

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский университет «Московский
институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по УР

А.Г. Балашов

« 08 » августа 20 23

ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
«Автоматизированное проектирование субмикронных СБИС»

Москва – 20 23

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Цель программы – формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности, приобретения новой квалификации в области проектирования СБИС и систем на кристалле с использованием современных САПР.

Программа профессиональной переподготовки ориентирована на слушателей, имеющих высшее образование или опыт трудовой деятельности в проектировании изделий микро и наноэлектроники и знакомых с программными и лингвистическими средствами САПР.

1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Наименование нового вида деятельности: Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований

Сфера профессиональной деятельности: проектирование, разработка, модернизация средств вычислительной техники и информационных систем.

Область профессиональной деятельности относится к 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности и включает совокупность средств, способов и методов деятельности, направленной на исследование, математическое и компьютерное моделирование, проектирование электронных компонентов, функциональных блоков, устройств микро- и наноэлектроники различного назначения.

Объектами профессиональной деятельности являются: электронные компоненты, функциональные блоки, устройства микро- и наноэлектроники различного назначения, методы их исследования и проектирования, технологические процессы производства, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники.

Задачи профессиональной деятельности: сформулированы на основе профстандартов: «40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле», 40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков», 40.045 "Инженер-проектировщик фотошаблонов для производства наносистем (включая наносенсорику и интегральные схемы)".

Слушатель, успешно завершивший обучение по данной программе, должен решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности:

- Разработка синтезопригодного описания уровня регистровых передач
- Синтез логической схемы в базе выбранной технологической библиотеки на основе заданных временных и физических ограничений с использованием средств автоматизированного проектирования
- Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки
- Разработка топологии, физического представления стандартных ячеек библиотеки
- Разработка электрических схем, характеристика сложнофункциональных блоков (СФ-блоков)
- Разработка топологии, физического представления СФ-блока
- Разработка поведенческого описания модели СФ-блока
- Разработка топологического описания на основе полученного списка цепей с учетом набора ограничений
- Разработка аналоговой части ИС или СнК
- Проектирование фотошаблонов субмикронного и нанометрового уровней технологии (А)

Квалификация - инженер-проектировщик.

Вид экономической деятельности: деятельность в области информации и связи

Угруппированная группа специальностей: 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи

1.3. Требования к результатам освоения программы

Планируемые результаты освоения программы:

а) Профессиональные компетенции инженера-проектировщика определены на основании раздела «Должностные обязанности» Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих» " (утв. Постановлением Минтруда России от 21.08.1998 N 37) (ред. от 27.03.2018).

Должностные обязанности:

- На основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования разрабатывает отдельные разделы (части) проекта;
- Принимает участие в подготовке заданий на разработку проектных решений;
- Участвует в сборе исходных данных для проектирования, в решении технических вопросов в области своих профессиональных задач;
- Увязывает принимаемые проектные решения с проектными решениями по другим разделам (частям) проекта;
- Проводит патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и патентоспособности;

- Обеспечивает соответствие разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, а также заданию на их разработку;
- Участвует в анализе и обобщении опыта разработки проектов и их реализации и на этой основе готовит предложения о целесообразности корректировки принятых общих и принципиальных проектных решений;
- Принимает участие в составлении заявок на изобретения, подготовке заключений и отзывов на рационализаторские предложения и изобретения, проекты стандартов, технических условий и других нормативных документов, в работе семинаров и конференций.
- Владеет современными средствами автоматизированного проектирования для создания функциональных блоков и систем на их основе с учетом функциональных и технических требований
- Применяет современные языки программирования для обработки данных в требуемых форматах представления информации при разработке СБИС и СнК
- Имеет практический опыт проектирования сложно-функциональных блоков и СнК для субмикронного и нанометрового уровней технологии с использованием средств САПР

б) Выпускник должен обладать знаниями, умениями и навыками в следующих областях разработки и проектирования микросхем различного назначения:

Компетенции определены на основании следующих профессиональных стандартов:

Код и формулировка компетенции	Трудовые функции, в соответствии с ПС		Индикаторы достижения компетенций
	Наименование	Код	
40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков» ОТФ: А Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки С Разработка поведенческих описаний моделей стандартных ячеек, разработка технической документации на состав библиотеки стандартных ячеек			
ПК-1Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с	Разработка электрических схем стандартных ячеек библиотеки	А/01.6	Знания: - Физические и математические модели основных элементов электрических схем - основные принципы построения электрических схем простейших элементов - основных принципов сквозного проектирования, основы технологии производства интегральных схем

использованием средств автоматизации проектирования			Умения:- проектировать электрические схемы логических элементов и блоков, реализующие требуемые логические функции - Использовать функциональные возможности и способы применения программных пакетов систем автоматизированного проектирования Опыт деятельности: - Разработка электрических принципиальных схем стандартных ячеек библиотеки - Проверка функционирования электрических схем стандартных ячеек библиотеки
	Поведенческое описание и тестирование моделей стандартных ячеек библиотеки	С/01.6	Знания:- Основные принципы построения электрических схем простейших элементов - Основы построения цифровых устройств - Принципы сквозного проектирования - Методы построения моделей - Специализированная система автоматизированного проектирования (моделирование и верификация моделей, написанных на языках описания аппаратуры) Умения:- Использовать целевые системы автоматизированного проектирования - Использовать техническую документацию и современные информационные технологии для решения поставленных задач - Проводить описание поведенческих моделей СФ-блоков Опыт деятельности: - - Разработка поведенческого описания моделей стандартных ячеек библиотеки - Разработка тестовых воздействий для проверки

			функционирования стандартных ячеек библиотеки
	Определение основных статических и динамических характеристик стандартных ячеек библиотеки	A/02.6	Знания: - Основные принципы построения электрических схем простейших элементов - Физические и математические модели основных элементов электрических схем Умения: - Использовать функциональные возможности и способы применения программных пакетов систем автоматизированного проектирования Опыт деятельности: - Измерение основных статических характеристик - Измерение основных динамических характеристик
40.045 "Инженер-проектировщик фотошаблонов для производства наносистем (включая наносенсорику и интегральные схемы)" ОТФ: А Проектирование фотошаблонов субмикронного и нанометрового уровней технологии			
ПК-2 Подготовка исходных данных и проектирование фотошаблонов субмикронного и нанометрового уровней технологии.	Настройка математических моделей литографического процесса для проведения коррекции оптических эффектов близости	A/03.6	Знания: процессов фотолитографии и методики верификации фотошаблонов Умения: проводить коррекцию оптической близости, основанную на математических моделях, наборе правил проектирования Опыт деятельности: проведение анализа и выбора способов коррекции оптических искажений при проектировании фотошаблонов

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

Лица, желающие освоить дополнительную профессиональную программу должны иметь высшее техническое образование и обладать квалификацией — бакалавр, специалист или магистр и/или опыт профессиональной деятельности в области проектирования ИС. Наличие указанного образования и/или опыт профессиональной деятельности должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 400 часов, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

очно-заочная или заочная, с использованием электронного обучения и/или дистанционных образовательных технологий.

