

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ,
ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ (ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

"УТВЕРЖДАЮ"

Декан факультета электроники

_____ Ю.К. Фетисов

«___» _____ 200__ г.

"СОГЛАСОВАНО"

Председатель учебно-методической
комиссии по специальности

_____ Ю.К. Фетисов

«___» _____ 200__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина **«Автоматизированное проектирование»**

Специальность **200100 - «Микроэлектроника и твердотельная электроника»**

Специализация **210106 - "Диэлектрические материалы и структуры электронной техники"**

Очная форма образования

Составлена на основании Государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности **200100**.

(Шифр по ГОСу)

Факультет: «Электроника»

Кафедра: «Физика конденсированного состояния (ФКС)»

Объем учебной нагрузки и виды отчетности

| Число часов | Очное отделение |
|--|-----------------|
| Лекции | 32 |
| Лабораторные занятия | 0 |
| Практические занятия (семинары) | 16 |
| Самостоятельная работа студентов | 64 |
| ВСЕГО (часов) | 112 |
| Курсовые проекты и работы (номер семестра) | есть |
| Зачеты (номер семестра) | ? |
| Экзамены (номер семестра) | ? |

Москва 2008 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1. Цель изучения дисциплины.

Дать базовые знания в области работы с вертикально интегрированными системами автоматизированного проектирования сложных электронных компонентов и систем на современном научно-техническом уровне базовых технологий и базовых конструкций электронных компонентов.

Студент должен знать:

- общие принципы проектирования сложных технических систем;
- современную методологию проектирования СБИС;
- основные характеристики логического, схмотехнического, топологического и компонентного этапов проектирования;
- основные признаки классификации САПР и методология их построения;
- общие принципы, лежащие в основе разработок САПР для СБИС;
- принципы формирования математических моделей на этапах схмотехнического и логического проектирования в виде систем однородных дифференциальных уравнений и булевых уравнений;
- методы наихудшего случая и Монте-Карло как процедуры статистического анализа схмотехнического проектирования ИС;
- основы одного из языков описания аппаратуры VHDL или Verilog HDL;
- общие характеристики качества разработки ИС;
- методологию проектирования ИС;
- основы современных средств САПР для проектирования и моделирования ИС и приборов твердотельной электроники;
- основные программные средства САПР СБИС и специфику их применения для разных задач этапа проектирования;
- основные средства и методы верификации проектов;
- типовые проекты цифровых ИС.

Студент должен знать и уметь использовать:

- типовую архитектуру САПР и типовые маршруты проектирования СБИС в базе основных разработчиков и поставщиков средств автоматизации проектирования изделий электронной техники (Cadence, Synopsys, Mentor Graphics и др.);
- структурный синтез, составление математической модели, анализ функционального покрытия, параметрическая оптимизация и статистический анализ;
- методы анализа математических моделей, используемых на этапах схмотехнического и логического проектирования.

Студент должен иметь опыт:

- программирования на языке высокого уровня HDL (VHDL или Verilog) для описания функционирования схемы или системы;
- использования возможностей вычислительной техники и программного обеспечения для автоматизации проектирования ИС;
- проектирования типовых примеров аналоговых и цифровых схем на основе современного инструментария САПР.

Студент должен иметь представление

- о технологических процессах изготовления ИС с субмикронными нормами проектирования;
- об особенностях проектирования на системном уровне,
- об особенностях проектирования аналоговых ИС и основных инструментах проектирования аналоговых ИС;
- о методах моделирования и моделях СБИС, о принципе унификации в виде библиотек структурных компонентов, общих баз данных;
- о параметрической оптимизации компонентов схем как задаче нелинейного программирования с непрерывными переменными;

- об эффектах масштабирования при уменьшении норм проектирования.
- о переборных и эвристических методах и алгоритмов решения задач структурного синтеза.

1.2. Задачи изучения дисциплины.

