

Технологический институт Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ТТИ ЮФУ

_____ А. И. Сухинов

«__» _____ 2010 года

Программа

краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников высшей школы по направлению

«Наноэлектроника и наномagnetизм, компонентная база и устройства. Физические принципы. Применяемые технологии при разработке и создании»

на базе учебного курса

«Проектирование интегральных схем с проектными нормами 90–65 нм»

Цель: Изучение физических принципов функционирования, конструкций и основных методов проектирования интегральных схем с проектными нормами 90—65 нм

Категория слушателей: преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения: 24 часа

Форма обучения: с частичным отрывом от работы

Режим занятий: 8 часов в день

Целью данного курса является ознакомление с основными понятиями, принципами и особенностями проектирования интегральных схем на основе КМОП (КМОП ИС) с проектными нормами 90—65 нм с использованием САПР Microwind.

Программа обучения рассчитана на специалистов в области разработки субмикронной элементной базы и проектирования интегральных схем.

Требования к уровню освоения учебного курса.

Преподаватели и научные работники должны:

Знать:

- особенности функционирования элементов КМОП ИС;
- методологии и маршруты проектирования интегральных схем;
- назначение, виды обеспечений и особенности организации современных САПР.

Иметь навыки:

- использования средств автоматизации проектирования интегральных схем;
- моделирования проектируемых устройств с использованием схемотехнических и функционально-логических моделей;

Иметь представление:

- об особенностях протекания физических процессов транспорта носителей заряда в наноразмерных КМОП-структурах;
- о маршрутах проектирования СБИС с использованием высокоуровневых языков описания аппаратуры (Verilog, VHDL);
- о моделях, методах и средствах схемотехнического и функционально-логического моделирования проектов СБИС.

Краткая аннотация учебного курса

«Проектирование интегральных схем с проектными нормами 90–65 нм»

Дистанционная часть курса посвящена изучению:

- особенностей проектирования полузаказных и заказных СБИС по технологическим нормам 90 нм и менее;
- основных характеристик и методов работы с САПР Microwind;
- маршрутов проектирования интегральных устройств с топологическими нормами 90–65 нм применительно к САПР Microwind;
- маршрутов проектирования библиотек интегральных элементов СБИС с проектными нормами 90–65 нм;
- моделей, методов и средств схемотехнического моделирования проектов СБИС.

Очная часть курса посвящена приобретению навыков:

- проектирования сложных функциональных блоков интегральных схем с использованием САПР Microwind;
- моделирования и верификации сложных функциональных блоков интегральных схем с использованием САПР Microwind;
- разработки нанoeлектронных СБИС специальных применений на основе различных типов элементной базы с применением САПР Microwind;
- разработки библиотек интегральных элементов СБИС с проектными нормами 90–65 нм.

**Реферативное описание содержания лекций
дистанционной части курса**

Лекция №1 Основы проектирования заказных СБИС с проектными нормами менее 90 нм

Особенности изготовления КМОП элементов с проектными нормами 90–65 нм. Перспективы реализации КМОП элементов с проектными нормами 45 нм и менее. Методы проектирования специализированных СБИС. Понятие библиотеки элементов. Маршруты проектирования СБИС.

Лекция №2 САПР электронных средств. Разработка библиотек элементов КМОП СБИС с проектными нормами менее 90 нм в САПР Microwind

Роль САПР в разработке современных СБИС. Виды обеспечений САПР. Общие сведения о языках описания аппаратуры (ЯОА). Кремниевые компиляторы. Структура и основные характеристики САПР Microwind. Разработка библиотечных элементов. Схемы, принципы функционирования, топология и структура КМОП элементов с проектными нормами 90–65 нм.

Лекция №3 Модели элементов КМОП СБИС с проектными нормами менее 90 нм и особенности моделирования в САПР Microwind

Иерархия моделей интегральных КМОП-элементов (технологические, физико-топологические, схемотехнические, функционально-логические). Spice-модели моделей интегральных КМОП-элементов с проектными нормами 90–65 нм. Моделирование интегральных элементов и IP-ядер СБИС в САПР Microwind.

Методические рекомендации по реализации учебной программы

На дистанционную и очную части учебного курса отводится 24 часа, в том числе лекционные занятия и самостоятельная работа – 12 часов, лабораторные занятия – 12 часов. Тексты лекций в полном объеме представлены на сайте www.nanoobr.ru. Для облегчения самостоятельного контроля уровня подготовки слушателей разработаны **тестовые вопросы**. Преподаватель оценивает уровень подготовки слушателей посредством **контрольных вопросов**.

Тестовые вопросы по курсу

«Проектирование интегральных схем с проектными нормами 90–65 нм»:

Тестовые вопросы к лекции №1:

1. СБИС называется интегральная схема коэффициент степени интеграции k которой:
 - 1) $k > 10^6$;
 - 2) $k = 10^5$;
 - 3) $k > 5$;
 - 4) $3 \leq k \leq 5$.