Форма обучения устанавливается при наборе группы слушателей и фиксируется в договорах с заказчиками на оказание образовательных услуг.

1.7. Режим занятий

Режим занятий – без отрыва от работы / с частичным отрывом

При любой форме обучения учебная нагрузка устанавливается не более 54 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя. Продолжительность одного часа занятий 45 минут.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы профессиональной переподготовки

№ п/п	Наименование учебных дисциплин (модулей)	Семестр	Общая трудоемкость, час	Контактная работа, час				ЭО или ДОТ, час				СРС, час	Промежуточная аттестация
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1	Операционная система LINUX	1	24					24	8	16			зачет
2	Основы проектирования БИС	1	48					48	16	32			зачет
3	Проектирование библиотечных элементов	1	24					24	8	16			зачет
4	Математическое моделирование приборных структур	1	24					24	8	16			зачет
5	Проектирование аналоговых ИС	2	48					48	16	32			зачет
6	Маршрут проектирования ЦИС. Логическое проектирование	2	48					48	16	32			зачет
7	Моделирование в среде TCAD	2	48					48	16	32			зачет
8	Маршрут проектирования ЦИС. Физический синтез	3	48					48	16	32			зачет
9	Проектирование систем на кристалле	3	32					32	16	16			зачет
10	Подготовка данных для изготовления фотошаблонов	3	16					16	16				зачет
11	Практика											30	зачет
	Итоговая аттестация – Защита итоговой аттестационной работы											10	
	Итого по программе		400					400	136	224		40	

2.2. Календарный учебный график

1-ый учебный год

[illegible]

[illegible][illegible]

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК И СТАЖИРОВОК

3.1. Рабочая программа учебной дисциплины Операционная система LINUX

3.1.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Операционная система Linux» является формирования у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области применения в сфере профессиональной деятельности бездисковых операционных систем семейства UNIX.

Задачи дисциплины «Операционная система Linux»:

- познакомиться с историей развития операционных систем семейства UNIX, подробнее остановившись на классе операционных систем Linux (их достоинства и недостатки, преимущества перед семейством Windows операционных систем);
- познакомиться с типами объектов файловой системы (файлы, директории, ссылки, файлы устройств);
- получить навыки работы с методами фильтрации, сортировки и поиска данных в объектах файловой системы;
- научиться программировать на скриптовом языке командного интерпретатора BASH для полной или частичной автоматизации профессиональных заданий;
- освоить потоковые фильтры AWK и SED для управления потоками данных при систематизации профессиональных заданий.

3.1.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

- Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- основных принципов построения и тестирования моделей простейших элементов.

Умения:

- проектировать и тестировать модели, реализующие требуемые логические функции.

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей системного ПО и САПР для проектирования и моделирования схем.

3.1.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Работа в командном интерпретаторе ОС Linux	12				4	8	0	0
1.1	Введение в операционную систему Linux (история, архитектура, связь аппаратных компонентов и программного обеспечения, командный интерпретатор)	3				1	2	0	0
1.2	Назначение прав доступа на объекты файловой системы в Linux	3				1	2	0	0
1.3.	Поиск, фильтрация и сортировка данных в Linux	3				1	2	0	0
1.4.	Системные процессы, архивирование и сжатие данных в Linux	3				1	2	0	0
2.	Программирование в ОС Linux	11				3	8	0	
2.1	Программирование в командном интерпретаторе BASH	5				1	4	0	0
2.2.	Программирование с использованием потокового фильтра AWK	5				1	4	0	0
2.3.	Программирование с использованием потокового фильтра SED	1				1	0	0	0
3.	Настройка пользовательского окружения в ОС Linux	1				1			
3.1.	Текстовые редакторы, рабочие	1				1	0	0	0

	столы, настройка переменных окружения в Linux								
4.	Консультации	0				0	0	0	0
	Всего	24				8	16	0	0
Промежуточная аттестация: <i>зачет</i>									

3.1.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Введение в операционную систему Linux (история, архитектура, связь аппаратных компонентов и программного обеспечения, командный интерпретатор).	1
1.2	Назначение прав доступа на объекты файловой системы в Linux.	1
1.3	Поиск, фильтрация и сортировка данных в Linux.	1
1.4	Системные процессы, архивирование и сжатие данных в Linux	1
2.1	Программирование в командном интерпретаторе BASH.	1
2.2	Программирование с использованием потокового фильтра AWK.	1
2.3	Программирование с использованием потокового фильтра SED.	1
3.1	Текстовые редакторы, рабочие столы, настройка переменных окружения в Linux.	1

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.1.	Изучение команд командного интерпретатора BASH в ОС Linux	2
1.2.	Назначение прав доступа на объекты файловой системы в ОС Linux	2
1.3.	Поиск, фильтрация и сортировка данных в ОС Linux	2
1.4.	Архивирование данных и управление системными процессами в ОС Linux	2
2.1.	Программирование в командном интерпретаторе BASH	4
2.2.	Программирование с использованием потокового фильтра AWK	4

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.1.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Ермак В.В., Козлов А.В., Савченко В.Ю. ОС LINUX для разработчиков и пользователей ПО САПР БИС: Учеб.пособие / Ермак В.В., Козлов А.В.,

Савченко В.Ю. ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2011. - 220 с.. - ISBN 978-5-7256-0615-7

- Гагарина Л.Г., Петров А.А. Современные проблемы информатики и вычислительной техники: [Учеб.пособие] / Гагарина Л.Г., Петров А.А.. - М. : Форум : Инфра-М, 2011. - 368 с.. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-8199-0442-8; ISBN 978-5-16-004445-3

Дополнительная литература

- Смирнов С.А. Компьютерные технологии в науке и образовании: Учебное пособие/ГОУ ВПО Иван.гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2006. - 136с. ISBN 5-9616-0170-6 (<http://window.edu.ru>)
- М. Гук / Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия // Изд-во «Питер», 1999 г. - 1072 стр. (<http://www.twirpx.com/>)
- ШварцР.Л., ФениксТ., ФойБ.Д. Perl :изучаем глубже [Текст] = Intermediate Perl : Second Edition / R.L. Schwartz, B.D. Foy, T. Phoenix / Р. Л. Шварц, Т. Феникс, Б. Д. Фой ; [Пер. сангл. А. Киселева]. - 2-е изд. - СПб. : Символ-Плюс, 2008. - 320 с. - ISBN 978-5-93286-093-9; ISBN 5-93286-093-6

Информационные ресурсы

- Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
- Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
- Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
- Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
- Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).
- Semiconductors<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=29834&origin=resultslist>.
- Nanotechnologiesin Russia
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=19700186876&origin=resultslist>

3.1.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.1.8. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся. Для текущего контроля обучаемым предлагается в корпоративной информационной системе МИЭТ ОРИОКС пройти 6 тестов по темам курса:

- Работа в командном интерпретаторе BASH ОС Linux (KTNI_OS1);
- Права доступа к объектам файловой системы в ОС Linux (KTNI_OS2);
- Поиск, фильтрация и сортировка данных в ОС Linux (KTNI_OS3);
- Системные процессы, архивирование и сжатие данных в ОС Linux (KTNI_OS4);
- Программирование в BASH ОС Linux (KTNI_OS5);
- Программирование в BASH ОС Linux (KTNI_OS6).