- На лекциях сформировать у студентов базовые знания в области современных автоматизированных систем проектирования интегральных схем и систем на кристалле, познакомить слушателей с особенностями проектирования современных СБИС; получить представление и навык работы в продуктах САПР, научиться выполнять основные операции проектирования и на основе этих знаний провести разработку цифровой и(или) аналоговой СБИС
- На лабораторных занятиях привить практические навыки проектирования СБИС и использования систем проектирования на основе современных САПР с нормами проектирования 180 и 90 нм.
- В ходе самостоятельной работы научить студентов использовать информационные ресурсы, необходимые для проектирования СБИС на базе современных САПР.
- В комплексе подготовить специалистов, владеющих практическими навыками применения современных программных пакетов для проектирования СБИС.

1.3. Перечень дисциплин и разделов, знания которых требуются для изучения данной дисциплины (в соответствии с учебными планами факультета электроники МИРЭА):

- математика,
- информатика,
- метрология;
- химия;
- физика твердого тела;
- микросхемотехника;
- квантовая механика;
- электротехника и электроника;
- экспериментальные методы исследования и метрология;
- методы математического моделирования;
- основы технологии материалов;
- инженерная и компьютерная графика;
- стандартизация и сертификация;
- электроника и микропроцессорная техника;
- процессы микро- и нанотехнологий;
- физика полупроводников;
- материалы и методы нанотехнологии.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- ### 2.1. Эволюция проектирования ИС. Понятие иерархического проектирования и многоуровневых абстракций. Количественные оценки стоимости, надежности и быстродействия ИС. Проблема различных темпов роста производительности проектирования и сложности СБИС. Меры качества разработки ИС. Тенденции в технологии ИС. Задачи проектирования. Формализация проектных задач. Схема процесса проектирования. Типовой маршрут проектирования и его отдельные процедуры. Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) цифровых и аналоговых СБИС. Основные принципы построения САПР, эффективность применения САПР. Логическое и физическое проектирование. Основные проектные задачи.
- ### 2.2. Топология ИС. Редакторы топологии. Символьная топология. Проверка соблюдения норм проектирования. Восстановление принципиальной электрической схемы.

- 2.3. Анализ линий связи и паразитных элементов. Параметры соединения. Модели электрических проводников. Линия передачи. SPICE-модели и методы расчетов паразитных эффектов.
- 2.4. КМОП-инвертор, как основа комбинационной логики, его параметры, методики расчета характеристик и моделирование. Базовые структуры ИЛИ-НЕ и И-НЕ. Семейства логических вентилях, применяемых в современных разработках ИС. Их особенности. Методики оптимизации быстродействия и потребляемой мощности.
- 2.5. Моделирование сложных логических схем. Функциональное моделирование на уровне логических элементов. Использование высоких уровней абстракции при моделировании. Типовые методики разработки топологии ИС. Концепция стандартных ячеек. Планирование топологии с использованием теории графов и путей Эйлера.
- 2.6. Принципы реализации функции памяти, применяемые в современной микроэлектронике. Ячейки памяти на основе последовательностных схем бистабильных триггеров. Защелки, основанные на мультиплекторе. Регистр табильных "master-slave", управляемый фронтом. Статические RS-триггеры. Динамические защелки и регистры. Тактируемые схемы. Импульсные регистры. Регистры на усилителях считывания. Триггер Шмитта.
- 2.7. Схемотехника и проектирование систем на основе логических вентилях. Автоматизация проектирования как единственный способ разрешения проблем производительности и возрастающей сложности разработки ИС. Современные методы, применяемые для выполнения больших проектов СБИС за ограниченный промежуток времени. Методологии проектирования, используемые на современном этапе производства ИС.
- 2.8. Описание характеристик комбинационных и последовательностных ячеек. Библиотеки элементов. Описание характеристик регистров.
- 2.9. Разработка заказных ИС. Методология проектирования на основе стандартных элементов. Скомпилированные элементы. Макроэлементы, IP-блоки. Методология проектирования, основанная на матрицах.
- 2.10. Синтез проекта. Синтез схем, логики и архитектуры.
- 2.11. Системы межсоединений и их влияние на функциональность и характеристики ИС. Уменьшение размеров элементов и рост влияния паразитных элементов межсоединений. Описание подходов для решения задачи минимизации их влияния на рабочие характеристики ИС. Оптимизация системы распределения питания и цепей ввода-вывода.
- 2.12. Временные диаграммы работы ИС. Характеристики и временные ограничения на порядок следования событий в последовательностных логических схемах. Синхронизация и тактирование сигналов. Эффекты защелкивания и перекося фаз синхросигналов.
- 2.13. Верификация проекта. Проверка правил проектирования. Верификация временных характеристик. Функциональная верификация.
- 2.14. Языки описания аппаратуры SystemC, Verilog и VHDL. Основные конструкции языка Verilog. Синтаксис. Иерархическое описание модулей. Поведенческие конструкции и блоки. Особенности разработки синтезируемых описаний аппаратуры. Примеры синтезируемых описаний цифровых устройств. Особенности разработки цифровых схем для средств сбора и обработки данных. Основы разработки схем на основе ПЛИС
- 2.15. Основы проектирования арифметических блоков. Сумматоры, устройства умножения и сдвиговые регистры. Понятие критического пути проекта. Анализ быстродействия и оптимизация цепей.
- 2.16. Приемочные испытания готовых микросхем. Проектирование ИС, предусматривающее возможность тестирования. Специальные приемы тестирования. Встроенный самоконтроль. Генерирование тестовых кодов. Модель неисправностей.

