

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 18.08.2023 19:52:01

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f9bca882b8d602

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

И.Г. Игнатова

« 2 » декабря 2020 г.

М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Маршрут проектирования цифровых интегральных схем. Спецглавы САПР»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) – «Автоматизированное проектирование субмикронных СБИС и систем на кристалле»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-2 «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040** «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков»

Обобщенная трудовая функция: D – «Разработка электрических схем, характеристика сложнофункциональных блоков (СФ-блоков)»

Трудовая функция: D/03.7 «Определение основных статических и динамических характеристик СФ-блока»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-2.СГС Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач в области САПР.	разработка эффективных алгоритмов решения сформулированных задач в области САПР	Знания методов разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач в области САПР. Умения использования алгоритмов решения исследовательских задач при разработке САПР. Опыт разработки стратегии и методологии исследования модулей САПР.

Компетенция ПК-3 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных автоматизированных средств и методов» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.016** «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

Обобщенная трудовая функция: С – «Синтез логической схемы в базисе выбранной технологической библиотеки на основе заданных временных и физических ограничений с использованием средств автоматизированного проектирования»

Трудовая функция: С/01.7 - «Разработка набора ограничений на процесс синтеза»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-3.СГС Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных САПР.	организация и проведение экспериментальных исследований с применением современных САПР	Знания способов организации и проведения экспериментальных исследований с применением современных САПР. Умения самостоятельно проводить экспериментальные исследования в области САПР электроники. Опыт проведения исследования с применением современных средств САПР.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, Блока I «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Теория вероятностей», «Дискретная математика», «Физика», «Схемотехническое проектирование ИС». Для успешного усвоения дисциплины наиболее важными являются следующие темы: булева алгебра, теория множеств, теория графов, теория вероятностей, логическое и схемотехническое моделирование схем.

Данная дисциплина используется при прохождении научно-исследовательской практики и подготовке выпускной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	3	108	16	16		76	ЗаО
2	3	3	108	16	16		40	Экз(36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1.Теоретико-графовые модели КМОП-схем	-	8	16	38	Сдача индивидуального задания
					Прохождение опроса
2.Анализ логических корреляций в КМОП-схемах	-	8	-	38	Сдача индивидуального задания
					Прохождение опроса
3.Логико-временной анализ цифровых схем	-	16	16	36	Сдача индивидуального задания
					Прохождение опроса
1-3	-	-	-	4	Сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Тенденции и современные проблемы в области проектирования интегральных схем. Масштабирование технологии, пределы масштабирования. Разновидности (семейства) современных КМОП-схем. Быстродействующие схемы типа “домино”. CPL-схемы.
	2	2	Вариации параметров и их влияние на рабочие характеристики СБИС Булева алгебра. Отношение порядка в булевой алгебре. Двухзначная булева алгебра (алгебра логики). Граф булевых функций.
	3	2	Обобщение понятия Булевой алгебры. Примеры. Четырехзначная логика для моделирования типов переключений. Четырехзначная логика для моделирования нестандартных состояний в КМОП-схемах. Диаграммы двоичных решений и их применение в моделировании КМОП-схем.