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система. Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 60 балла), и сдача зачета (максимум 40 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий:

№пп	Название	Баллы	Неделя
		макс	
Тест 1	Тест 1	10	4
Тест 2	Тест 2	10	4
Тест 3	Тест 3	10	8
Тест 4	Тест 4	10	8

Тест 5	Тест 5	10	12
Тест 6	Тест 6	10	16
3.1	Зачет	40	17
Сумма		100	

Оценка качества освоения дисциплины и формирования компетенции включает промежуточную аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания. Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	20
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	10
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-20
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	20
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	10
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-20

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.2. Рабочая программа учебной дисциплины **Основы проектирования БИС**

3.2.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Основы проектирования БИС» является формирование у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области изучения маршрутов и методологий проектирования СБИС, а также изучение инструментов Synopsys для автоматизации различных этапов проектирования.

Задачи дисциплины «Основы проектирования БИС»:

Рассматриваемая дисциплина ориентирована на магистров и является вводной в проектирование на основе САПР компании Synopsys. Она должна включать в себя обобщение пройденного материала и обзор актуальных инструментов, входящих в САПР Synopsys.

3.2.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

- Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- основных принципов построения электрических схем простейших элементов

Умения:

- проектировать электрические схемы логических элементов, реализующие требуемые логические функции

Опыт деятельности:

- проектирование и моделирование электрических схем.

3.2.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Модуль 1. Традиционные и современные технологии. Особенности проектирования нанометровых СБИС.	8				4	4	0	0
1.1	Введение. Развитие полупроводниковой индустрии. Традиционные и современные технологии. Учебный комплект средств разработки SAED	6				2	4	0	
1.2.	Трудности разработки ИС на примере 90нм технологии. Концепции проектирования полупроводниковых ИС.	2				2			
2.	Модуль 2. Маршруты проектирования СБИС. Особенности проектирования на отдельных этапах.	6				6			
2.1.	Платформы проектирования и верификации компании Synopsys.	2				2			
2.2.	Особенности цифрового маршрута проектирования с применением средств САПР Synopsys.	2				2			
2.3.	Особенности маршрута физического	2				2			

	проектирования с применением средств САПР Synopsys.								
3.	Модуль 3. Заказной маршрут проектирования.	34				6	28	0	
3.1.	Заказной маршрут проектирования. Экосистема CustomCompiler. Создание интероперабельных PDK.	28				4	24	0	
3.2.	Проектирование аналоговых и смешанных схем в САПР Synopsys.	6				2	4	0	
4.	Консультации	0				0	0	0	
	Всего	48				16	32	0	
Промежуточная аттестация: зачет									

3.2.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Традиционные и современные технологии. История эволюции компании Synopsys. Учебный комплект средств разработки SAED.	2
1.2	Трудности разработки ИС на примере 90нм технологии. Концепции проектирования полупроводниковых ИС.	2
2.1.	Общие сведения о САПР Synopsys. Назначение системы. Платформы проектирования и верификации компании Synopsys, состав системы и назначение программных продуктов.	2
2.2	Особенности цифрового маршрута проектирования с применением средств САПР Synopsys. Организация проектирования СБИС средствами САПР.	2
2.3	Особенности маршрута физического проектирования с применением средств САПР Synopsys.	2
3.1	Заказной маршрут проектирования. Экосистема CustomCompiler. Схемотехнический и топологический редактор CustomCompiler SE и Custom CompilerLE. Программы проверки топологии и экстракции паразитных элементов IC-Validator, Star-RCXT. Методология создания	2

	интероперабельных PDK.	
3.2	Проектирование аналоговых и смешанных схем в САПР Synopsys.	2

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Кол-во часов
1.1	Особенности SPICE-подобного языка HSPICE компании SYNOPSYS. Описание электрической схемы на транзисторном уровне на основе учебной библиотеки SAED. Составление задания на моделирование – командного файла на языке HSPICE.	4
3.2	Исследование характеристик электрической схемы с применением средств HSPICE, CosmosScope и Waveview.	4
3.1, 3.2	Схемотехнический редактор CustomCompilerSE. Редактор символов. Разработка электрической схемы в формате OpenAccess. Составление задания для схемотехнического моделирования в среде SAE.	4
3.1, 3.2	Топологический редактор CustomCompiler LE. Разработка топологического описания в формате OpenAccess. Работа с PCell элементами. Выгрузка описания в формат GDS.	4
3.1, 3.2	Верификация электрической схемы, экстракция паразитных параметров.	4
3.1, 3.2	Посттопологическое моделирование электрической схемы на основе векторного формата входных воздействий.	4
3.1, 3.2	Ускоренное моделирование SPICE описания электрической схемы с использованием FastSPICE симуляторов.	4
3.1	Моделирование смешанного описания электрической схемы в программе FineSim	4

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.2.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Казеннов Г.Г. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казеннов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 296 с. - ISBN 978-5-94774-232-9 : 91-30, 2000 экз.
2. Справочная документация на ПО Synopsys.

3. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Миттал, Ю. Цао, Г. Старр ; Пер. с англ. К.В. Юдинцева, под ред. Н.А. Шелепина. - М. : Техносфера, 2014. - 432 с. - ISBN 978-5-94836-377-6 : 840-00, 1000 экз.
4. Ракитин В.В. Интегральные схемы на комплементарных МОП-транзисторах: Учебное пособие. - М.: МФТИ, 2007. - 308 с.
5. Актуальные проблемы моделирования в системах автоматизации схемотехнического проектирования / А.Л. Глебов, [и др.] ; Под ред. А.Л. Стемпковского. - М. : Наука, 2003. - 432 с. - ISBN 5-02-002818-5 : 110-00.

Дополнительная литература

1. Стемпковский А.Л. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Методы логического и логико-временного анализа цифровых КМОП СБИС / С.В. Гаврилов, А.Л. Глебов ; Ин-т проблем проектирования в микроэлектронике РАН; Под общ. ред. А.Л. Стемпковского. - М. : Наука, 2007. - 224 с. - ISBN 978-5-02-036119-5 : 262-90.
2. Материалы сайта <http://www.russianelectronics.ru/>

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).
7. Semiconductors
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=29834&origin=resultslist>.
8. Nanotechnologies in Russia
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=19700186876&origin=resultslist>

3.2.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС,

		AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.2.8. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся. Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15
З.1	Зачёт	60	

Оценка качества освоения дисциплины и формирования компетенции включает промежуточную аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания. Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Суммарный балл по показателю за знания			0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-30

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.3. Рабочая программа учебной дисциплины **Проектирование библиотечных элементов**

3.3.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Проектирование библиотечных элементов» является формирование специальных знаний в области элементной и компонентной базы цифровых СБИС, позволяющих понимать принципы работы, как отдельных библиотечных элементов, так и их работу в составе интегральных схем и электронных устройств.

