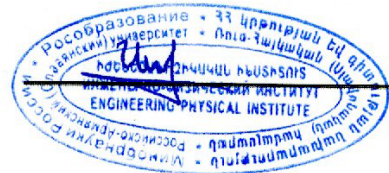


**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с
государственными требованиями к
минимуму содержания и уровню
подготовки выпускников по
направлению Электроника и
нанoeлектроника и Положением «Об
УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИФИ Саркисян А.А.



21.07.2023г.

Институт: Инженерно-физический

Кафедра: Микроэлектронные схемы и системы

Автор: К.т.н. Бабаян Давид Робертович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.02 «Проектирование микроэлектронных средств с низким энергопотреблением»

Направление: 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

**Основная образовательная программа магистратуры:
«Микроэлектронные схемы и системы»**

ЕРЕВАН

Структура и содержание УМКД

1. Аннотация

1.1. Выписка из ФГОС ВО РФ по минимальным требованиям к дисциплине

В результате изучения дисциплины «Проектирование микроэлектронных средств с низким энергопотреблением» обучающийся должен:

- **знать:** основ теории и практики проектирование микроэлектронных средств с низким энергопотреблением;
- **уметь:** применять различные методы проектирования микроэлектронных средств с низким энергопотреблением;
- **владеть:** навыками проектирования микроэлектронных средств различного назначения и конструктивной иерархии с низким энергопотреблением.

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

Дисциплина «Проектирование микроэлектронных средств с низким энергопотреблением» тесно взаимосвязан с такими дисциплинами учебного плана, как «Проектирование электронных систем смешанного сигнала», «Гестопригодное проектирование микроэлектронных средств», «Передовые методы проектирования интегральных схем».

1.3. Требования к исходным уровням знаний, умений и навыков студентов для прохождения дисциплины (что должен знать, уметь и владеть студент для прохождения данной дисциплины)

Для прохождения данной дисциплины студент должен

- **знать:** основы алгебры логики, электроники и моделирования электронных средств;
- **уметь:** анализировать и моделировать простейшие электрические и электронные схемы;
- **владеть:** навыками информационных технологий, электротехники и электроники.

1.4. Предварительное условие для прохождения (дисциплина(ы), изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины)

Для освоения данной дисциплины у студентов должна быть устойчивая база знаний, изученных на предыдущем курсе дисциплин: полупроводниковые приборы, проектирование цифровых интегральных схем, микропроцессорные системы, проектирование аналоговых интегральных схем.

2. Содержание

2.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение теоретических знаний и практических навыков проектирования, анализа, моделирования и оптимизации микроэлектронных средств с низким энергопотреблением.

2.2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (какие компетенции (знания, умения и навыки) должны быть сформированы у студента после прохождения данной дисциплины)

В результате освоения данной дисциплины у студента должны быть сформированы следующие компетенции:

общефессиональные компетенции (ОПК):

- способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач (ОПК-3)
- способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач (ОПК-4)

2.3. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и кредитах)

2.3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

| Виды учебной работы | Всего, в акад. часах |
|---|---------------------------------|
| 1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.: | 180/5кр |
| 1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.: | |
| 1.1.1. Лекции | 18 |
| 1.1.2. Практические занятия | 16 |
| 1.2. Самостоятельная работа, в т.ч.: | 92 |
| Итоговый контроль <u>Экзамен</u> | 54 |

2.3.2. Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

| Разделы и темы дисциплины | Всего (ак. часов) | Лекци и(ак. часов) | Прак. (ак. часов) |
|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Модуль 1. | | | |
| Раздел 1. Современные тенденции проектирования СБИС. Источники и компоненты потребляемой мощности. | 16 | 8 | 8 |
| Тема 1.1. Введение | 4 | 2 | 2 |
| Тема 1.2. Источники питания СБИС | 6 | 2 | 4 |
| Тема 1.3. Потребление мощности в КМОП-схемах | 6 | 4 | 2 |
| Модуль 2. | | | |
| Раздел 2. Способы уменьшения потребления мощности в СБИС | 18 | 10 | 8 |
| Тема 2.1. Емкости в КМОП-схемах | 2 | 2 | |
| Тема 2.2. Способы уменьшения динамической мощности | 5 | 3 | 2 |
| Тема 2.3. Способы уменьшения статической мощности | 7 | 3 | 4 |
| Тема 2.4. Автоматизация проектирования с низким энергопотреблением | 4 | 2 | 2 |
| ИТОГО | 34 | 18 | 16 |

2.3.3 Содержание разделов и тем дисциплины

Модуль 1

Раздел 1. Современные тенденции проектирования СБИС. Источники и компоненты потребляемой мощности.

Тема 1.1. Введение

Транзисторная революция в микроэлектронике. Современный уровень развития технологии СБИС. Закон Мура. Масштабирование размера СБИС. Масштабирование рабочих частот СБИС. Проблемы и вызовы проектирования глубоко-субмикронных КМОП СБИС. Рассеивание мощности в КМОП СБИС. Масштабирование напряжения источников питания. Влияние масштабирования на потребляемый ток. Влияние масштабирования напряжения питания на задержку КМОП-элементов. Современные тенденции изменения параметров аккумуляторов.