2. Уменьшение характеристических размеров элементов СБИС позволяет:
 - 1) повысить их быстродействие и снизить энергию переключения;
 - 2) повысить быстродействие при неизменной энергии переключения;
 - 3) снизить энергию переключения при неизменном быстродействии;
 - 4) уменьшить площадь, занимаемую элементом на кристалле, не оказывая влияния на иные характеристики.

3. Уменьшение толщины подзатворного диэлектрика до величин порядка 5–10 атомных слоев обеспечивает:
 - 1) увеличение удельной крутизны транзисторных структур и быстродействия интегральных элементов на их основе, а также снижение токов утечки;
 - 2) уменьшение удельной крутизны транзисторных структур и быстродействия интегральных элементов на их основе, а также снижение токов утечки;
 - 3) уменьшение удельной крутизны транзисторных структур и быстродействия интегральных элементов на их основе, а также увеличение токов утечки;
 - 4) увеличение удельной крутизны транзисторных структур и быстродействия интегральных элементов на их основе, а также увеличение токов утечки.

4. Использование технологий «кремний на изоляторе (диэлектрике)» (КНИ или КНД):
 - 1) значительно упрощает изготовление СБИС;
 - 2) способствует комплексному решению проблем повышения быстродействия и снижения токов утечки в элементах СБИС;

- 3) способствует решению проблем повышения быстродействия при неизменных токах утечки;
 - 4) способствует решению проблем снижения токов утечки при неизменном быстродействии.
5. Использование Si_3N_4 и SiGe в конструкциях КМОП СБИС с проектными нормами 90–65 обусловлено:
- 1) увеличением подвижности носителей в канале транзисторов n-типа проводимости и увеличением подвижности в канале транзисторов p-типа соответственно;
 - 2) увеличением подвижности носителей в канале транзисторов p-типа проводимости и увеличением подвижности в канале транзисторов n-типа соответственно;
 - 3) уменьшением остаточных механических напряжений в полупроводниковой МОП структуре;

Тестовые вопросы к лекции №2:

- 1 . Проектирование называется автоматизированным, если коэффициент δ , выражающий степень автоматизации:
- 1) больше единицы;
 - 2) равен единице;
 - 3) равен нулю;
 - 4) больше нуля, но меньше единицы.
- 2 . Обеспечение САПР, включающее методические и руководящие материалы, обеспечивающие взаимодействие подразделений проектной организации при создании и эксплуатации САПР:
- 1) техническое;
 - 2) организационное;
 - 3) лингвистическое;
 - 4) информационное.
- 3 . Язык VHDL используется для описания:
- 1) соединений транзисторов;
 - 2) топологии интегральных схем любого уровня сложности;
 - 3) электрических постоянных;
 - 4) функций, структурной и логической организации цифровых систем любого уровня сложности.
- 4 . Поведенческий стиль используется для описания:
- 1) структурной организации устройства;
 - 2) логической организации устройства;
 - 3) функционирования устройства.
- 5 . Язык описания аппаратуры, используемый в САПР Microwind:
- 1) System C;
 - 2) Verilog;
 - 3) VHDL;
 - 4) Ada.

6 . Для того, чтобы установить соответствие топологии проектируемого библиотечного элемента требованиям заданной технологии производства интегральных схем необходимо:

- 1) выполнить проверку проектных норм;
- 2) выполнить экстракцию электрической схемы и схемотехническое моделирование;
- 3) выполнить проверку соответствия топологического и схемотехнического представлений библиотечного элемента.

Тестовые вопросы к лекции №3:

1 . Какое из требований не является обязательным для модели объекта исследования (по Ляпунову):

- 1) модель должна находиться в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом;
- 2) модель должна быть способна замещать его в определенных отношениях;
- 3) модель должна быть записана в форме математических выражений;
- 4) модель при ее исследовании должна давать информацию о самом моделируемом объекте.

2 . К какому классу относятся модели, описывающие протекание физических процессов, обуславливающих отдельные технологические операции:

- 1) функционально-логические модели;
- 2) схемотехнические модели;
- 3) физико-топологические модели;
- 4) технологические модели.

3 . Усложнение моделей в процессе их исторического развития вызвано:

- 1) совершенствованием вычислительных методов и алгоритмов;
- 2) повышением производительности ЭВМ;
- 3) совершенствованием технологии интегральных схем и ужесточением требований к параметрам полупроводниковых структур;
- 4) конкуренцией на рынке производителей программного обеспечения.

4 . Целью физико-топологического моделирования интегральных логических элементов СБИС является:

- 1) нахождение токов и напряжений на внешних выводах компонентов (определение их вольт-амперных характеристик);
- 2) расчет режимов технологических операций, обеспечивающих изготовление полупроводниковых структур с заданными характеристическими размерами;
- 3) расчет токов и напряжений в электрических цепях интегральных схем;
- 4) построение временных диаграмм с целью обнаружения и устранения функционально-логических ошибок.

