

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:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f7367f0e3a5b10b5d7

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



*Handwritten signature of I.G. Ignatova*

И.Г. Игнатова

« 12 » 12 20 20

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«Моделирование ч.1,2. Алгоритмы анализа и оптимизации сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле»

Направление подготовки - 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

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

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
<p><b>ОПК-1</b> Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p>	<p><b>ОПК-1.ААО</b> Способен реализовать приоритеты собственной деятельности и усовершенствовать результат на основе самооценки.</p>	<p><b>Знания</b> математических и естественнонаучных методов для использования в профессиональной деятельности. <b>Умения</b> решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных, и профессиональных знаний. <b>Опыт</b> теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.</p>
<p><b>ОПК-4</b> Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований.</p>	<p><b>ОПК-4.ААО</b> Способен применять на практике новые научные принципы и методы в области средств проектирования.</p>	<p><b>Знания</b> новых научных принципов и методов исследований в области средств проектирования. <b>Умения</b> применять на практике новые научные принципы и методы в области средств проектирования. <b>Опыт</b> применения новых научных принципов и методов для решения профессиональных задач в области средств проектирования.</p>
<p><b>ОПК-5</b> Способен разрабатывать и модернизировать</p>	<p><b>ОПК-5.ААО</b> Способен разрабатывать и модернизировать программное обеспечение</p>	<p><b>Знания</b> математических и естественнонаучных методов для использования в профессиональной деятельности.</p>

программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем.	информационных и автоматизированных систем проектирования.	<p><b>Умения</b> решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных, и профессиональных знаний.</p> <p><b>Опыт</b> теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.</p>
<p><b>ОПК-6</b> Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования</p>	<p><b>ОПК-6.ААО</b> Способен разрабатывать компоненты программных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования.</p>	<p><b>Знания</b> видов, назначений, архитектур, методов разработки и администрирования программных- комплексов для автоматизированного проектирования.</p> <p><b>Умения</b> оптимизировать программный код для решения задач обработки информации и автоматизированного проектирования.</p> <p><b>Опыт</b> составления документации по использованию и настройке компонентов комплекса автоматизированного проектирования.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Дискретная математика», «Общая физика», «Схемотехническое проектирование ИС».

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)	Лабораторные работы(часы)	Практические занятия (часы)	Практическая подготовка		
1	2	4	144	16	16	-	16	76	Экз(36)
2	3	4	144	16	16	-	16	76	Экз(36)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы(часы)	Практическая подготовка		
1. Теоретико-графовые модели КМОП-схем	8		8	8	38	Написание теста Сдача индивидуального задания Защита лабораторных работ
2. Анализ логических корреляций в КМОП-схемах	8		8	8	38	Сдача индивидуального задания Защита лабораторных работ
3. Логико-временной анализ цифровых схем	16		16	16	72	Написание теста Сдача индивидуального задания Защита лабораторных работ
1-3	-	-	-	-	4	Сдача задания на опыт деятельности

#### 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	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.

3	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. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	4	Практическая подготовка. Основы работы с САПР SiliconSmart. Написание скриптов на языке TCL.
	2	4	Практическая подготовка. Исследование зависимости результатов характеристики от режима экстракции паразитных параметров в нетлистах.
2	3	4	Практическая подготовка. Исследование зависимости результатов характеристики от сочетания напряжения питания, температуры и моделей транзисторов.
	4	4	Практическая подготовка. Исследование зависимости результатов характеристики от режима генерации сетки входных фронтов и нагрузочных емкостей.
3	1	4	Практическая подготовка. Структурный синтез поведенческого Verilog-описания с учётом ограничений.
	2	4	Практическая подготовка. Статический временной анализ. Подготовка рабочего окружения. Написание скриптов на языке TCL.
	3	4	Практическая подготовка. Статический временной анализ. Исследование зависимости результатов статического временного анализа от режима генерации сетки входных фронтов и нагрузочных емкостей.
	4	4	Практическая подготовка. 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
1	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к опросу.
	10	Подготовка к тестированию.
	8	Выполнение индивидуального задания.
	10	Подготовка к лабораторным работам.

