

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт информационных технологий и радиоэлектроники



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАРШРУТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

направление подготовки / специальность
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

направленность (профиль) подготовки
Системы автоматизированного проектирования микроэлектроники

г. Владимир

2021 год

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Маршруты проектирования цифровых интегральных микросхем» является изучение современных методов и программ автоматизированного проектирования цифровых микросхем, используемых в различных устройствах, освоение методологий использования средств САПР при решении задач сквозного проектирования различного класса устройств и систем цифровой техники, гибридных и монолитных интегральных схем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Маршруты проектирования цифровых интегральных микросхем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1 Способен разрабатывать электрические схемы и характеризовать стандартных ячеек библиотеки	ПК-1.1 Знает общие подходы к проектированию узлов вычислительной техники, вопросы организации программного обеспечения систем автоматизированного проектирования ПК-1.2 Умеет составлять математические модели объектов ПК-1.3 Владеет навыками работы с программными системами САПР, способами математического описания электронных компонентов и электронных схем ЭВМ профессиональными инженерными программными продуктами	<i>Знать</i> основные возможности современных САПР в области автоматизированного проектирования, методы и алгоритмы проектирования цифровых устройств и методологию их использования при реализации маршрутов сквозного проектирования типовых узлов вычислительных и телекоммуникационных систем. <i>Уметь</i> пользоваться современными САПР при решении задач моделирования, оптимизации и синтеза цифровых электронных устройств, решать задачи смешанного моделирования аналого-цифровых устройств, выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов и их верификации, пользоваться системными	Тестовые вопросы

		<p>подходами при построении и исследовании моделей сложных ВС и телекоммуникационных систем беспроводной связи.</p> <p><i>Владеть</i> практическими навыками работы с графическими редакторами САПР цифровых устройств.</p>	
--	--	---	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Семестр	Номер недели, семестра	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы в форме практической подготовки			
1.		Структура современной САПР							
1.1	7	1	Иерархические уровни автоматизированного проектирования (АП) микросхем.	2				8	
1.2		2	Структура САПР ADS. Основные подсистемы и библиотеки.	2				9	
1.3		3	Математическое и информационное обеспечение САПР ADS. Классы решаемых задач.	1				10	
2.		Моделирование устройств							
2.1		5- 6	Классические методы моделирования SPICE-подсистем и особенности их применения.	1		4		8	
2.2		7- 8	Метод гармонического баланса. Область применения.	2		4	2	8	Рейтинг-контроль №1
2.3		9	Моделирование автогенераторов	2		4	2	8	
2.4		10-11	Решение задач оптимизации в САПР ADS. Верификация	2		4	2	8	

		топологии схемы. Моделирование устройств с распределенными параметрами.						
3.	Моделирование цифровых устройств							
3.1	12-14	Модели устройств и потоков в САПР ADS. Иерархия моделей.	2			2	6	Рейтинг-контроль №2
3.2	15-16	Метод огибающей. Преимущества метода. Область применения. Примеры.	2		2		6	
3.3	17-18	Автоматизированное моделирование модемов, АЦП, ЦАП.	2				10	Рейтинг-контроль №3.
ИТОГО			18		18		81	Экзамен (27 час.)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Структура современной САПР

Тема 1.1 Эволюция развития современных САПР. Иерархические уровни автоматизированного проектирования (АП). Тенденции развития современных САПР. Проблемы проектирования аналоговых устройств.

Тема 1.2 Структура САПР ADS. Основные подсистемы и библиотеки. Подсистемы схемотехнического и функционального проектирования аналоговых микросхем. Подсистема топологического проектирования и моделирования. Подсистема моделирования цифровых устройств. Библиотеки САПР ADS.

Тема 1.3 Математическое и информационное обеспечение САПР ADS. Технология сквозного проектирования. Верификация проектов. Математическое и информационное обеспечение САПР ADS. Классы решаемых задач.

Раздел 2 Моделирование аналоговых устройств

Тема 2.1 Классические методы моделирования SPICE-подсистем и особенности их применения. Области применения DC-, AC-, TRAN- симуляторов и их сравнительный анализ. Основные проблемы анализа линейных и нелинейных устройств, устройств с распределенными параметрами.

