

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 18.08.2025 15:52:50

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73ed70e305a02b8807

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

«Цифровые интегральные схемы. Проектирование высокоскоростных схем»

Направление подготовки - 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

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-5 «Способен анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников» **сформулирована на основе профессионального 40.016** «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

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

Трудовая функция: С/02.7 – «Разработка списка цепей в базе библиотеки фабрики-изготовителя СнК»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-5.ПВС Способен анализировать разработки в области быстродействующих схем путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	- анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников; - проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований; разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями;	Знания современных технических требований к выбору конструктивно-технологического базиса изделий микро- и наноэлектроники Умения анализировать литературные и патентные источники при разработке изделий микро- и наноэлектроники Опыт конструирования изделий микро- и наноэлектроники

Компетенция ПК-7 «Готовность автоматизировать и модифицировать маршруты проектирования субмикронных СБИС и систем на кристалле с использованием современных САПР» **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/04.7 – «Генерация файлов для синтеза логической схемы из поведенческого описания с использованием СФ-блока»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-7.ПВС Готовность автоматизировать и модифицировать маршруты проектирования быстродействующих СБИС и систем на кристалле с использованием современных САПР	проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований; разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями;	Знания современных методов автоматизации проектирования ЦИС Умения разрабатывать блоки ЦИС в соответствии с техническими требованиями и проектными ограничениями Опыт деятельности в области модификации и настройки маршрутов проектирования с использованием средств САПР

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Проектирование библиотечных элементов», «Методы математического моделирования», «Компьютерные технологии в научных исследованиях». Для успешного усвоения дисциплины наиболее важными являются следующие разделы (темы) этих дисциплин: полевые транзисторы, модели полупроводниковых приборов, КМОП схемотехника, методы проектирования цифровых КМОП СБИС, автоматизация проектирования.

Материалы, изучаемые в данной дисциплине, используются при прохождении практик и подготовке выпускной квалификационной работы.

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: «Проектирование схем со смешанными сигналами», «Цифровые интегральные схемы. Энергоэффективное проектирование».

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	-	32	16	60	3аО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1. Маршруты проектирования на основе логического синтеза	-	4	8	24	Защита лабораторных работ № 1, 2
					Прохождение устного опроса
2. Логический синтез в САПР Synopsys	-	8	16	44	Защита лабораторных работ № 3-6
					Прохождение устного опроса
3. Анализ и тестирование в САПР Synopsys	-	4	8	24	Защита лабораторных работ № 7, 8
					Прохождение устного опроса
1-3	-	-	-	4	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	Маршрут проектирования цифровых ИС на основе HDL
	2	2	Обобщенный маршрут логического синтеза в САПР Synopsys
2	3	2	Принципы создания синтезопригодного описания на основе языка Verilog
	4	2	Проектные ограничения (DesignConstraints) и принципы их установки
	5	2	Атрибуты окружения проекта (Operating Conditions, WLM-модели, Design Rules)
	6	2	Синтез с интеграцией методик энергоэффективного проектирования

3	7	2	Статический временной анализ
	8	2	Тестовые оболочки и генераторы входных последовательностей.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1, 2	8	Практическая подготовка. Введение и основные понятия процесса логического синтеза средствами САПР Synopsys. Синтез простейших проектов с использованием графического интерфейса САПР Synopsys
2	3, 4	8	Практическая подготовка. Управление иерархией проекта. Особенности синтеза поведенческих конструкций языка Verilog
	5, 6	8	Практическая подготовка. Задание ограничений на проект (DesignConstraints). Атрибуты окружения проекта (Operating Conditions, WLM-модели, Design Rules)
3	7, 8	8	Практическая подготовка. Статический временной анализ. Реализация маршрута синтеза с помощью скриптов

