ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский) университет

Утверждено
Директор Института _____
«30» 04 2025, протокол № 05

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Макетирование микроэлектронных средств»

Автор ***Сагателян Анна Карписовна к.т.н., доцент***

Направление подготовки: 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
Наименование образовательной программы: «Микроэлектронные схемы и системы»

Сканировано с CamScanner

Согласовано:

Зав. Кафедрой Микроэлектронных схем и систем

Меликян В.Ш.

_____

(подпись)

Сканировано с CamScanner

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Курс **«Моделирование и оптимизация межсоединений интегральных схем»** (на англ. *Modeling and Optimization of High-Performance Interconnects*) представляет собой углублённое изучение ключевых подходов к моделированию и улучшению структуры межсоединений в современных глубокомасштабных (deep-submicron) ИС. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

1.2. Трудоемкость: 3 зр., 108ч.-32ч. лек., 16ч. прак.зан., 60 СР, зачет.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Дисциплина «Моделирование и оптимизация межсоединений интегральных схем» тесно взаимосвязан с такими дисциплинами учебного плана, как «Передовые методы проектирования интегральных схем», «Программные инструментальные средства автоматизированного проектирования интегральных схем», «Тестопригодное проектирование микроэлектронных средств».

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: Программные инструментальные средства автоматизированного проектирования; Проектирование узлов ввода/вывода интегральных схем.

1.4.Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
УК-4.	***Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и***	***УК-4.1***	Знает правила и закономерности деловой устной и письменной коммуникации, принципы построения устного и

	профессионального взаимодействия		письменного высказывания на русском и иностранном языках
		УК-4.2	Умеет применять методы и навыки делового общения на русском и иностранном языках, использовать на практике деловую коммуникацию в устной и письменной формах,
		УК-4.3	Владеет навыками деловых коммуникаций в устной и письменной форме на русском и иностранном языках, навыками чтения и перевода текстов на иностранном языке в профессиональном общении
ПК-2	Способен разработать синтезпригодные описания уровня регистровых передач	ПК-2.1	Знает методы разработки технологических процессов и внедрения их в производство
		ПК-2.2	Умеет осваивать и внедрять технологические процессы и необходимые режимы производства на выпускаемую продукцию, оптимизировать параметры технологических операций;
		ПК-2.3	Владеет навыками разработки технологической документации; навыками проведения экспериментальных работ по освоению новых технологических процессов, новых видов оборудования и технологической оснастки.

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - изучить основы проектирования, моделирования и оптимизации интегральных схем и рассмотреть влияние паразитных параметров межсоединений на характеристики схемы.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	**Всего, в**	**Распределение по семестрам**

	акад. часах	I сем	___ сем	___ сем	___ сем.	___ сем	____ сем.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**108/3 к.**						
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**48**						
1.1.1. Лекции	**32**						
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**16**						
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**60**						
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**зачет**						

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Прак. зан. (ак. часов)
1	**2**	**3**	**4**
Раздел 1.Введение	**8**	**6**	**2**
Тема 1.1. Закон Мура. Технологические тренды	2	2	
Тема 1.2. Масштабирование межсоединений	2	2	
Тема 1.3. Дорожная карта технологий межсоединений	4	2	2
Раздел 2. Моделирование задержки соединения	**28**	**16**	**10**
Тема 2.1. Типичная структура соединения	2	2	
Тема 2.2. Свойства моделей. Сопротивление, емкость, индуктивность	6	4	2

Тема 2.3. Распределение длины межсоединения	4	2	2
Тема 2.4.Задержка распространения. Импеданс и отражения	8	6	2
Тема 2.5. Моделирование соединительных проводов. Общая межсетевая сеть	8	2	4
Раздел 3. Перекрестные помехи (Crosstalknoise)	**12**	**8**	**4**
Тема 3.1 Конфигурация перекрестных помех. Критические последствия шума.	6	4	2
Тема 3.2 Задержка перекрестных помех. Агрессор и жертвы	6	4	2
ИТОГО	**48**	**32**	**16**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Раздел 1. Введение

Тема 1.1. Закон Мура. Технологические тренды. Масштабирование устройства и чипа.

Тема 1.2. Масштабирование межсоединений.

Тема 1.3. Дорожная карта технологий межсоединений.

Раздел 2. Моделирование задержки соединения

Тема2.1. Типичная структура соединения. Извлечение параметров межсоединения.

Тема 2.2. Свойства моделей. Сопротивление, емкость, индуктивность.

Тема 2.3. Распределение длины межсоединения. Локальные и глобальные межсоединения.