	4	2	Подсхемы элементов, связанных по постоянному току (DCCC). DCCC-граф. Pull-up, pull-down цепочки КМОП-вентиля. SP-граф для описания структуры и логики КМОП-вентиля.
2	5	2	Анализ логических корреляций в схеме на основе метода импликаций. Правила распространения логических корреляций на основе метода импликаций. Метод резолюций, модифицированный для анализа логики цифровой КМОП-схемы, генерация логических ограничений на транзисторном уровне.
	6	2	Вывод логических функций на основе метода резолюций. Редукция системы логических ограничений. Реализация правил распространения импликаций на основе метода резолюций. Вывод правил распространения импликаций на основе метода резолюций.
	7	2	Сравнительный анализ методов распространения логических ограничений: метод импликаций, метода резолюций. Гиперграф логических ограничений КМОП-схемы. Алгоритмы кодирования в гиперграфе логических ограничений КМОП-схемы. Алгоритмы поиска логических ограничений в гиперграфе логических ограничений КМОП-схемы
	8	2	Типы шумов в цифровой схеме (Low Overshoot, High Underhoot, Low Underhoot, High Overshoot, Falling Slow, Falling Fast, Rising Slow, Rising Fast). Понятие кластера в анализе шумов, консервативный метод суммарного влияния узлов-агрессоров на узел-жертву. Учет временных корреляций в анализе шумов. Учет логических корреляций в анализе шумов. Характеристическая ROBDD для кластера при анализе шумов. MWIS-метод анализа влияния шумов на быстродействие.
	9	2	Основные понятия статического временного анализа: LAT, EAT, LRT, ERT. Методы расчета LAT, EAT, LRT, ERT без учета логических корреляций. Методы расчета LAT, EAT, LRT, ERT с учетом логических корреляций.
	10	2	Анализ задержек межсоединений, определение Элморовкой задержки в терминах моментов для преобразования Лапласа для отклика RLC-цепи. Pi-модель RCL-цепи. Преобразование RLC цепей на основе правила Y-delta для обобщенной проводимости.
	11	2	Анализ задержек межсоединений с учетом 2-го и 3-го моментов для преобразования Лапласа отклика RLC-цепи. Понятие эффективной емкости RLC-цепи, методы расчета эффективной емкости на основе моментов тока.
	12	2	Детерминированный и статистический статический временной анализ. Линейная модель задержки в статистическом статическом временном анализе. Понятие локальных и глобальных вариаций. MWIS-метод анализа влияния шумов на быстродействие.
	13	2	Метод ветвей и границ для анализа влияния шумов на быстродействие. Методы характеристики библиотечных элементов СБИС. NLDM-модель. Структура Liberty – формата для NLDM-модели. Формула расчета входной емкости для NLDM-модели.

	14	2	Характеризация логических элементов. Билинейная интерполяция функций задержек и фронта. Контроль точности при использовании билинейной интерполяции. Экстракция логических функций на основе обобщенного метода исключений Гаусса. Генерация SP-DAG графа.
	15	2	Методы генерации входных последовательностей для характеристики. Характеризация элементов памяти. Понятие времени удержания (hold) и времени установления (setup). Взаимная зависимость hold и setup. Поиск зависимых и независимых значений hold и setup.
	16	2	CCS-модель. ECSM-модель. CCS-модель ресивера, CCS-модель драйвера. Структура Liberty – формата для CCS-модели. ECSM-модель ресивера, ECSM-модель драйвера. Структура Liberty – формата для ECSM-модели. Преобразование ECSM-модели драйвера в CCS и наоборот.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	4	Основы работы с САПР SiliconSmart. Написание скриптов на языке TCL.
	2	4	Исследование зависимости результатов характеристики от режима экстракции паразитных параметров в нетлистах.
2	3	4	Исследование зависимости результатов характеристики от сочетания напряжения питания, температуры и моделей транзисторов.
	4	4	Исследование зависимости результатов характеристики от режима генерации сетки входных фронтов и нагрузочных емкостей.
3	1	4	Структурный синтез поведенческого Verilog-описания с учётом ограничений.
	2	4	Статический временной анализ. Подготовка рабочего окружения. Написание скриптов на языке TCL.
	3	4	Статический временной анализ. Исследование зависимости результатов статического временного анализа от режима генерации сетки входных фронтов и нагрузочных емкостей.
	4	4	Статический временной анализ. Исследование зависимости результатов статического временного анализа от режима генерации сетки входных фронтов и нагрузочных емкостей.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
М1	20	Освоение теоретического материала. Подготовка к опросу.
	18	Подготовка к индивидуальному заданию.
М2	20	Освоение теоретического материала. Подготовка к опросу.
	18	Подготовка к индивидуальному заданию.
М3	20	Освоение теоретического материала. Подготовка к опросу.
	16	Подготовка к индивидуальному заданию.
1-3	4	Выполнение практико-ориентированного задания

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

Методические указания студентам по изучению дисциплины «Маршрут проектирования цифровых интегральных схем. Спецглавы САПР»:

https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=374647

Модуль 1 «Теоретико-графовые модели КМОП-схем»

✓ *Материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям.*

Модуль 2 «Анализ логических корреляций в КМОП-схемах»

✓ *Материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям.*

Модуль 3 «Логико-временной анализ цифровых схем»

✓ *Материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим, лабораторным занятиям.*