Задачи дисциплины «Проектирование библиотечных элементов»:

- рассмотрение и изучение методов проектирования элементной и компонентной базы цифровых СБИС с учетом заданных требований.

3.3.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля).

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

- проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием современных программных средств для схемотехнического проектирования.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- основных принципов построения и тестирования моделей простейших элементов

Умения:

- получать основные статические и динамические характеристики элементов

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей САПР для проектирования схем.

3.3.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Проектирование библиотек цифровых стандартных ячеек	8				8			
1.1	Назначение библиотек стандартных цифровых ячеек. Место в маршруте проектирования цифровых СБИС. Структура и состав библиотеки	2				2			
1.2	Особенности проектирования цифровых стандартных ячеек. Ключевые характеристики и критерии оптимизации	2				2			
1.3	Особенности проектирования топологии стандартных цифровых ячеек	2				2			
1.4	Основные технологические представления библиотеки стандартных цифровых ячеек. Назначение и место в общем маршруте проектирования СБИС	2				2			
2	Разработка схемотехнического описания стандартных цифровых элементов	16					16		
2.1	Разработка комбинационных цифровых ячеек	8					8		
2.2.	Разработка последовательностных цифровых ячеек	8					8		
3	Консультации	0				0	0	0	
	Всего	24				8	0	16	0
Промежуточная аттестация: зачет									

3.3.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1.	Назначение библиотек стандартных цифровых ячеек. Обобщённый маршрут проектирования СБИС и место библиотеки в маршруте проектирования. Структура и состав библиотеки. Комбинационные и последовательностные элементы	2
1.2.	Особенности схемотехнического проектирования цифровых стандартных ячеек. Ключевые характеристики и критерии оптимизации. Проектирование высокопроизводительных и энергоэффективных ячеек. Балансировка временных и мощностных параметров. Оптимизация по Performance-Power-Area (PPA). Проектирования специализированных ячеек. Проблемы и пути их решения	2
1.3.	Особенности проектирования топологии стандартных цифровых ячеек. Основные особенности разработки топологии стандартных ячеек. Критерии самосогласованности. Ключевые правила и ограничения при разработке топологии. Проблемы и пути их решения	2
1.4.	Основные технологические представления библиотеки стандартных цифровых ячеек. Назначение и место в общем маршруте проектирования СБИС. Маршрут генерации технологических представлений: CDL / GDS / LEF / Liberty / Verilog. Характеризация библиотек	2

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
2.1	Разработка комбинационных цифровых ячеек Исследование и разработка КМОП инвертора, буфера	8
2.2	Разработка последовательностных цифровых ячеек. Исследование и разработка статического КМОП синхронного D-триггера с асинхронным управлением сбросом/установкой.	8

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.3.6. Учебно-тематическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Справочная документация на ПО Synopsys
2. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Миттал, Ю. Цао, Г. Старр ; Пер. с англ. К.В. Юдинцева, под ред. Н.А. Шелепина. - М. : Техносфера, 2014. - 432 с. - ISBN 978-5-94836-377-6 : 840-00, 1000 экз.
3. Харрис, Сара Л. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера : RISC-V / Харрис, Сара Л., Харрис, Дэвид ; под редакцией А. Ю. Романова; перевод с английского В. С. Яценкова, А. Ю. Романова. - Москва : ДМК Пресс, 2022. - 810 с. - ISBN 978-5-97060-961-3 : 4512-00, 200 экз. - Текст : непосредственный.
4. Engineering the CMOS Library. Enhancing Digital Design Kits for Competitive Silicon, David Doman, 1st ed., Wiley, 343 p.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).
7. Semiconductors
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=29834&origin=resultslist>.
8. Nanotechnologies in Russia
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=19700186876&origin=resultslist>

3.3.7. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.3.8. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15
З.1	Зачёт	60	

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания. Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
	уточняющие вопросы	Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
	Суммарный балл по показателю за умения		

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.4. Рабочая программа учебной дисциплины

Математическое моделирование приборных структур

3.4.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Математическое моделирование приборных структур» является формирование специальных знаний в области математического моделирования приборных структур субмикронных и наноразмерных СБИС, а также освоения атомистических методов расчёта устройств нанoeлектроники, масштабируемых к уровню 10 нм и ниже.

Задачи дисциплины «Математическое моделирование приборных структур»:

- формирование знаний о новых физических эффектах, заложенных в основу работы элементной компонентной базы устройств нанoeлектроники;
- изучение принципов математического моделирования полупроводниковых приборов: иерархия моделей и основные задачи;
- освоение численных методов решения задач моделирования полупроводниковых приборов;
- освоение принципов атомистического моделирования и проектирования нанoустройств, работающих на новых физических принципах в области проектных норм от 100 до 10 нм и ниже.
- получение практических навыков моделирования пассивных элементов ИС.

3.4.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

- Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- физических и математических моделей основных элементов электрических схем.

Умения:

- проектировать и тестировать модели, реализующие требуемые логические функции

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей системного ПО и САПР для проектирования и моделирования схем

3.4.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Математическое моделирование приборных структур: новые физические эффекты и развитие современной нанoeлектроники	4				4		-	-
1.1	Современные тенденции масштабирования КМОП транзисторов. Нанoeлектроника: переход к суб-10-нм проектным нормам	2				2		-	-
1.2.	Мемристоры: переход к нейроморфным вычислениям и новой архитектуре компьютерных систем	2				2		-	-
2.	Методы моделирования твердотельных нанoeлектронных устройств на новых физических принципах	4				4		-	-
2.1.	Моделирование нанoeлектронных устройств: атомистический подход на базе программного пакета QuantumATK	2				2		-	-
2.2.	Основы квантовых вычислений и квантовый компьютер	2				2		-	-
3.	Моделирование приборов нанoeлектроники	16					16	-	

3.1.	Атомистическое моделирование кремниевого полевого транзистора с нанопроволокой (Gate-All-Around)	4					4	-	
3.2.	Моделирование спинового транспорта в магнитных туннельных переходах	4					4	-	
3.3	Вычисление пьезоэлектрического тензора в диэлектрической пленке наноразмерной толщины на примере AlN	4					4	-	
3.4	Анализ тепловых и механических свойств материалов в наноструктурах	4					4	-	
4.	Консультации	0					0	0	
	Всего	24					8	16	-
Промежуточная аттестация: Зачет									