| 2. Распределение времени по темам дисциплины | | | |
|--|-----------------|----------|------------|
| № темы | Отводимое время | | |
| | Часов | № недели | № семестра |
| 2.1. с | 2 | 1 | ? |
| 2.2. | 2 | 2 | |
| 2.3. | 2 | 3 | |
| 2.4. | 2 | 4 | |
| 2.5. | 2 | 5 | |
| 2.6. | 2 | 6 | |
| 2.7. | 2 | 7 | |
| 2.8. | 2 | 8 | |
| 2.9. | 2 | 9 | |
| 2.10. | 2 | 10 | |
| 2.11. | 2 | 11 | |
| 2.12. | 2 | 12 | |
| 2.13. | 2 | 13 | |
| 2.14. | 2 | 14 | |
| 2.15. | 2 | 15 | |
| 2.16. | 2 | 16 | |

ВСЕГО часов — 32

2.3 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.

| № п.п. | Наименование практических занятий | Время проведения | | |
|--------|--|------------------|----------|------------|
| | | часы | № недели | № семестра |
| 1 | Основы проектирования аналоговых и цифровых схем на базе ПО Virtuoso компании Cadence. Графический редактор схем. Использование библиотек и модулей описания компонентов. | 2 | 1 | ? |
| 2 | Основы проектирования аналоговых и цифровых схем на базе ПО Virtuoso компании Cadence. Моделирование работы схем на базе заданной библиотеки описания элементов. Анализ результатов моделирования. | 4 | | |
| 3 | Основы проектирования аналоговых и цифровых схем на базе ПО Virtuoso компании Cadence. Основы языка SKILL для управления синтезом проекта. | 4 | | |
| 4 | Основы проектирования аналоговых и цифровых схем на базе ПО Virtuoso компании Cadence. Параметрический анализ проекта и подготовка проекта к запуску в производство (Designer For Manufacturing, DFM). Статистический анализ параметров проекта для наихудшего случая (анализ по углам). Анализ методом Монте-Карло. | 2 | | |
| 5 | Основы проектирования аналоговых и цифровых схем на базе ПО Virtuoso компании Cadence. Оптимизация проекта. | 2 | | |

ВСЕГО часов — 16

2.4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ.

2. Распределение времени по темам дисциплины

| № темы | Отводимое время | | |
|--------|-----------------|----------|------------|
| | Часов | № недели | № семестра |
| 2.1. с | 1 | 1 | 8 |
| 2.2. | 1 | 2 | |
| 2.3. | 1 | 3 | |
| 2.4. | 1 | 4 | |
| 2.5. | 1 | 5 | |
| 2.6. | 1 | 6 | |
| 2.7. | 1 | 7 | |
| 2.8. | 1 | 8 | |
| 2.9. | 1 | 9 | |
| 2.10. | 1 | 10 | |
| 2.11. | 1 | 11 | |
| 2.12. | 1 | 12 | |
| 2.13. | 1 | 13 | |
| 2.14. | 1 | 14 | |
| 2.15. | 1 | 15 | |
| 2.16. | 1 | 16 | |
| 2.17. | 1 | 17 | |
| 2.18. | 1 | 18 | |

2.4.2. ПРОЧИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.

