

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:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d70e80e3a02b8807

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

«Проектирование библиотечных элементов»

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-2 «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию» **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/03.7 – «Исследование функциональных и электрических параметров моделей СФ-блоков и ИС в предельно-допустимых и предельных режимах»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-2.ПБЭ Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения задач проектирования библиотечных элементов с использованием специализированных языков	Разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере;	Знания методов разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач Умения использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования Опыт разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и нанoeлектроники

Компетенция ПК-6 «Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований» **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-6.ПБЭ Способен проектировать библиотечные элементы ЦИС с учетом заданных требований	Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований; разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями;	Знания схем и устройств изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения Умения разрабатывать приборы и системы электронной техники в соответствии с методическими и нормативными требованиями Опыт деятельности в области разработки изделий микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения

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: «Электротехника», «Радиоэлектроника», «Физика полупроводников и полупроводниковых приборов», «Автоматизация схемотехнического проектирования», «Автоматизация функционально-логического проектирования», «Модели и методы анализа проектных решений».

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

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)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	4	144	-	32	16	60	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. Базовые элементы цифровых МОП СБИС	-	6	12	20	Защита лабораторных работ Прохождение устного опроса на практических занятиях
2. Проектирование базовых элементов цифровых МОП СБИС	-	10	20	36	Защита лабораторных работ Прохождение устного опроса на практических занятиях
1, 2	-	-	-	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	Назначение и классификация библиотек цифровых элементов. Библиотеки стандартных цифровых ячеек. Маршруты проектирования цифровых СБИС в САПР интегральных микросхем с использованием библиотек.
	2	2	Схемотехнические модели МОП-транзисторов и макромоделей библиотечных элементов. Структура моделей BSIM3 и BSIM4 МДП - транзисторов. Структура логической Verilog модели библиотечного элемента.
	3	2	Основные характеристики и параметры элементов цифровых библиотек. Подходы к идентификации параметров библиотечных элементов.

2	4	2	Библиотечные элементы комбинационных цифровых схем. Классификация и состав элементов. Назначение библиотек.
	5	2	Библиотечные элементы последовательностных цифровых схем. Классификация и состав элементов. Назначение библиотек.
	6	2	Принципы проектирования элементов стандартных цифровых библиотек. Маршрут проектирования стандартной библиотеки цифровых ячеек. Возможности САПР.
	7	2	Характеризация библиотечных элементов. Назначение и маршрут характеристики стандартных ячеек. Формирование логической макромоделли.
	8	2	Организация стандартной библиотеки цифровых элементов в САПР Synopsys. Представление библиотечных элементов в среде САПР Synopsys. Перспективы развития и применения библиотек, параметризованные элементы, IP блоки.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование и разработка КМОП инвертора, цепочки инверторов, кольцевого генератора.
	2	4	Исследование и разработка КМОП библиотечных элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ.
	3	4	Исследование и разработка КМОП библиотечных элементов «исключающее ИЛИ» и мультиплексора.
2	4	4	Исследование и разработка одноразрядных КМОП полусумматора и полного сумматора.
	5	4	Исследование и разработка триггера-защелки на КМОП вентилях.
	6	4	Исследование и разработка статического КМОП D-триггера.
	7	4	Разработка топологии библиотечных элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ и их посттопологическая верификация.
	8	4	Проведение характеристики КМОП библиотечных элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	6	Работа с учебной литературой и ресурсами Интернет по теме «Назначение и классификация библиотечных элементов. Макромодели и основные параметры библиотечных элементов». Подготовка доклада (написание эссе).
	10	Работа с учебными ресурсами ОРИОКС и подготовка к лабораторным работам.
	4	Подготовка к опросу по теме «Базовые элементы цифровых МОП СБИС»
2	22	Работа с учебной литературой и ресурсами Интернет по теме «Проектирование библиотечных элементов комбинационной и последовательностной логик. Проведение характеристики библиотечных элементов. Подготовка к диф. зачету
	10	Работа с учебными ресурсами ОРИОКС и подготовка к лабораторным работам.
	4	Подготовка к опросу по теме «Проектирование базовых элементов цифровых МОП СБИС»
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, <http://orioks.miet.ru/>):

Методические указания студентам по изучению дисциплины «Проектирование библиотечных элементов»:

https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=353925

Модуль 1 «Базовые элементы цифровых МОП СБИС»

✓ Методические материалы для СРС:

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

[miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9d7e49972b/srs_m1_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9d7e49972b/srs_m1_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc)

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям:

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

[miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9d61e91458/lab_m1_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9d61e91458/lab_m1_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc)

Модуль 2 «Проектирование базовых элементов цифровых МОП СБИС»

✓ Методические материалы для СРС:

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

miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9da60e2258/srs_m2_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям:

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

miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9da3d30ad8/lab_m2_pkims_pkims_pbe_210100.68.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.
7. Новожилов О.П. Электроника и схемотехника : В 2-х ч. : Учебник для академического бакалавриата. Ч. 1 / О.П. Новожилов. - М. : Юрайт, 2016. - 382 с. – URL:<https://urait.ru/bcode/434561> - ISBN 978-5-9916-7353-2 (ч.1); ISBN 978-5-9916-7354-9
Новожилов О.П. Электроника и схемотехника : В 2-х ч. : Учеб. для академического бакалавриата. Ч. 2 / О.П. Новожилов. - М. : Юрайт, 2016. - 421 с. – URL:<https://urait.ru/bcode/434562>. - ISBN 978-5-9916-7355-6 (ч. 2); ISBN 978-5-9916-7354-9.

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

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 цифровых схем на основе дискретных элементов, в то время как основной курс рассматривает только проектирование ячеек в составе СБИС. Студенту требуется изучать материалы курса параллельно с основным материалом. Электронный курс содержит 15 лекций. Студенту необходимо самостоятельно изучить материал лекций №1-8 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 формах: *внешний онлайн-курс*:

<https://intuit.ru/studies/courses/104/104/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-2.ПБЭ** «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения задач проектирования библиотечных элементов с использованием специализированных языков»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-6.ПБЭ** «Способен проектировать библиотечные элементы ЦИС с учетом заданных требований»

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:

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

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 семинаристом дисциплины 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.

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 64 балла), и сдача дифференцированного зачета (максимум 36 баллов).

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

РАЗРАБОТЧИК:

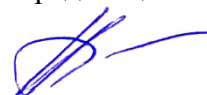
Доцент кафедры ПКИМС, к.т.н. _____  /А.В. Коршунов/

Рабочая программа дисциплины ««Проектирование библиотечных элементов» по направлению подготовки 11.04.04 ««Электроника и нанoeлектроника», 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

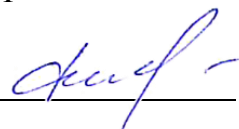
Заведующий кафедрой ПКИМС _____  /С.В. Гаврилов/

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/