3.4.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1.	Современные тенденции масштабирования КМОП транзисторов. Нанoeлектроника: переход к суб-10-нм проектным нормам. Введение и историческая справка: закон Мура и Деннарда. Принцип работы полевого КМОП транзистора. Тенденции масштабирования проектных норм. Эволюция линейки современных КМОП транзисторов. Современные суб-45 нм КМОП-транзисторы. Поколение FinFET и GAA-FET транзисторов: переход к уровню 2 нм. Проблемы дальнейшего масштабирования КМОП транзисторов. За пределами КМОП: эпоха квантовых и природоподобных технологий. Одноэлектронные транзисторы. Вакуумные нано-транзисторы и ВИС. Энергоэффективные приборы на базе спинтронных эффектов. САПР для моделирования: COMSOL, Sentaurus/Silvaco TCAD, Quantum ATK.	2
1.2.	Мемристоры: переход к нейроморфным вычислениям и новой архитектуре компьютерных систем. Нанoeлектроника: перспективы перехода к нейроморфной архитектуре. Нейроморфная реализация: электронные синапсы. Мемристоры – основа для создания синапсов в нейроморфной ЭКБ. Класс Red-Ox (Hewlett-Packard) мемристоров. Класс мемристоров на изменении фазового состояния. Класс органических мемристоров. Класс мемристоров на чисто электронных	2

	эффектах. Ферроэлектрический мемристор. Спинтронный мемристор. QuantumATK: применение для решения нейроморфных задач.	
2.1.	Моделирование наноэлектронных устройств: атомистический подход на базе программного пакета QuantumATK. Электрон, волновая функция и атомные орбитали. Уравнение Шрёдингера для молекулы. Уравнение Шрёдингера и приближение Борна-Оппенгеймера для молекулярных систем. Принцип Паули и метод Хартри-Фока. Модель Томаса-Ферми/Томаса-Ферми-Дирака. Теоремы Хоэнберга-Кона. Теория функционала плотности (DFT-метод). Уравнение Кона-Шэма. Quantum ATK: описание возможностей программного пакета. Примеры расчётов в Quantum ATK на базе атомистического подхода.	2
2.2.	Основы квантовых вычислений и квантовый компьютер. Понятие квантовых вычислений (квантовый компьютер). Свойства и операции с кубитами для квантовых вычислений. Квантовые вентили. Квантовые схемы. Алгоритмы квантовых вычислений. Алгоритмы коррекции ошибок. Квантовые компьютеры.	2

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
3.1	Атомистическое моделирование кремниевого полевого транзистора с нанопроволокой (Gate-All-Around)	4
3.2	Моделирование спинового транспорта в магнитных туннельных переходах	4
3.3	Вычисление пьезоэлектрического тензора в диэлектрической пленке наноразмерной толщины на примере AlN	4
3.4	Анализ тепловых и механических свойств материалов в наноструктурах	4

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.4.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Абрамов И.И. Лекции по моделированию элементов интегральных схем : Учеб. пособие / И.И. Абрамов. - М. ; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2002. - 146 с. - ISBN 5-93972-177-X : 118-91.
2. Абрамов И.И. Курс лекций "Моделирование элементов интегральных схем" : Учеб. пособие. Ч. 2 / И.И. Абрамов. - Минск : БГУИР, 2000. - 72 с. - ISBN 985-444-111-3 : 25-00

3. Абрамов И.И. Моделирование физических процессов в элементах кремниевых интегральных микросхем / И.И. Абрамов. - Минск : БГУ, 1999. - 189 с. - ISBN 985-445-148-8 : б.ц.
4. Королев М.А. (Автор МИЭТ, ИЭМС). Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М.А. Королев, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева ; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - 4-е изд., электронное. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2020. - 400 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151589> (дата обращения: 14.09.2021). - ISBN 978-5-00101-814-8.
5. Королев М.А. (Автор МИЭТ, ИЭМС). Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : Учеб. пособие: В 2-х ч. Ч. 2 : Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования / М.А. Королев, [и др.] ; Под ред. Ю.А. Чаплыгина. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2009. - 422 с. - Изд. выполнено в рамках инновац. образоват. программы МИЭТ "Соврем. проф. образование для рос. инновац. системы в области электроники". - ISBN 978-5-94774-583-2; 978-5-94774-585-6 : 164-45; 265-00, 1000 экз.
6. Schenk A. «Advanced Physical Models for Silicon Device Simulation» Springer, 2004
<https://www.springer.com/gp/book/9783211830529#otherversion=9783709164945>;
https://books.google.ru/books/about/Advanced_Physical_Models_for_Silicon_Dev.html?id=uTM3gCkh0IAC&redir_esc=y
7. Hess K. «Monte Carlo Device Simulation» Kluwer Academic Publishers, 2007
https://www.researchgate.net/publication/253644248_Monte_Carlo_Device_Simulations

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.

4. Нано- и микросистемная техника
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).
7. Semiconductors
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=29834&origin=resultslst>.
8. Nanotechnologies in Russia
<http://www.scopus.com/source/sourceInfo.url?sourceId=19700186876&origin=resultslst>

3.4.7. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.4.8. Система контроля и оценивания.

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15

3.1	Зачёт	60	
-----	-------	----	--

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания. Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-30

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.5. Рабочая программа учебной дисциплины **Проектирование аналоговых ИС**

3.5.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Проектирование аналоговых ИС» является формирование у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области проектирования аналоговых интегральных схем для современных микроэлектронных систем.

Задачи дисциплины «Проектирование аналоговых ИС»:

- изучение особенностей моделей транзисторов при малосигнальном анализе;
- изучение принципов работы основных схемотехнических аналоговых элементов;
- освоение этапов схемотехнического проектирования аналоговых схем;
- формирование навыков схемотехнического проектирования по заданным параметрам с использованием автоматизированных программных средств моделирования САПР Synopsys;
- формирование навыков по исследованию характеристик аналоговых элементов и определению параметров, характеризующих их работу.

