

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 14:16:17

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d70e30e3a02b88c07

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

И.Г. Игнатова

« 1 »

12

20 20

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование энергосберегающих цифровых интегральных схем»

Направление подготовки - 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

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

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенция ПК-3 «Способен разрабатывать программно-аппаратные встраиваемые комплексы» **сформулирована на основе Профессионального 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»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-3.ПЭЦИС Способен разрабатывать программно-аппаратные встраиваемые комплексы с использованием САПР	Проектирование программных и аппаратных средств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	Знания инструментов и методов проектирования программно-аппаратных комплексов информационных систем Умения реализовывать программно-аппаратные комплексы информационных систем в соответствии с отраслевыми стандартами и технологиями Опыт использования программных и аппаратных средств разработки информационных комплексов и систем

Компетенция ПК-6 «Способен проводить исследование и анализ алгоритмической и математической составляющей разрабатываемого ПО» **сформулирована на основе Профессионального стандарта 40.019** «Специалист по функциональной верификации и разработке тестов функционального контроля наноразмерных интегральных схем»

Обобщенная трудовая функция: С – «Выполнение работ по верификации моделей интегральной схемы и ее составных блоков»

Трудовая функция: С/04.7 «Проведение предварительного анализа результатов тестов»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-6.ПЭЦИС Способен проводить исследование и анализ алгоритмической и математической составляющей средств проектирования ЦИС	Исследование и анализ программных средств в соответствии с техническими требованиями к САПР;	Знания основных программных компонентов средств автоматизированного проектирования ЦИС Умения исследовать и анализировать влияние настроек программных средств на характеристики конечного решения при проектировании ЦИС Опыт анализа эффективности маршрутов автоматизированного проектирования схем и систем с учетом технических требований

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы (является элективной).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Физика полупроводников и полупроводниковых приборов», «Интегральная схемотехника».

Материалы, изучаемые в данной дисциплине, используются при прохождении практик и подготовке выпускной квалификационной 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)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)	Практическая подготовка		
1	1	4	144	16	16	0	16	112	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Практическая подготовка		
1. Проблема снижения потребляемой мощности и масштабирование	8	-	8	8	54	Защита лабораторных работ
						Прохождение устного опроса
2. Способы снижения потребляемой мощности	8	-	8	8	54	Защита лабораторных работ
						Прохождение устного опроса
1, 2	-	-	-	-	4	Сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Подходы к уменьшению потребляемой мощности для субмикронных и наноразмерных цифровых СБИС.
	2	2	Способы снижения энергопотребления при масштабировании топологических размеров, напряжения питания, порогового напряжения, тактовой частоты и т.п.
	3	2	Влияние на потребляемую мощность с помощью реструктуризации списка цепей.
	4	2	Исследование динамической потребляемой мощности. Метод clock gating.
2	5	2	Статическая потребляемая мощность. Источники утечек, способы уменьшения токов утечки.
	6	2	Методы уменьшения потребляемой мощности с использованием множественного порогового напряжения и напряжения питания.
	7	2	Автоматизация процесса энергоэффективного проектирования в САПР Synopsys. Подход power gating.
	8	2	Комплексные методики уменьшения статической и динамической мощности при переходе к наноразмерным топологическим нормам.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены.

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Практическая подготовка. Исследование влияния топологических размеров, напряжения питания, тактовой частоты на мощность, потребляемую цифровым блоком.
	2	4	Практическая подготовка. Исследование динамической потребляемой мощности. Метод clock gating.
2	3	4	Практическая подготовка. Исследование и разработка энергосберегающих цифровых блоков с переменным пороговым напряжением (VT, MT CMOS). Сравнение с CMOS вариантом.
	4	4	Практическая подготовка. Реализация метода power gating для уменьшения статической мощности цифрового блока средствами САПР Synopsys.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	24	Освоение теоретического материала и подготовка к лекции по теме проблемы уменьшения потребляемой мощности. Работа с учебной литературой.
	30	Освоение теоретического материала, подготовка к лабораторной работе по теме способы снижения энергопотребления. Работа с ресурсами Интернета.
2	24	Освоение теоретического материала и подготовка к семинару по теме уменьшение потребляемой мощности с помощью реструктуризации списка цепей. Работа с учебной литературой.
	30	Освоение теоретического материала, подготовка к семинару и лабораторной работе по теме метод clock gating. Работа с ресурсами Интернета.
1, 2	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// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

Методические указания студентам по изучению дисциплины «Проектирование энергосберегающих цифровых интегральных схем»:

https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=1617878

Модуль 1 «Проблема снижения потребляемой мощности и масштабирование»

1) *Пособие по самостоятельной работе студентов*

<http://emirs.miet.ru/oroks->

[miet/upload/ftp/pub/2013/3/5151626882420/srs_pecbis_m1_pkims_210100.68_niu49.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2013/3/5151626882420/srs_pecbis_m1_pkims_210100.68_niu49.doc)