2	10	Освоение теоретического материала. Подготовка к опросу.
	18	Выполнение индивидуального задания.
	10	Подготовка к лабораторным работам.
3	20	Освоение теоретического материала. Подготовка к опросу.
	10	Подготовка к тестированию.
	20	Выполнение индивидуального задания.
	22	Подготовка к лабораторным работам.
1-3	4	Выполнение задания на опыт деятельности

#### 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 «Алгоритмы анализа и оптимизации сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле»: [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id\\_science=62896](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=62896)

#### **Модуль 1 «Теоретико-графовые модели КМОП-схем»**

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям модуля 1 и выполнения самостоятельной работы размещены на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>.

#### **Модуль 2 «Анализ логических корреляций в КМОП-схемах»**

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям модуля 1 и выполнения самостоятельной работы размещены на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>.

#### **Модуль 3 «Логико-временной анализ цифровых схем»**

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям модуля 1 и выполнения самостоятельной работы размещены на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>.

### 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. Стемповского. - М. : Наука, 2007. - 224 с. - ISBN 978-5-02-036119-5.
3. Казённов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем : Учеб. пособие /



- Г.Г.Казеннов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.- 296 с. - ISBN 5-94774-232-2.
4. Актуальные проблемы моделирования в системах автоматизации схемотехнического проектирования / А.Л. Глебов, [и др.]; Под ред. А.Л. Стемповского. - М. : Наука, 2003. - 432 с. - ISBN 5-02-002818-5 .
  5. Автоматизация проектирования БИС. В шести частях; 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.

### **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, 1982 - . - URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43>

## **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 авторизованных пользователей МИЭТ.
2. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 05.11.2020); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
3. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика". – Москва, 2005-2010. - URL: <http://window.edu.ru/catalog/> (дата обращения: 20.10.2020)
5. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 30.10.2020). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
6. IEEE/ET 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: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»

7. OpenNET: портал открытого ПО: сайт. - URL: <https://www.opennet.ru/> (дата обращения: 04.02.2020).

## 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 могут использоваться сервисы обратной связи, такие как 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=62896](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=62896)

## 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	Проектор или широкоформатный ТВ	Windows (Azure) Microsoft Office
Учебно-образовательный центр SYNOPSIS-МИЭТ каф. ПКИМС ауд.7207	20 рабочих мест с ПК	OC Centos. Synopsys Inc
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Windows (Azure) Microsoft Office

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ОПК-1.ААО** «Способен реализовать приоритеты собственной деятельности и усовершенствовать результат на основе самооценки».
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ОПК-4.ААО** «Способен применять на практике новые научные принципы и методы в области средств проектирования».

3. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ОПК-5.ААО** «Способен разрабатывать и модернизировать программное обеспечение информационных и автоматизированных систем проектирования».
4. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ОПК-6.ААО** «Способен разрабатывать компоненты программных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования».

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 лекционных занятий, выполнить лабораторные работы и выполнить индивидуальное задание на практический опыт деятельности.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к лабораторным 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 курса 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 экзамена.

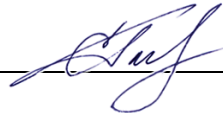
### **11.2. Система контроля и оценивания**

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

**РАЗРАБОТЧИК:**


Профессор каф. ПКИМС, д.т.н.  /С.В. Гаврилов/

Рабочая программа дисциплины «Моделирование ч.1,2. Алгоритмы анализа и оптимизации сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле» 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

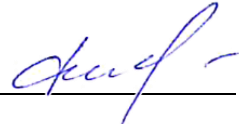
Заведующий кафедрой ПКИМС  /С.В. Гаврилов/

### 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/