3.5.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь

Знания:

- методов расчета и проектирования устройств

Умения:

- получать основные статические и динамические характеристики аналоговых схем

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей САПР для проектирования схем

3.5.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Введение. Малосигнальные эквивалентные схемы.	6				2	4		
1.1	Дифференциальные проводимости полевого транзистора.	1				1			
1.2.	Малосигнальные эквивалентные схемы полевого транзистора.	5				1	4		
2.	Аналоговые функциональные элементы	16				4	12		
2.1.	Источники постоянного тока. Токовые зеркала.	5				1	4		
2.2.	Источники опорного напряжения. Схемотехнические решения.	5				1	4		
2.3.	Усилительные каскады по напряжению.	5				1	4		
2.4.	Дифференциальные усилительные каскады.	1				1			
3	Аналоговые функциональные блоки	26				10	16		
3.1.	Операционные усилители.	6				2	4		
3.2.	Компараторы напряжения.	1				1			
3.3.	Фильтры.	1				1			
3.4.	Аналоговые умножители.	2				2			
3.5.	Фазовые детекторы.	5				1	4		
3.6.	Генераторы управляемые напряжением	5				1	4		

3.7.	Схемы фазовой автоподстройки частоты	6				2	4		
4	Консультация	0					0		0
	Всего	48				16	32		
Промежуточная аттестация: <i>зачет</i>									

3.5.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1.	Введение. Функции, реализуемые аналоговыми элементами. Особенности аналоговых схем. h-параметры четырехполюсника. Дифференциальные проводимости полевых транзисторов.	1
1.2.	Малосигнальные эквивалентные схемы полевых транзисторов при включении с ОИ, ОЗ, ОС. Определение коэффициента усиления по напряжению, входной и выходной дифференциальных проводимостей.	1
2.1.	Источники постоянного тока и основные параметры. Токковые зеркала. Разновидности схемотехнических реализаций. Методы стабилизации тока.	1
2.2.	Источники опорного напряжения и основные параметры. Схемотехнические решения построения ИПН. Температурная стабилизация.	1
2.3.	Принципы построения усилительных каскадов и основные параметры. Определение линейного участка передаточной характеристики и выбор рабочей точки. Разновидности усилительных каскадов. Способы улучшения параметров.	1
2.4.	Передаточная характеристика дифференциальной пары транзисторов. Причины возникновения напряжения смещения. Дифференциальные проводимости дифференциального каскада. Особенности проектирования дифференциального каскада и его разновидности.	1
3.1.	Операционные усилители. Основные определения. Способы включения. Структурная схема. Преобразование сопротивления ОУ, включенного в режиме повторителя. Классификация входных и выходных каскадов ОУ. Примеры выполнения операционных усилителей на биполярных и полевых транзисторах. Амплитудно-частотная характеристика ОУ. Определение частоты единичного усиления. Устойчивость ОУ. Коррекция частотной характеристики. Определение частоты f_{180° . Определение запаса по фазе. Применения ОУ.	2
3.2.	Компараторы напряжения. Определение параметров. Компаратор с положительной обратной связью. Реализация компаратора на биполярных и МОП транзисторах. Компаратор напряжения на переключаемом конденсаторе.	1
3.2.	Компараторы напряжения. Определение параметров. Компаратор с положительной обратной связью. Реализация компаратора на биполярных и МОП	1

	транзисторах. Компаратор напряжения на переключаемом конденсаторе.	
3.3.	Фильтры. Классификация. Активные фильтры. Преобразователи отрицательного полного сопротивления и гираторы.	1
3.4.	Аналоговые умножители. Балансные смесители. Ячейка Гильберта. Функциональные решения на основе ячейки Гильберта.	2
3.5.	Фазовые детекторы. Классификация. Схемотехнические решения и передаточные характеристики.	1
3.6.	Генератор, управляемый напряжением. Параметры. Классификация. Схемотехнические решения.	1
3.7.	Схемы Фазовой автоподстройки частоты. Параметры. Линеаризованный малосигнальный анализ. Применение: синтезатор частот, детектор, преобразователь частоты, схемы синхронизации и восстановления сигналов тактовых импульсов.	2

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.1., 1.2.	Моделирование и исследование характеристик полевого транзистора с учетом модуляции длины канала и влияния подложки.	4
2.1.	Проектирование и исследование характеристик источника постоянного тока с заданными параметрами.	4
2.2.	Проектирование и исследование характеристик источника опорного напряжения с заданными параметрами.	4
2.3.	Проектирование и исследование характеристик усилительного каскада с заданными параметрами.	4
3.1	Проектирование и исследование характеристик операционного усилителя с заданными параметрами.	4
3.2	Проектирование и исследование характеристик фазового детектора.	4
3.6	Проектирование и исследование характеристик генератора, управляемого напряжением.	4
3.7	Проектирование и исследование характеристик схемы фазовой автоподстройки частоты.	4

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.5.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника. Полный курс : Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров ; Под ред. О.П. Глудкина. - М. : Горячая линия-Телеком, 2007. - 768 с. - ISBN 5-93517-002-7 : 187-10, 2000 экз
2. Хоровиц П. Искусство схемотехники : [монография] / П. Хоровиц, У. Хилл ; Пер. с англ. - 7-е изд. - М. : БИНОМ, 2015. - 704 с. - ISBN 978-5-9518-0351-1; ISBN 978-0-521-37095-7 : 1130-00.
3. Миндеева А.А. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Элементная база аналоговых схем : Учеб. пособие / А.А. Миндеева ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2012. - 184 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0702-4 : б.ц., 200 экз.
4. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем : Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 454 с. - ISBN 5-93517-238-0 : 275-00.
5. Тимошенко В.П. (Автор МИЭТ, МЭ). Элементная база систем связи : Учеб. пособие / В.П. Тимошенко, А.А. Миндеева ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2015. - 224 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0826-7 : б.ц., 100 экз.
6. Телекоммуникационные системы на кристалле : Учеб. пособие. Ч. 3 : Проектирование радиочастотных КМДП ИМС / В.В. Баринов, Ю.В. Круглов, К.М. Ломовская [и др.] ; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ); Под ред. В.В. Баринова. - М. : МИЭТ, 2010. - 188 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0613-3 : б.ц., 100 экз.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).
7. B.Razavi Design of Analog CMOS Integrated Circuits. 2000, 684 p., <http://www.google.ru>
8. P.P. Gray, P.G. Hurst, S.H. Lewis, R.G. Meyer Analysis and Design of Analog Integrated Circuits. 2001, 4th edition, 875 p., <http://www.google.ru>

3.5.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.5.8. Система контроля и оценивания.

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15
З.1	Зачёт	60	

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания. Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-30

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.6. Рабочая программа учебной дисциплины

Маршрут проектирования ЦИС. Логическое проектирование

3.6.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Маршрут проектирования ЦИС. Логическое проектирование» является формирование у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области маршрута проектирования полузаказных ЦИС на этапе логического синтеза, включая учет в маршруте проектирования проектных ограничений и условий функционирования.

Задачи дисциплины «Маршрут проектирования ЦИС. Логическое проектирование»:

- изучение особенностей маршрутов проектирования на основе библиотек стандартных ячеек.
- знакомство с основами Verilog HDL для синтеза ЦИС
- введение в автоматизированный логический синтез с использованием САПР Synopsys
- изучение проектных ограничений и роль условий функционирования на этапе логического синтеза
- пример реализации маршрута логического синтеза с использованием учебных библиотек 32/28 и 90 нм

3.6.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- методов расчета и проектирования устройств на логическом уровне;

Умения:

- проектировать и тестировать модели, реализующие требуемые логические функции

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей системного ПО и САПР для

проектирования и моделирования схем.

