модуле рассматриваются математические графовые модели и методы, в том числе диаграммы двоичных решений, деревья синтаксического разбора, польская запись, алгоритм Киркпатрика для статического временного анализа. Во втором модуле рассматриваются математические топологические модели для автоматизации физического синтеза и этапы физической верификации топологии СБИС.

Защита лабораторной работы проходит в специально оснащенной аудитории для лабораторных занятий, также возможна защита в аудитории без оснащения при условии, что студент может продемонстрировать лабораторную работу на своей переносной компьютерной технике (ноутбуке). Защита состоит из презентации сделанной студентом работы, студент должен объяснить работу основных блоков своей программы и ответить на теоретические вопросы преподавателя по теме лабораторной работы.

Для закрепления полученных знаний и в качестве практической составляющей подготовки студентов, ими выполняются самостоятельные индивидуальные работы по тематике лабораторных работ. Самостоятельные работы могут проходить как аудиторно (в аудиториях для самостоятельной подготовки), так и дома. Самостоятельные работы включают в себя изучение основной литературы, внешних и внутренних электронных ресурсов, а также решение задач и написание небольших программ-процедур для подготовки к защитам лабораторных работ, но без помощи преподавателя и выполняются каждым студентом индивидуально.

Критерием оценки самостоятельных работ является совокупность данных, реализованных и продемонстрированных в каждом конкретном случае.

Умения, полученные на практических и лабораторных занятиях, используются студентами при выполнении практико-ориентированного задания, результаты которого будут опубликованы. Опыт, полученный студентами при выполнении лабораторных работ, несомненно, пригодится при работе по специальности.

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 70 баллов) и сдача дифференцированного зачета (30 баллов).

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

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент Института ИнЭл, к.т.н. _____/Д.И. Рыжова/

Рабочая программа дисциплины «Модели и методы проектирования интегральных схем» 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 06.09 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/