Тема 2.2 Метод гармонического баланса (ГБ). Представление модели схемы в методе ГБ, погрешность метода, алгоритм реализации, области применения. Решение задач большой размерности. Метод Крылова. Достоинства и недостатки метода ГБ. Особенности практического применения в САПР ADS для различных видов входных сигналов.

Тема 2.3 Маршрут проектирования автогенераторов. Функциональная схема генератора. Методология использования методов анализа во временной области и гармонического баланса при автоматизированном проектировании автогенераторов.

Тема 2.4 Методы оптимизации в САПР ADS и их практическое применение на этапах проектирования аналоговых микросхем. Топологический синтез схемы и ее верификация. Моделирование устройств с распределенными параметрами.

Раздел 3 Моделирование цифровых устройств

Тема 3.1 Модели цифровых устройств и потоков в САПР ADS. Иерархия моделей. Метод огибающей и особенности его применения.

Тема 3.2 Метод огибающей. Преимущества метода. Область применения. Примеры.

Тема 3.3 Автоматизированное моделирование цифровых модемов, АЦП, ЦАП. Методика формирования проектов для анализа смешанных (mixed) микросхем.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Раздел 2 Моделирование аналоговых устройств

Тема 2.1 Классические методы моделирования SPICE-подсистем и особенности их применения.

Лабораторное занятие №1 Моделирование статических, малосигнальных и переходных характеристик усилителя на биполярном транзисторе в САПР ADS.

Тема 2.2 Метод гармонического баланса. Область применения.

Лабораторное занятие №2 Исследование усилительного каскада методом гармонического баланса в САПР ADS.

Тема 2.3 Моделирование автогенераторов.

Лабораторное занятие №3 Исследование схемы автогенератора на биполярном транзисторе в САПР ADS.

Тема 2.4 Решение задач оптимизации в САПР ADS. Верификация топологии схемы. Моделирование устройств с распределенными параметрами.

Лабораторное занятие №4 Оптимизации аналоговых фильтров в САПР ADS.

Раздел 3 Моделирование цифровых устройств

Тема 3.2 Метод огибающей. Преимущества метода. Область применения. Примеры.

Лабораторное занятие №5 Исследование моделей аналоговых устройств методом огибающей в САПР ADS.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Рейтинг-контроль №1

1. Тенденции развития САПР.
2. Состав и особенности проектирования аналоговых микросхем.
3. Типовые симуляторы SPICE-подобных систем.
4. Структура САПР ADS. Основные подсистемы.
5. Основные черты подсистемы моделирования цифровых микросхем.
6. Основные черты подсистемы схемотехнического и функционального моделирования аналоговых микросхем.

7. Основные черты подсистемы топологического моделирования аналоговых микросхем.
8. Назначение и особенности проведения DC-анализа.
9. Назначение и особенности проведения AC-анализа.
10. Как выполнить многовариантный анализ. Пример подготовки проекта.
11. Классы устройств, анализируемые с помощью AC –симулятора. Почему анализ называется малосигнальным.
12. Классы задач и устройств, решаемые с помощью симуляторов TRAN и HB.
13. Основные компоненты подсистемы моделирования аналоговых устройств. Типы источников сигналов.
14. Примеры компонент для моделирования устройств с распределенными параметрами.
15. Модели нелинейных устройств.
16. Компоненты аналоговой подсистемы, представленные на функциональном уровне.
17. Основные симуляторы аналоговой подсистемы САПР ADS.