3.6.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Итого часов, часов
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Маршруты проектирования на основе логического синтеза	24				8	16	0	0
1.1	Маршрут проектирования цифровых ИС на основе HDL	6				2	4	0	0
1.2	Обобщенный маршрут логического синтеза в САПР Synopsys	6				2	4	0	0
1.3	Принципы создания синтезопригодного описания на основе языка Verilog	6				2	4	0	0
1.4	Проектные ограничения (DesignConstraints) и принципы их установки	6				2	4	0	0
2.	Анализ на этапе логического синтеза САПР Synopsys	24				8	16	0	0
2.1	Атрибуты окружения проекта (Operating Conditions, WLM-модели, Design Rules)	6				2	4	0	0
2.2	Синтез с интеграцией методик энергоэффективного проектирования	6				2	4	0	0
2.3	Статический временной анализ	6				2	4	0	0
2.4	Тестовые оболочки и генераторы входных последовательностей.	6				2	4	0	0
3.	Консультации	0				0	0	0	0
	Всего	48				16	32	0	0
Промежуточная аттестация: зачет									

3.6.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Маршрут проектирования цифровых ИС на основе HDL Маршруты проектирования на основе логического синтеза. Маршрут проектирования цифровых ИС на основе библиотек стандартных ячеек. Структура и состав библиотеки стандартных ячеек.	2
1.2	Обобщенный маршрут логического синтеза в САПР Synopsys Логический синтез в САПР Synopsys. Подготовка проекта к логическому синтезу. Управление библиотекой и модулями проекта.	2
1.3	Принципы создания синтезопригодного описания на основе языка Verilog Правила проектирования.	2
1.4	Проектные ограничения (DesignConstraints) и принципы их установки Ограничения оптимизации. Модель окружения проекта. Модель системы синхронизации проекта.	2
2.1	Атрибуты окружения проекта (OperatingConditions, WLM-модели, DesignRules) Модели цепей межсоединений.	2
2.2	Синтез с интеграцией методик энергоэффективного проектирования Логический синтез и оптимизация проекта.	2
2.3	Статический временной анализ. Отчеты о результатах синтеза. Статический временной анализ.	2
2.4	Тестовые оболочки и генераторы входных последовательностей. Принципы автоматического тестирования ИС. Синтез тестовых структур.	2

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.1	Введение и основные понятия процесса логического синтеза средствами САПР Synopsys	4
1.2	Синтез простейших проектов с использованием графического интерфейса САПР Synopsys	4
1.3	Управление иерархией проекта	4
1.4	Особенности синтеза поведенческих конструкций языка Verilog	4
2.1	Задание ограничений на проект (DesignConstraints)	4
2.2	Атрибуты окружения проекта (Operating Conditions, WLM-модели, Design Rules)	4
2.3	Статический временной анализ	4
2.4	Реализация маршрута синтеза с помощью скриптов	4

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.6.6. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Справочная документация на ПО Synopsys
2. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Миттал, Ю. Цао, Г. Старр ; Пер. с англ. К.В. Юдинцева, под ред. Н.А. Шелепина. - М. : Техносфера, 2014. - 432 с. - ISBN 978-5-94836-377-6 : 840-00, 1000 экз.
2. Дэвид М. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис ; Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 792. - URL: <https://e.lanbook.com/book/97336> (дата обращения: 16.03.2021). - ISBN 978-5-97060-522-6 : 0-00. - Текст : электронный.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).

3.5.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.5.8. Система контроля и оценивания.

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15
З.1	Зачёт	60	

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания.

Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
	на уточняющие вопросы	Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-30

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.7. Рабочая программа учебной дисциплины **Моделирование в среде TCAD**

3.7.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Моделирование в среде TCAD»

является формирования у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области методов приборно-технологического моделирования различных элементов интегральных схем.

Задачи дисциплины «Моделирование в среде TCAD»:

- изучить вопросы разработки и моделирования технологических маршрутов создания элементов интегральных схем.
- изучить методы создания двух и трехмерных моделей полупроводниковых приборов.
- изучить модели для технологического и приборного моделирования.
- изучить методы организации и обработки результатов расчетов.

3.7.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

- проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием современных программных средств на приборно-технологическом уровне.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- физических и математических моделей основных элементов электрических схем

Умения:

- получать основные статические и динамические характеристики приборов

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей САПР для проектирования схем

3.7.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Введение в предмет курса. Роль приборно-технологического моделирования в проектировании интегральных микросхем. Структура пакета TCAD Synopsys	4				4	-	0	0
2.	Моделирование технологических процессов	14				6	8	0	0
3.	Приборное моделирование элементов интегральных схем	30				6	24	0	0
4	Консультации	0				0	0	0	0
	Всего	48				16	32	0	0
Промежуточная аттестация: Зачет									

3.7.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Введение в предмет курса. Роль приборно-технологического моделирования в проектировании интегральных микросхем.	2
1.2	Структура пакета TCAD Synopsys	2
2.1	Методы моделирования ионной имплантации примеси	2
2.2	Уравнения, используемые для моделирования процесса окисления кремния.	2
2.3	Основные уравнения, используемые для моделирования диффузии примеси в кремнии	2
3.1	Основные уравнения, используемые при приборном моделировании. Выбор моделей подвижности, генерации-рекомбинации. Основные типы граничных условий	2
3.2	Алгоритм работы программы приборного моделирования на примере решения	2

	уравнения Пуассона	
3.3	Примеры моделирования работы различных полупроводниковых структур	2

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
2.2	Одномерное технологическое моделирование маршрута создания МОП-транзистора в основных вертикальных сечениях структуры	4
2.3	Двухмерное технологическое моделирование маршрута создания МОП-транзистора. Расчет основных электрических характеристик созданного прибора	4
3	Создание двухмерной структуры полупроводникового прибора в интерактивной графической оболочке без использования технологического моделирования.	4
3	Создание трехмерной структуры КНИ-транзистора в интерактивной графической оболочке без использования технологического моделирования	4
3	Расчет зависимостей коэффициента усиления базового тока и частоты единичного усиления от тока эмиттера двухмерного п-р-п-биполярного транзистора	4
3	Расчет АЧХ двухмерного п-р-п-биполярного транзистора	4
3	Сквозное технологическое и приборное моделирование п-МОП-транзистора в среде SWB.	4
3	Создание двухмерной структуры силового р-п-перехода с «плавающими» диффузионными кольцами без использования технологического моделирования или графических оболочек. Расчет ВАХ структуры в области пробоя.	4

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.7.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

- Лабораторный практикум по курсу "Моделирование технологических процессов" / Е.А. Артамонова, А.Г. Балашов, А.С. Ключников [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2018. - 108 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 150 экз.
- Методические указания по выполнению курсового проекта по курсу "МаршрутыБИС" / А.Г. Балашов, А.В. Козлов, А.Ю. Красюков, С.А. Поломошнов ;

М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ); Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2010. - 48 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 200 экз.