Самостоятельное изучение темы «Проектирование аппаратуры на языках HDL»

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| 1 | . Основные инструменты программы IDE. Построение иерархического проекта. | 6 | | |
| 2 | Практикум по языкам проектирования аппаратуры Verilog или VHDL. Моделирование HDL-кода и проверка RTL-реализации. | 6 | | |
| 3 | Практикум по языкам проектирования аппаратуры Verilog или VHDL. Проектирование модуля памяти. | 6 | | |
| 4 | Практикум по языкам проектирования аппаратуры Verilog или VHDL. Создание и моделирование n-разрядного двоичного счётчика. | 6 | | |
| 5 | Практикум по языкам проектирования аппаратуры Verilog или VHDL. Компаратор. Переход от поведенческого кода к RTL-коду. Проектирование арифметико-логического устройства. | 6 | | |
| 6 | Практикум по языкам проектирования аппаратуры Verilog или VHDL. Создание и моделирование конечного автомата. | 7 | | |
| 7 | Практикум по языкам проектирования аппаратуры Verilog или VHDL. Проектирование ИС калькулятора. | 8 | | |

ВСЕГО ЧАСОВ ПО РАЗДЕЛУ 2.4 — 64.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Основная литература

1. Рабаи Ж.М., Чандракасан А., Николич Б. Цифровые интегральные схемы. / Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 912 с.

3.2. Дополнительная литература:

2. Немудров В., Мартин Г. Системы-на-кристалле. Проектирование и развитие. /– М.: Техносфера, 2004. – 216 с.
3. Казеннов Г. Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 295 с.
4. Перельройзен Е.З. Проектируем на VHDL. / - М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 448 с.
5. Стемповский А.Л., Семенов М.Ю. Основы логического синтеза средствами САПР Synopsys с использованием Verilog HDL: Учебное пособие. / М.: МИЭТ, 2005. – 140 с.
6. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : в 2 ч. / М.А. королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева ; под ред. Ю.А. Чаплыгина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. Ч.1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование. - 2007. – 387с.
7. Эннс В.И., Кобзев Ю.М. Проектирование аналоговых КМОП-микросхем. Краткий справочник разработчика. / Под ред. В.И. Эннса. – М: Горячая линия-Телеком. – 2005. – 454 с.

3.3. Пособия и методические указания:

- Давитадзе С.Т., Певцов Е.Ф. Основы проектирования схем с цифровыми сигнальными процессорами // Методические указания по выполнению лабораторных работ. Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). М.: МИРЭА 2006, 32 с.
- Певцов Е.Ф., Смирнов Н.А. Проектирование цифровых схем на основе ПЛИС // Методические указания по выполнению лабораторных работ. Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). М.: МИРЭА 2006, 32 с.
- Индришенок В.И., Кузнецов В.В., Певцов Е.Ф. Изучение архитектуры и основ программирования микроконтроллеров // Методические указания по выполнению лабораторных работ. Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет). М.: 2003, 32 с.

3.4. Электронные учебники, пособия, задачки, методические указания и т.д., использование информационных ресурсов.

- <http://www.eks.fel.mirea.ru>
- <http://xilinx.com>
- <http://www.plis.ru>
- <http://www.cadence.com>
- <http://www.solvnet.com>.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ТСО.

Использование технических средств для проведения лекций:

Проектор, ПК.

5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА.

- Лаборатории каф. ФКС с лабораторными стендами (6 рабочих мест).
- Компьютерный класс ф-та электроники (12 рабочих мест с ПК Pentium 3).

- Компьютерный класс каф. ФКС (10 рабочих мест с ПК Pentium 4).
- Университетские пакеты САПР СБИС компаний Cadence, Synopsys, Mentor Graphics, Xilinx.

.....

Рабочую программу составил *доцент Певцов Е.Ф.* _____

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Физика конденсированного состояния»

« ____ » _____ 2008 г.

Заведующий кафедрой _____ чл.-корр. РАН А.С. Сигов