Рейтинг-контроль №2

1. Проблемы спектрального анализа электронных устройств методами численного интегрирования во временной области.
2. Представление устройства и сигналов в методе гармонического баланса (ГБ).
3. Чем определяется погрешность метода гармонического баланса. Оптимизация погрешности при моделировании.
4. Алгоритм моделирования схемы методом гармонического баланса.
5. Назначение основных опций контроллера HB.
6. Метод подпространств Крылова.
7. Достоинства и недостатки метода гармонического баланса.
8. Использование метода ГБ для моделирования автогенераторов. Опции контроллера HB.
9. Основные методы оптимизации в САПР ADS.
10. Методика подготовки проекта и основные компоненты для проведения оптимизации устройства в САПР ADS.
11. Правила работы в редакторе топологии Layout.
12. Верификация проекта.
13. Проблемы моделирования цифровых модемов SPICE-симулятором.
14. Сущность метода огибающей.
15. Контроллер Envelope. Учет влияния шумов.
16. Построения моделей для совместного моделирования аналоговых и цифровых трактов.

Рейтинг-контроль №3

1. Проблемы моделирования цифровых модемов SPICE-симулятором.
2. Типы источников сигналов подсистемы моделирования цифровых устройств.
3. Инструменты съема и визуализации данных в подсистеме моделирования цифровых устройств.
4. Инструменты интерактивного контроля в процессе моделирования.
5. Компоненты моделей в числовой области в подсистеме моделирования цифровых устройств. Типы данных и их преобразование.
6. Компоненты моделей во временной области в подсистеме моделирования цифровых устройств САПР ADS.
7. Определение временных и числовых параметров для анализа цифровых устройств. Контроллер анализа DF.

8. Средства постпроцессорной обработки данных.
9. Построения моделей для совместного моделирования аналоговых и цифровых трактов.
Пример.
10. Модель цифро-аналогового преобразователя.
11. Модель аналого-цифрового преобразователя.

5.2. Промежуточная аттестация

Контрольные вопросы к экзамену

1. Эволюция развития средств САПР микроэлектронных устройств и систем.
2. Проблемы проектирования аналоговых микросхем для систем телекоммуникаций.
3. Структура САПР ADS. Типовые подсистемы в составе САПР ADS.
4. Основные характеристики подсистемы схемотехнического моделирования микросхем.
5. Основные характеристики функционального моделирования аналоговых микросхем.
6. Основные характеристики подсистемы моделирования цифровых микросхем.
7. Основные характеристики подсистемы топологического проектирования микросхем.
8. Состав библиотек САПР ADS.
9. Алгоритм моделирования схемы в статическом режиме. Класс решаемых задач в САПР ADS.
10. Алгоритм моделирования схемы в малосигнальном режиме. Класс решаемых задач в САПР ADS.
11. Алгоритмы моделирования схемы в переходном режиме во временной области. Класс решаемых задач в САПР ADS.
12. Недостатки спектрального анализа нелинейных электронных устройств ВС методами численного интегрирования во временной области.
13. Представление схемы и сигналов в методе гармонического баланса.
14. Погрешность метода гармонического баланса. Оптимизация погрешности при моделировании. Ограничения метода.
15. Алгоритм моделирования методом гармонического баланса.
16. Назначение основных опций контроллера НВ. Метод подпространств Крылова.
17. Достоинства и недостатки метода гармонического баланса.
18. Маршрут проектирования автогенераторов. Опции контроллера НВ.
19. Маршрут проектирования топологии микросхемы и ее верификация в САПР ADS.
20. Маршрут сквозного проектирования малошумящего усилителя.
21. Метод огибающей и области его применения. Контроллер Envelope. Учет влияния шумов.
22. Построение моделей для совместного моделирования аналоговых и цифровых блоков микросхемы.
23. Методы оптимизации и методика их применения в САПР ADS.
24. Основные типы функциональных блоков подсистемы моделирования цифровых устройств в САПР ADS.
25. Типы сигналов и обрабатываемых данных в DSP режиме САПР ADS.
26. Особенности практического использования методов имитационного моделирования.
27. Маршрут моделирования устройств с распределенными параметрами.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося

Целью самостоятельной работы являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Самостоятельная работа заключается в изучении содержания тем курса по конспектам, учебникам и дополнительной литературе, подготовке к лабораторным занятиям, выполнении заданий для самостоятельной работы, оформлении отчетов по лабораторным работам, подготовке к промежуточной аттестации и зачету.