Тема2.4. Задержка распространения. Импеданс и отражения. Несколько отражений. Анализ решетчатых диаграмм. Влияние времени нарастания на отражение. Критические длины линий в зависимости от времени нарастания.

Тема 2.5. Моделирование соединительных проводов. Общая межсетевая сеть. RC дерево. Сосредоточенные модели. Распределенные модели. Элмор задержка. Ступенчатая реакция сосредоточенной и распределенной линии RC. Пример сети RLC.

Раздел 3. Перекрестные помехи (Crosstalknoise)

Тема3.1. Конфигурация перекрестных помех. Критические последствия шума.

Тема3.2. Задержка перекрестных помех. Агрессор и жертвы. Сигналы связи.

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Практические занятия

1. **Построение моделей RC-цепей межсоединений**
   - Сбор схемы с учётом паразитных ёмкостей и сопротивлений; построение эквивалентных цепей; сигнальный анализ.
2. **Методы буферизации (buffer insertion)**
   - Расчёт оптимального числа и расположения буферов для уменьшения задержек и деградации сигналов.
3. **Подгонка ширины трасс (wire sizing)**
   - Оптимизация ширины дорожек и их шагов под критические сигналы.

Лабораторный практикум

1. **Разработка модуля RC-построения**
   - Программная реализация расчёта параметров RC-сети на основании входных данных.
2. **Оптимизация буферной схемы**
   - Построение и сравнение разных стратегий буферизации, анализ trade-off между задержкой, энергией и площадью.

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерная аудитория для проведения практических занятий по предмету “Моделирование и оптимизация межсоединений интегральных схем” обеспечена персональными компьютерами с установленным на них необходимым пакетом программных инструментариев компании Synopsys. Необходимая учебно-методическая литература доступна в библиотеке учебного департамента.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

	Вес формы текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля			Вес формы промежуточного контроля и результирующей оценки текущего контроля в итоговой оценке промежуточного контроля			Вес итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточного контроля	Вес оценки результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
Вид учебной работы/контроля	**М1**	**М2**	**М3**	**М1**	**М2**	**М3**		
Контрольная работа			1			1		
Лабораторные работы								
Устный опрос								
Вес результирующей оценки текущего контроля в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей т.д.							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.4
<u>Зачет</u>(оценка итогового контроля)								0.6
			∑ = 1			**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. Теоретический блок

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебники

1. C-K. Cheng, J. Lillis, S. Lin, N.H. Chang“ Interconnect Alanysis and Synthesis”, J. Wiley, 2000

2. M. Celik, L. Pillegi, A. Odabasioglu“IC Interconnect Analysis”, Kluwer Academic Publishers, 2002

3. A.V. Mezhiba, E.G. Friedman “Power Distribution Networks in High Speed Integrated Circuits”, Kluwer Academic Publishers, 2004

4. A.B. Kahng, G. Robins “Optimal Interconnections for VLSI”, Kluwer Academic Publishers, 2010

5. F. Moll, M. Roca “Interconnection Noise in IC Circuits”, Kluwer Academic Publishers, 2010

4. Фонды оценочных средств ***(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).***

4.1. Планы практических занятий

1. Анализ решетчатой диаграммы для длинных линий
2. Зависимость времени установления от наклона входного сигнала
3. Распределенная модель межсоединений.

4.4. Материалы по оценке и контролю знаний

Перечень вопросов для зачета

1. Рассчитать сопротивление межсоединения для данной схемы
2. Рассчитать емкости межсоединений Са и Схдля данной схемы
3. Построить 7-сегментную р-модель для линии
4. Построить 5-сегментную L-модель для линии
5. Для данной схемы рассчитать задержку Элмора от узла «источник» до узла «выход»
6. Оценить разветвленность (fanout) данной системы
7. Вычислить многократные отражения на линии передачи для данной схемы

5. **Методической блок**

5.1. Методика преподавания

5.1.1. Методические рекомендации для студентов по подготовке к семинарским, практическим или лабораторным занятиям, по организации самостоятельной работы студентов при изучении конкретной дисциплины.

- **нтерактивные лекции**: преподаватель представляет теорию (моделирование, оптимизация), дополняя примерами и активным обсуждением. Как правило, используются визуальные схемы, live-код (Python, MATLAB) и разбор исследовательских публикаций uchebnik.biz+1ped-aksioma.ru+1.
- **Познавательные семинары**: анализ и обсуждение статей, примеры на доске/скриптах, с акцентом на этапы моделирования: формализация, ранжирование параметров, математическое описание .