

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 14:16:16

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354175603ce9b0c481288c01

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

« 4 »

12

20

20

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование приборных структур»

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-4. «Способен разрабатывать математическое и алгоритмическое обеспечение САПР» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.016** «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

Обобщенная трудовая функция: Е – «Разработка аналоговой части интегральной схемы или системы на кристалле»

Трудовая функция: Е/07.7 - «Выполнение верификации и моделирование топологического представления аналоговых блоков и аналоговой части в целом»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4.ММП Способен анализировать математическое модели приборов с использованием САПР.	Проектно-конструкторская: Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.	Знания инструментов и методов математического моделирования приборных структур Умения анализировать и моделировать математические модели с использованием САПР. Опыт использования и апробации математическое и алгоритмическое обеспечение САПР для моделирования приборных структур

Компетенция ПК-6. «Способен проводить исследование и анализ алгоритмической и математической составляющей разрабатываемого ПО» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.016** «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

Обобщенная трудовая функция: Е – «Разработка аналоговой части интегральной схемы или системы на кристалле»

Трудовая функция: Е/07.7 – «Выполнение верификации и моделирование топологического представления аналоговых блоков и аналоговой части в целом»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-6.ММП Способен проводить исследование и анализ	Научно-исследовательская: разработка и исследование теоретических и	Знания основных математических моделей и алгоритмов в области приборно-технологического

алгоритмической и математической составляющей средств моделирования приборных структур	экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности, разработка методов решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач; анализ результатов проведения экспериментов	моделирования Умения проводить сравнительный анализ моделей и алгоритмов при разработке электронной компонентной базы Опыт использования программными средствами моделирования приборов для исследований
--	---	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, изучается на 2 курсе, в 3 семестре (очная форма обучения).

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

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Физика полупроводников и полупроводниковых приборов», «Интегральная схемотехника», «Схемотехника цифровых СБИС», «Разработка САПР», «Модели и методы анализа проектных решений».

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		
2	3	3	108	16	16	-	16	76	3а

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка		
1. Математическое моделирование полупроводниковых приборов: иерархия моделей и основные задачи.	6	-	-	-	20	Написание контрольной работы
2. Численные методы решения задач моделирования полупроводниковых приборов	6	-	-	-	20	Написание контрольной работы
3. Моделирование пассивных элементов ИС	4	-	16	16	32	Защита лабораторных работ
1-3	-	-	-	-	4	Сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Место математического моделирования приборных структур при проектировании изделий полупроводниковой электроники. Основные задачи, стоящие перед приборным моделированием. Современное состояние приборного моделирования.
	2	2	Основные уравнения физико-математических моделей, используемых при моделировании полупроводниковых приборов. Иерархия и классификация моделей: кинетическая модель, гидродинамическая модель, дрейфово-диффузионная модель. Основные допущения и области применимости физико-математических моделей полупроводниковых приборов
	3	2	Постановка задач моделирования полупроводниковых приборов (стационарные задачи, нестационарные задачи, малосигнальный анализ),

			типовые граничные и начальные условия. Выбор пространственной размерности при моделировании полупроводниковых приборов. Реализация основных задач моделирования в современных индустриальных средствах САПР.
2	4	2	Сеточная аппроксимация уравнений физико-математической модели полупроводникового прибора - уравнение Пуассона, уравнение непрерывности в дрейфово-диффузионной модели, уравнение непрерывности в гидродинамической модели. Метод макрочастиц как способ решения кинетических уравнений.
	5	2	Методы решения уравнений физико-математической моделей полупроводниковых приборов: метод Гуммеля, метод Ньютона, методика решения нестационарных малосигнальных задач. Проблемы сходимости.
	6	2	Модели подвижности и рекомбинации в дрейфово-диффузионном уравнении. Транспортные модели, используемые в кинетических и гидродинамических моделях.
3	7	2	Методы расчета емкостей и сопротивлений для межсоединений сложной конфигурации и пассивных элементов интегральных схем. Методы решения уравнения Пуассона.
	8	2	Расчет индуктивных элементов. РЕЕС модель. Скин-эффект и эффект близости. Реализация основных задач моделирования элементов межсоединений в современных индустриальных средствах САПР.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
3	1,2	8	Практическая подготовка. Освоение программных продуктов компании Synopsys предназначенных для экстракции емкостей в пассивных приборах ИС и межсоединениях. Расчет емкостей в типовых пассивных приборах ИС.
	3,4	8	Практическая подготовка. Освоение программных продуктов компании Synopsys предназначенных для экстракции индуктивностей в пассивных приборах ИС и межсоединениях. Расчет индуктивности пассивных элементов интегральных схем.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	10	Изучение учебно-методических материалов по математическому моделированию полупроводниковых приборов.
	10	Подготовка к контрольной работе
2	10	Изучение учебно-методических материалов по численным методам решения задач моделирования полупроводниковых приборов
	10	Подготовка к контрольной работе
3	10	Изучение учебно-методических материалов по моделированию полупроводниковых приборов.
	22	Подготовка к лабораторным работам
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 «Математическое моделирование приборных структур»: https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=62803

Модуль 1 «Математическое моделирование полупроводниковых приборов: иерархия моделей и основные задачи»

Виды самостоятельной работы студентов и методические материалы по выполнению заданий для самостоятельной работы по тематике модуля 1 содержатся в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

Модуль 2 «Численные методы решения задач моделирования полупроводниковых приборов»

Виды самостоятельной работы студентов и методические материалы по выполнению заданий для самостоятельной работы по тематике модуля 1 содержатся в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

Модуль 3 «Моделирование пассивных элементов ИС»

Методические материалы, перечень литературы, информационных источников для выполнения заданий для самостоятельной работы по тематике модуля 2, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М.А. Королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - 3-е изд., электронное. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 400 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/66309> (дата обращения: 09.12.2020);
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-shemotekhnika-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-shemotekhnika-v-2-ch-chast-2-434225> (дата обращения: 01.11.2020). - ISBN 978-5-9916-7737-0; 978-5-9916-7736-3.
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

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, применяется модель смешанного обучения «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 используются сервисы обратной связи: электронная почта, 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=1796973

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в виде доступа к видео-лекциям по тематике курса (URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL57adietrmXuY9FqxBrm6nU6dtn6FpOgw>)

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Windows (Azure) Microsoft Office
Учебно-образовательный центр SYNOPSYS-МИЭТ каф. ПКИМС, ауд. 7207.	ПЭВМ Intel LGA1156 Core i7-3770k с мониторами Dell	OC Centos Synopsys.Inc
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Microsoft (Azure) Microsoft Office

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-4.ММП** «Способен анализировать математическое модели приборов с использованием САПР»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-6.ММП** «Способен проводить исследование и анализ алгоритмической и математической составляющей средств моделирования приборных структур»

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);
- выполнить практико-ориентированное задание;
- принять участие в дискуссиях во время лекций.

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.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачёта с публичным представлением результатов заданий для СРС на опыт деятельности и заданий проектного типа.

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 приведены ниже в таблице (см. также журнал успеваемости на ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>)

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент кафедры ПКИМС, к.т.н., доцент



/А.В. Коршунов/

Профессор кафедры ПКИМС, д.т.н.



/Б.К. Медведев/

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование приборных структур» 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

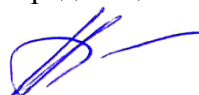


/С.В. Гаврилов/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

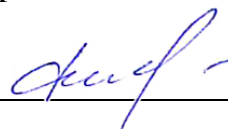
Начальник АНОК



/И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



/Т.П. Филиппова/