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Гаврилов С.В. Методы анализа логических корреляций для САПР цифровых КМОП СБИС/С.В. Гаврилов. - М.: Техносфера, 2011. - 136 с. - (Мир цифровой обработки). - ISBN 978-5-94836-280-9.
2. Стемповский А.Л. Методы логического и логико-временного анализа цифровых

- КМОП СБИС/С.В. Гаврилов, А.Л. Глебов; Ин-т проблем проектирования в микроэлектронике РАН; Под общ. ред. А.Л. Стемпковского. - М. : Наука, 2007. - 224 с. - ISBN 978-5-02-036119-5.
3. Казеннов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем: Учеб. пособие / Г.Г. Казеннов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. - 296 с. - ISBN 5-94774-232-
 4. Актуальные проблемы моделирования в системах автоматизации схемотехнического проектирования / А.Л. Глебов, [и др.]; Под ред. А.Л. Стемпковского. - М. : Наука, 2003. - 432 с. - ISBN 5-02-002818-5.
 5. Автоматизация проектирования БИС: В 6-ти кн. / Под ред. Г.Г. Казеннова. - М.: Высшая школа, 1990.
 6. Корячко В.П. Теоретические основы САПР: Учеб. для вузов / В.П. Корячко, В.М. Курейчик, И.П. Норенков. - М. : Энергоатомиздат, 1987. - 399 с.
 7. Соклоф С. Аналоговые интегральные схемы: Пер. с англ. / С. Соклоф. - М. : Мир, 1988. - 583 с.

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. IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTERGRATED CIRCUITS & SYSTEMS . - USA : IEEE, [б.г.]. – URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43> (дата обращения: 12.12.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : электронно-библиотечная система. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.11.2020); Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
3. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
4. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php> (дата обращения: 30.09.2019)
5. ProQuest : сайт. - URL: <http://search.proquest.com/> (дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
6. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 30.10.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
7. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : электронная библиотека. - USA ; UK, 1998 - . - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения: 28.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение, применяется «расширенная виртуальная модель», которая предполагает обязательное присутствие студентов на очных учебных занятиях (лекциях и лабораторных работах) с последующим самостоятельным выполнением индивидуального задания (индивидуальные задания к лабораторным работам и задание на опыт деятельности).

Обучение может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий.

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

Для взаимодействия студентов с преподавателем могут использоваться сервисы обратной связи, такие как электронная почта, социальная сеть ВКонтакте, система видеоконференций Zoom.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в формах материалов в системе ОРИОКС: URL: https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=374647

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	Мультимедийное оборудование	OC Windows (Azure) Microsoft Office
Учебно-образовательный центр SYNOPSYS-МИЭТ каф. ПКИМС ауд.7207	ПЭВМ Intel LGA1156 Core i7-3770k с мониторами Dell	OC Centos САПР Synopsys Inc
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Microsoft (Azure), браузер Google Chrome

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-2.СГС** «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач в области САПР»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-4.СГС** «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных САПР»

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 принять участие в опросах во время практических занятий, выполнить индивидуальное задание, выполнить задание на практический опыт деятельности.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к практическим занятиям, использование основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов.

С целью качественной организации самостоятельной работы студентов проводятся разъяснения материала. Вводное разъяснение проводится лектором дисциплины в начале первой лекции 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.

Для студентов проводятся консультации. Студентам рекомендуется активно пользоваться консультациями преподавателя: это единственная возможность обучаться индивидуально и выяснить все возникшие вопросы. Кроме этого на консультациях можно защитить лабораторную работу, если не успели на занятии.

В конце семестра 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 зачета во 2 семестре и экзамена в 3 семестре..

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 80 баллов), и промежуточная аттестация (максимум 20 баллов).

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

РАЗРАБОТЧИК:

Заведующий кафедрой ПКИМС, д.т.н., профессор _____ /С.В. Гаврилов/

Рабочая программа дисциплины «Маршрут проектирования цифровых интегральных схем. Спецглавы САПР» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Автоматизированное проектирование субмикронных СБИС и систем на кристалле», разработана на кафедре ПКИМС и утверждена на заседании кафедры 27 ноября 2020 года, протокол № 8

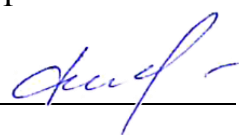
Заведующий кафедрой ПКИМС _____  /С.В. Гаврилов/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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/