5 . САПР Microwind как система моделирования СБИС обеспечивает:

- 1) схемотехническое моделирование;
- 2) технологическое моделирование;
- 3) функционально-логическое моделирование;
- 4) физико-топологическое моделирование.

**Контрольные вопросы по курсу
«Проектирование интегральных схем с проектными нормами 90–65 нм»:**

Контрольные вопросы к лекции №1:

1. Что такое интегральная схема?
2. Основные особенности сверхбольших интегральных схем на основе комплементарных МОП-транзисторов (КМОП-СБИС).
3. Основные особенности и ограничения технологии производства МОП-транзисторов с проектными нормами 90–65 нм.
4. Основные факторы, обуславливающие подвижность носителей заряда в канале МОП-транзистора, и методы ее улучшения.
5. Основные особенности систем на кристалле.
6. Классификация и основные особенности методов проектирования СБИС с проектными нормами 90–65 нм.
7. Основные этапы проектирования СБИС (маршрут проектирования).
8. Метод верификации топологического и схемотехнического представлений проекта СБИС LVS.

Контрольные вопросы к лекции №2

1. Проектирование СБИС и роль САПР в проектировании СБИС.
2. Виды обеспечения САПР.
3. Особенности проектирования СБИС с использованием высокоуровневых языков описания аппаратуры.
4. Кремниевая компиляция и методы повышения ее эффективности.
5. Назначение, состав и особенности САПР Microwind.
6. Маршрут проектирования топологии библиотечного элемента в САПР Microwind.
7. Особенности проверки проектных норм в САПР Microwind.

Контрольные вопросы к лекции №3

1. Особенности моделирования СБИС.
2. Иерархия моделей СБИС.
3. Технологические модели элементов СБИС.
4. Функционально-топологические модели элементов СБИС.
5. Схемотехнические и функционально-логические модели СБИС.
6. Схемотехническое моделирование библиотечного элемента СБИС в САПР Microwind.

Учебно-тематический план:

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	
1.	Проектирование интегральных схем с проектными нормами 90–65 нм	24 ч.	6 ч.	6 ч.	12 ч.	1. Тестовые вопросы (самоконтроль) 2. Контрольные вопросы (электронная зачетка) 3. Отчеты по лабораторным работам
2.	Лекция №1 Основы проектирования заказных СБИС с проектными нормами менее 90 нм		2 ч.	2 ч.	4 ч.	
3.	Лекция №2 САПР электронных средств. Разработка библиотек элементов КМОП СБИС с проектными нормами менее 90 нм в САПР Microwind		2 ч.	2 ч.	4 ч.	
4.	Лекция №3 Модели элементов КМОП СБИС с проектными нормами менее 90 нм и особенности моделирования в САПР Microwind		2 ч.	2 ч.	4 ч.	
Итоговый контроль			Тесты	Контрольные вопросы (электронная зачетка)	Отчеты по лабораторным работам	

Основная литература:

1. Казённов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем. М.: БИНОМ, 2009.– 295 с.
2. Коноплев Б. Г., Рындин Е. А., Приступчик Н. К., Денисенко М. А. Проектирование интегральных схем. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2010. – 89 с.
3. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 ч. / М.А.Королев, Т.Ю.Крупкина, М.А.Ревелева; под общей ред. члена-корр. РАН профессора Ю.А.Чаплыгина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. Ч.1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование. – 397 с. 2007.
4. Королев М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 ч. / М.А.Королев, Т.Ю.Крупкина, М.Г.Путря, В.И.Шевяков; под общей ред. члена-корр. РАН профессора Ю.А.Чаплыгина. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. Ч.2: Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования. – 422 с. 2009.
5. Денисенко В.В. Компактные модели МОП-транзисторов для SPICE в микро-и наноэлектронике.– М.: Физматлит, 2010.– 408 с.
6. Стемповский А.Л., Гаврилов С.В., Глебов А.Л. Методы логического и логико-временного анализа цифровых КМОП СБИС.– М.: Наука, 2007.– 224 с.
7. Коноплев Б.Г., Рындин Е.А. Субмикронные интегральные схемы: элементная база и проектирование. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2001. – 147 с.

Дополнительная литература:

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие. – М.: Высшее образование; Юрайт-Издат, 2009. – 463 с.
2. Громов Д.Г., Мочалов А.И., Сулимин А.Д. Металлизация ультрабольших интегральных схем: учебное пособие.– М.: БИНОМ, 2009.– 277 с.
3. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николитч. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования. – М.: Вильямс, 2007.– 912 с.

Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса на сайте www.nanoobr.ru.

Курс разработан: проф. Коноплев Б. Г., проф. Рындин Е. А., Приступчик Н. К. каф. КЭС, ТТИ ЮФУ