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	5	Работа с учебной литературой. Изучения основ синтаксиса языка VerilogHDL.
	5	Работа с ресурсами Интернета. Методика работы в системе логического синтеза Synopsys DC.
	14	Подготовка к лабораторной работе. Разработка RTL описания простой схемы согласно заданию.
2	10	Работа с учебной литературой. Изучение особенностей разработки комбинационных схем и последовательностных схем на языке Verilog.
	10	Работа с ресурсами Интернета. Особенности правил разработки тестовых окружений для цифровых блоков
	24	Подготовка к лабораторной работе. Разработка RTL описания комбинационных и последовательностных схем согласно заданию.
3	5	Работа с учебной литературой. Изучение средств временного анализа САПР Synopsys
	5	Работа с ресурсами Интернета. Методика работы в системе статического

		временного анализа PrimeTime
	14	Подготовка к лабораторной работе. Разработка скрипта для временной верификации разработанного СФ-блока
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 «Цифровые интегральные схемы. Проектирование высокоскоростных схем»:

https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=2432297

Модуль 1 «Маршруты проектирования на основе логического синтеза»

Материалы для подготовки к опросу и материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям размещены в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

Модуль 2 «Логический синтез в САПР Synopsys»

Материалы для подготовки к опросу и материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям размещены в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

Модуль 3 «Анализ и тестирование в САПР Synopsys»

Материалы для подготовки к опросу и материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям размещены в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

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. Коршунов А.В. 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.
3. Электроника интегральных схем. Лабораторные работы и упражнения: Учеб. пособие / Под ред. К.О. Петросянца; Рец. М.А. Королев. - М. : СОЛОН-Пресс, 2017.

- 556 с.

4. 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.
5. 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.
6. Хоровиц П. Искусство схемотехники = Theartofelectronics / SecondEd.: P. Horowitz, W. Hill. / CambridgeUniversityPress : [монография] / П. Хоровиц, У. Хилл ; Пер. с англ. - 7-е изд. - М.: БИНОМ, 2014. - 704 с.
7. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 : учебник для академического бакалавриата / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 382 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03513-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434561> (дата обращения: 22.03.2021).
8. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 2 : учебник для академического бакалавриата / О. П. Новожилов. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 421 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03515-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434562> (дата обращения: 22.03.2021).

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

Материал электронного курса посвящен проблематике проектирования многопроцессорных вычислительных систем, в то время как основной курс рассматривает только проектирование схем обработки данных на базе одноядерных решений. Студенту требуется изучать материалы курса параллельно с основным материалом. Электронный курс содержит 16 лекций. Студенту необходимо самостоятельно изучить материал лекций №1-4 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 **внешние электронные ресурсы** в форме *внешнего онлайн-курса*:

<https://intuit.ru/studies/courses/45/45/info>

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 SYNOPSYS-МИЭТ каф. ПКИМС ауд.7207	ПЭВМ Intel LGA1156 Core i7-3770k с мониторами Dell	OC Centos САПР Synopsys Inc.
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	OC Centos

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-5.ПВС** «Способен анализировать разработки в области быстродействующих схем путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-7.ПВС** «Готовность автоматизировать и модифицировать маршруты проектирования быстродействующих СБИС и систем на кристалле с использованием 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 на базовом уровне, обязаны:

- выполнить лабораторные работы (подтверждается сдачей каждой лабораторной работы);
- принять участие в дискуссиях во время практических занятий;
- выполнить задание на практический опыт деятельности;
- участвовать в устном опросе на практических занятиях.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к практическим занятиям, 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 дифференцированного зачета.

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 70 баллов), и сдача зачета (максимум 30 баллов).

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

РАЗРАБОТЧИК:

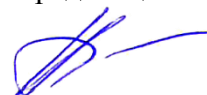
Доцент кафедры ПКИМС, к.т.н.  /А.В. Коршунов/

Рабочая программа дисциплины «Цифровые интегральные схемы. Проектирование высокоскоростных схем» 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

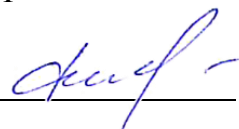
Заведующий кафедрой ПКИМС _____  /С.В. Гаврилов/

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/