Модуль 2 «Способы снижения потребляемой мощности»

1) *Пособие по самостоятельной работе студентов*

<http://emirs.miet.ru/oroks->

[miet/upload/ftp/pub/2013/3/515164921d38d/srs_pecbis_m2_pkims_210100.68_niu49.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2013/3/515164921d38d/srs_pecbis_m2_pkims_210100.68_niu49.doc)

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Проектирование энергоэффективных цифровых схем : учебное пособие / А. В. Коршунов, П. С. Волобуев, В. М. Дьяконов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исслед. ун-т «МИЭТ». - Москва : МИЭТ, 2012. - 116 с.
2. Трубочкина Н.К. Нанoeлектроника и схемотехника: В 2-х ч. : Учеб. для академического бакалавриата. Ч. 1 / Н.К. Трубочкина. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2019. - 281 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://biblio-online.ru/book/nanoelektronika-i-shemotehnika-v-2-ch-chast-1-433848> (дата обращения: 01.11.2020). - ISBN 978-5-9916-7735-6; 978-5-9916-7736-3 : 0-00.
3. Трубочкина Н.К. Нанoeлектроника и схемотехника: В 2-х ч. : Учеб. для академического бакалавриата. Ч. 2 / Н.К. Трубочкина. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2019. - 262 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://biblio-online.ru/book/nanoelektronika-i-shemotehnika-v-2-ch-chast-2-434225> (дата обращения: 01.11.2020). - ISBN 978-5-9916-7737-0; 978-5-9916-7736-3.
4. Электроника интегральных схем. Лабораторные работы и упражнения: Учеб. пособие / Под ред. К.О. Петросянца; Рец. М.А. Королев. - М. : СОЛОН-Пресс, 2017. - 556 с.
5. Белоус А.И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств. Краткий курс "белой магии": Под общ. ред. А.И. Белоуса / А.И. Белоус, В.А. Солодуха, С.В. Шведов. - М. : Техносфера, 2017. - 872 с. - (Мир электроники). - URL: <https://e.lanbook.com/book/110950> (дата обращения: 10.11.2020). - ISBN 978-5-

94836-500-8

6. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника (для бакалавров): Учеб. пособие / В.Г. Гусев. - М. : Кнорус, 2018. - URL: <https://www.book.ru/book/926521> (дата обращения: 01.11.2020). - ISBN 978-5-406-06106-0.

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. 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
3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: Теорет. и прикладной науч.-техн. журн. / Издательство "Новые технологии". - М. : Новые технологии, 1995 -.

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**, которое предполагает использование внешних электронных ресурсов сети Интернет для самостоятельной работы по освоению дополнительного материала дисциплины.

Материал электронного курса посвящен проблематике системного энергоэффективного проектирования с использованием формата UPF, в то время как основной курс рассматривает только проектирование на схемотехническом уровне. Студенту требуется изучать материалы курса параллельно с основным материалом. Электронный курс содержит 5 лекций. Студенту необходимо самостоятельно изучить материал лекций и выполнить тестовые задания по каждой лекции.

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

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** (<http://orioks.miet.ru>).

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешний электронный ресурс** в форме онлайн-курса:

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLEgCreVKPx5BAwJPubdcJ72fbd8Gq4HMY>

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	Microsoft (Azure), Microsoft Office
Учебно-образовательный центр SYNOPSIS-МИЭТ каф. ПКИМС ауд.7207	20 ПЭВМ Intel LGA1156 Core i7-3770k с мониторами Dell	ОС Centos САПР Synopsys Inc.
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	ОС Windows (Azure) Microsoft Office

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-3.ПЭЦИС** «Способен разрабатывать программно-аппаратные встраиваемые комплексы с использованием средств автоматизации проектирования»

2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-6.ПЭЦИС** «Способен проводить исследование и анализ алгоритмической и математической составляющей средств проектирования ЦИС»

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 на базовом уровне, обязаны:

- выполнить лабораторные работы (подтверждается сдачей каждой лабораторной работы);
- принять участие в дискуссиях во время лекций;
- выполнить и сдать задание на практический опыт деятельности.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к лекционным, лабораторным работам, 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 с оценкой.

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 сдача зачета (максимум 20 баллов).

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

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент кафедры ПКИМС, к.т.н., доцент _____  /А.В. Коршунов/

Рабочая программа дисциплины «Проектирование энергосберегающих цифровых интегральных схем» по направлению подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленности (профилю) «Лингвистические средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле» разработана на кафедре ПКИМС и утверждена на заседании кафедры 27 ноября 2020 года, протокол № 8

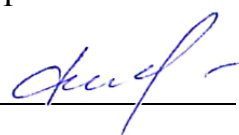
Заведующий кафедрой ПКИМС _____  /С.В. Гаврилов/

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/