Задания для самостоятельной работы студентов

1. Ознакомиться с основными этапами развития САПР.
2. Ответить на контрольные вопросы:
 - 1) Основные причины и время появления первых САПР.
 - 2) Назовите типовой набор симуляторов SPICE-подобных систем и классы решаемых задач.
 - 3) Характерные особенности САПР микроэлектронных устройств 70-х годов прошлого века.
 - 4) Характерные особенности САПР 80-х годов прошлого века.
 - 5) Поколения САПР 1990 – 2015 гг.
3. Ознакомиться с основными характеристиками подсистем САПР ADS.
4. Ответить на контрольные вопросы:
 - 1) Какие подсистемы входят в состав САПР и перечень решаемых ими задач.
 - 2) Какие возможности обеспечивают библиотеки ADS для схемотехнического проектирования.
 - 3) Какие возможности обеспечивают библиотеки ADS для функционального проектирования.
 - 4) Суть и назначение проведения EM- 2D-, 3D-анализа.
 - 5) Какие библиотеки обеспечивают моделирование современных телекоммуникационных систем.
5. Ознакомиться с математическим и программным обеспечением САПР ADS.
6. Ответить на контрольные вопросы:
 - 1) Какие основные методы используются при моделировании аналоговых устройств.
 - 2) Какие классы задач решают симуляторы TRAN, HB и ENVELOPE.
 - 3) Суть и возможности проведения статистического анализа.
 - 4) В чем заключается многовариантный анализ устройства.
 - 5) Привести примеры компонент моделей нелинейных элементов, реализованных в САПР.
7. Ознакомиться с основными правилами использования классических методов анализа.
8. Ответить на контрольные вопросы:
 - 1) Приведите примеры практического применения DC-симулятора.
 - 2) Классы устройств для использования AC-симулятора.
 - 3) Сущность малосигнальных моделей AC-симулятора и их ограничения.
 - 4) Какие классы задач решает TRAN-симулятор. Приведите примеры устройств.
 - 5) Сущность и область применения Фурье-анализа.
9. Ознакомиться с методом гармонического баланса.
10. Ответить на следующие вопросы:
 - 1) Приведите пример тригонометрического полинома для одно- и двух- частотного воздействия.
 - 2) Чем определяется трудоемкость метода ГБ.
 - 3) Способы улучшения сходимости метода ГБ.
 - 4) Особенности применения метода ГБ при анализе цифровых устройств.
 - 5) Почему метод ГБ эффективен при анализе высокочастотных устройств и устройств с распределенными параметрами.
11. Ознакомиться с методами спектрального автогенераторов.
12. Ответить на следующие вопросы:

- 1) Как выполнить спектральный анализ автогенератора с использованием TRAN-симулятора.
 - 2) Характерные отличия метода ГБ при анализе автогенераторов.
 - 3) Опции контроллера НВ и компоненты ADS при анализе автогенераторов.
 - 4) Приведите методику анализа автогенератора.
 - 5) Приведите пример проекта схемы автогенератора в САПР ADS.
13. Ознакомиться с методами оптимизации и топологического проектирования в САПР ADS.
14. Ответить на следующие вопросы:
- 1) Какие методы оптимизации реализованы в САПР.
 - 2) Какие компоненты необходимо использовать при подготовке и решении задачи оптимизации.
 - 3) Способы формирования топологии с учетом нерегулярностей в редакторе Layout.
 - 4) Приведите маршрут разработки топологии и его верификации.
 - 5) Особенности моделирования распределенных структур.
15. Ознакомиться с методами моделирования цифровых потоков в САПР ADS.
16. Ответить на следующие вопросы:
- 1) Назовите особенности Ptolemy-симулятора.
 - 2) Перечислите основные группы компонент для анализа во временной и числовой области.
 - 3) Способы задания интервала моделирования.
 - 4) Средства интерактивного контроля в режиме реального времени.
 - 5) Модели источников сигнала во временной и числовой области.
17. Ознакомиться с методами моделирования цифровых потоков в САПР ADS.
18. Ответить на следующие вопросы:
- 1) Приведите примеры эффективности применения метода огибающей.
 - 2) Как задаются параметры в контроллере Envelope.
 - 3) Принципы формирования аналого-цифрового проекта и используемые компоненты.
 - 4) Как определяется шаг временного анализа в симуляторах TRAN и ENVELOPE.
 - 5) Как выполнить спектральный анализ в цифровом проекте.
19. Ознакомиться с методами моделирования цифровых потоков в САПР ADS.
20. Ответить на следующие вопросы:
- 1) Составные части модели цифрового модема.
 - 2) Как задать параметры гауссова шума в канале.
 - 3) Привести пример модели аналого-цифрового преобразователя.
 - 4) Привести пример модели цифро-аналогового преобразователя.
 - 5) Как определить уровень битовой и пакетной ошибки в канале передачи цифровых данных.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Наличие в электронном каталоге ЭБС	
Основная литература			
1. Галас В.П. Автоматизация	2015		http://dSPACE.www1.vlsu.ru/bits