Тема 1.2. Источники питания СБИС

Увеличение длительности жизни аккумуляторов. Преимущества схем с низким энергопотреблением. Области применения электронных средств с низким энергопотреблением. Классификация аккумуляторов. Аккумуляторы без возможности перезарядки. Аккумуляторы с возможностью перезарядки. Неидеальности аккумуляторов. Типовые характеристики современных аккумуляторов.

Тема 1.3. Потребление мощности в КМОП-схемах

Потребление мощности в современных СБИС. Динамическая мощность КМОП-схемы, мощность короткого замыкания, мощность токов утечки, статическая мощность. Зарядка конденсатора. Энергия, затрачиваемая на одно переключение. Зависимость мощности короткого замыкания от емкости. Влияние технологических параметров на ток короткого замыкания. Ток утечки затвора. Подпороговый ток утечки.

Модуль 2

Раздел 2. Способы уменьшения потребления мощности в СБИС

Тема 2.1. Емкости в КМОП-схемах

Внутренние емкости МОП-структур. Внешние емкости МОП-структур. Емкость межсоединений. Емкости канала МОП-транзистора, Диффузионные емкости МОП-

транзистора. Емкость обратно-смещенного диода в структуре МОП-транзистора. Емкостная модель МОП-транзистора. Эфлет Миллера. Емкость параллельных пластин межсоединений. Краевая емкость. Диэлектрическая проницаемость в современных технологиях.

Тема 2.2. Способы уменьшения динамической мощности

Минимизация вероятности переключений. Корреляции между сигналами. Реструктуризация логики, упорядочение входов схемы. Понижение напряжения питания. Устранение ложных переключений. Стробирование синхросигнала. Проектирование с различными напряжениями питания. Динамическое масштабирование напряжения питания и частоты.

Тема 2.3. Способы уменьшения статической мощности

Использование элементов с различными пороговыми напряжениями (MTCMOS, VTCMOS). Формирование многоуровневой системы транзисторов (stacking). Отключение питания у неактивной части схемы (power gating, SCCMOS, ZSCCMOS).

Тема 2.4. Автоматизация проектирования с низким энергопотреблением

Традиционный маршрут проектирования. Маршрут проектирования с учетом требований к мощности СБИС. Формат UPF. Пример проектирования с использованием UPF.

2.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс для проведения практических занятий по предмету “Проектирование микросредств с низким энергопотреблением” обеспечен персональными компьютерами с установленным на них необходимым пакетом программных инструментариев компании Synopsys. Необходимая учебно-методическая литература доступна в библиотеке учебного центра.

2.5. Распределение весов по модулям и формам контроля

| | 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 |
|---|---|----|--------------|---|----|--------------|---|---|
| | M1 | M2 | M3 | M1 | M2 | M3 | | |
| Вид учебной работы/контроля | | | | | | | | |
| Контрольная работа | | 1 | 1 | | 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 | | | | | | | 0.5 | |
| Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей т.д. | | | | | | | 0.5 | |
| Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля | | | | | | | | 0.4 |
| Экзамен(оценка итогового контроля) | | | | | | | | 0.6 |
| | | | $\Sigma = 1$ | | | $\Sigma = 1$ | $\Sigma = 1$ | $\Sigma = 1$ |

3. Теоретический блок

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и)

1. R.Chadha, J. Bhasker. “An ASIC Low Power Primer: Analysis, Techniques and Specification”. Springer, 2013
2. J. D. Glover, M. S. Sarma, T. Overbye. “Power System Analysis and Design”. Cengage Learning, 6th edition; 2016
3. A. Tajalli, Y. Leblebici. “Extreme Low-Power Mixed Signal IC Design: Subthreshold Source-Coupled Circuits”. Springer; 2010.
4. D. Flynn, R. Aitken, A. Gibbons, K. Shi. Low Power Methodology Manual: For System-on-Chip Design. Springer. 2010.
5. J. Rabaey. Low Power Design Essentials. Springer; 1 edition. 2009.
6. A. Chandrakasan, R. Brodersen. Low Power Digital CMOS Design. Springer; 1 edition. 2006.
7. C. Piguet. Low-Power CMOS Circuits: Technology, Logic Design and CAD Tools. CRC. 2005.

4. Материалы по оценке и контролю знаний

4.1. Перечень экзаменационных вопросов

1. Современный уровень развития технологии СБИС. Закон Мура.
2. Источники питания СБИС. Характеристики аккумуляторов.
3. Энергия, сохраняемая в конденсаторах.
4. Динамическая мощность.
5. Влияние напряжения питания на потребляемую мощность.
6. Влияние ёмкости нагрузки на потребляемую мощность.
7. Расчет паразитных ёмкостей КМОП-транзистора.
8. Эффект Миллера.
9. Расчет паразитных ёмкостей межсоединений.
10. Минимизация вероятности переключений.
11. Корреляции между сигналами.
12. Устранение ложных переключений.
13. Мощность короткого замыкания.
14. Статическая мощность.
15. Ток утечки затвора.
16. Подпороговый ток утечки.
17. Стробирование синхросигнала.
18. Динамическое масштабирование напряжения питания и частоты.
19. Методы снижения потребляемой мощности неактивной части СБИС.
20. Автоматизация проектирования с низким энергопотреблением.