проектирования систем и средств управления: Учебник/В.П.Галас.- Владимир: ВлГУ, 2015. – 259 с. (из библиотечного фонда ВлГУ).			tream/123456789/4468/1/01478.pdf
2. Бова, В. В. Основы проектирования информационных систем и технологий : учебное пособие / Бова В. В. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, - 105 с. - ISBN 978-5-9275-2717-5	2018		https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927527175.html
3. Юзова, В. А. Основы проектирования электронных средств. Конструирование электронных модулей первого структурного уровня / Юзова В. А. - Красноярск : СФУ, 2012. - 208 с. - ISBN 78-5-7638-2421-6	2012		https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN785763824216.html
Дополнительная литература			
1. Практикум по проектированию входных устройств систем связи в среде САПР ADS//Л.А.Калыгина, А.С.Меркутов; Владим. гос. ун-т.- Владимир, 2011.- 96 с. (из библиотечного фонда ВлГУ).	2011		http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/3033/1/00611.pdf
2. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования : учебник для вузов по направлению "Информатика и вычислительная техника" / И. П. Норенков .— 4-е изд., перераб. и доп. — М : Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (МГТУ), 2009 .— 431 с. (из библиотечного фонда ВлГУ)	2009	12	
3 Мосин С.Г. Электроника. Автоматизация схемотехнического проектирования : методические указания к практическим занятиям / С. Г. Мосин .— Владимир : ВлГУ, 2010.- 33 с. (из библиотечного фонда ВлГУ)	2010		http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/1859/3/00733.pdf
4. Ланцов В. Н. Проектирование заказных интегральных схем на КМОП: учебное пособие / В. Н. Ланцов .— Владимир : ВлГУ, 2009. – 223 с. (из библиотечного фонда ВлГУ).	2010		http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/1314/3/00806.pdf

6.2. Периодические издания

Журналы (<https://elibrary.ru/>):

1. Вестник компьютерных и информационных технологий.
2. Вычислительные технологии.
3. Известия вузов: электроника.
4. Радиотехнические и телекоммуникационные системы.

6.3. Интернет-ресурсы


1. Электронная библиотека <http://www.citforum.ru>
2. Электронная энциклопедия <http://wikipedia.org>
3. Научная библиотека ВлГУ <http://library.vlsu.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Лабораторные работы проводятся в «учебно-исследовательской лаборатории центра микроэлектронного проектирования и обучения».

Рабочую программу составил доцент кафедры ВТ и СУ Меркутов А.С. 

Рецензент

(представитель работодателя)  Генеральный директор ООО "Диаграмма" Протягов И.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ и СУ

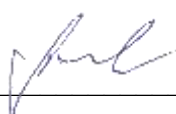
Протокол № 1 от 31 августа 2021 года

Заведующий кафедрой Ланцов В.Н. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 09.03.01 информатика и вычислительная техника

Протокол № 1 от 31 августа 2021 года

Председатель комиссии Ланцов В.Н. зав. каф. ВТиСУ 

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 29.08.22 года

Заведующий кафедрой  Кузнецов К.В.

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____