3. Лабораторный практикум по курсу "Моделирование в среде TCAD". Ч. 1 : Введение в приборно-технологическое моделирование / Е.А. Артамонова, А.Г. Балашов, А.С. Ключников [и др.] ; М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2009. - 172 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 200 экз.

4. Лабораторный практикум по курсу "Моделирование в среде TCAD". Ч. 2 : Приборно-технологическое моделирование элементов интегральных схем / Е.А. Артамонова, А.Г. Балашов, А.С. Ключников [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. Т.Ю. Крупкиной. - М. : МИЭТ, 2012. - 140 с. - Имеется электронная версия издания. - б.ц., 100 экз.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).

3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.

4. Нано- и микросистемная техника
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.

5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.

6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).

7. Сайт компании Synopsys, посвященный TCAD [Электронный ресурс] URL: <https://silicondesign.search.synopsys.com/?i=1;q1=Webinar;sort=pageDate;x1=assetType> (дата обращения 19.02.2020).

8. Журнал TCADNews [Электронный ресурс] URL: <https://silicondesign.search.synopsys.com/?i=1;q1=Webinar;sort=pageDate;x1=assetType> (дата обращения 19.02.2020).

9. Статья в журнале RussianElectronics [Электронный ресурс] URL: <http://www.russianelectronics.ru/engineer-r/review/2327/doc/48316/> (дата обращения 19.02.2020).

3.7.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.7.8. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15
З.1	Зачёт	60	

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания.

Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-30

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.8. Рабочая программа учебной дисциплины **Маршрут проектирования ЦИС. Физический синтез**

3.8.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Маршрут проектирования ЦИС. Физический синтез» является формирование у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области применения методов приборно-технологического моделирования различных элементов интегральных схем. Специальных знаний в области маршрут проектирования полужаказных ЦИС на этапе физического синтеза, включая учет в маршруте проектирования топологических ограничений и условий функционирования.

Задачи дисциплины «Маршрут проектирования ЦИС. Физический синтез»:

- изучить особенности маршрутов проектирования на основе библиотек стандартных ячеек.
- изучить процесс введения в автоматизированный физический синтез с использованием САПР Synopsys
- изучить влияния проектных ограничений и условий функционирования на этапе физического синтеза
- изучить пример реализации маршрута физического синтеза с использованием учебных библиотек 32/28 и 90 нм

3.8.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- методов расчета и проектирования устройств на физическом уровне;

Умения:

- проектировать и тестировать модели, реализующие требуемые логические функции на физическом уровне

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей системного ПО и САПР для

проектирования и моделирования схем

3.8.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Физический синтез в САПР Synopsys с использованием библиотек 32/28 и 90 нм	48				16	32	0	0
1.1	Создание и настройка окружения проекта	6				2	4	0	0
1.2	Планировка кристалла (floorplan)	12				4	8	0	0
1.3	Размещение стандартных ячеек (placement)	6				2	4	0	0
1.4	Синтез дерева синхронизации (clocktreesynthesis, CTS)	12				4	8	0	0
1.5	Трассировка (routing)	6				2	4	0	0
1.6	Финишные операции физического синтеза	6				2	4	0	0
2.	Консультации	0				0	0	0	0
	Всего	48				16	32	0	0
Промежуточная аттестация: зачет									

3.8.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Создание и настройка окружения проекта. Настройка окружения проекта для выполнения физического проектирования (datasetup).	2
1.2	Планировка кристалла (floorplan) Выполнение планировки кристалла (floorplan), с размещением ячеек ввода/вывода и проектированием сети питания	4

1.3	Размещение стандартных ячеек на кристалле (placement) с анализом перегруженности трассировочных ресурсов	2
1.4	Синтез дерева синхронизации (clocktreesynthesis, CTS) с учетом иерархической структуры проекта и временных ограничений	4
1.5	Трассировка (routing) Трассировка с учетом временных ограничений и загруженности трассировочных ресурсов (routing)	2
1.6	Финишные операции физического синтеза. Финишные операции для повышения выхода годных (добавление ячеек-филлеров, заполнение металлом, дополнительные межслойные переходы) и запись окончательного проекта.	2

Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
1.1	Создание и настройка окружения проекта	4
1.2	Планировка кристалла (floorplan)	8
1.3	Размещение стандартных ячеек (placement)	4
1.4	Синтез дерева синхронизации (clocktreesynthesis, CTS)	8
1.5	Трассировка (routing)	4
1.6	Финишные операции физического синтеза	4

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.7.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Справочная документация на ПО Synopsys
2. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Миттал, Ю. Цао, Г. Старр ; Пер. с англ. К.В. Юдинцева, под ред. Н.А. Шелепина. - М. : Техносфера, 2014. - 432 с. - ISBN 978-5-94836-377-6 : 840-00, 1000 экз.
3. Дэвид М. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис ; Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 792. - URL: <https://e.lanbook.com/book/97336> (дата обращения: 16.03.2021). - ISBN 978-5-97060-522-6 : 0-00. - Текст : электронный.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).

3.8.7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции,	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.8.8. Система контроля и оценивания.

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15
З.1	Зачёт	60	

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания.

Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-30

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.9. Рабочая программа учебной дисциплины **Проектирование систем на кристалле**

3.9.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Проектирование систем на кристалле» является формирование у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области автоматизированного маршрута проектирования систем на кристалле средствами САПР Synopsys, включая проектирование архитектуры, карты памяти и системных интерфейсов СнК.

Задачи дисциплины «Проектирование систем на кристалле»:

- изучить особенностей маршрутов проектирования СнК на основе СФ-блоков и библиотек стандартных ячеек.
- изучить лингвистических конструкций языка SystemVerilog: interface, struct, package и других, используемых для HDL-описания сложных иерархических схем.
- освоить проектирование системных интерфейсов ведомых модулей в составе СнК средствами САПР SynopsysVCS.
- освоить маршрут проектирования СнК средствами САПР SynopsysVCS с использованием учебных библиотек на примере системы на основе процессорного ядра RISC-V.

3.9.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- основных принципов построения и тестирования систем на кристалле

Умения:

- проектировать и тестировать системы на кристалле, реализующие требуемые логические функции

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей системного ПО и САПР для проектирования и моделирования схем.

3.9.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО или ДОТ, час			Итого часов, включая контактную работу
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Этапы проектирования СнК и их основные задачи.	16				8	8	0	
1.1	Основные этапы маршрута проектирования СнК.	8				4	4	0	
1.2	Коммутационная среда СнК.	8				4	4	0	
2	Принципы построения СнК.	16				8	8	0	
2.1	Принципы взаимодействия между исполнительными ядрами.	8				4	4	0	
2.2	Особенности архитектурного, схемотехнического и топологического этапов проектирования СнК.	8				4	4	0	
3.	Консультации	0				0	0	0	
	Всего	32				16	16	0	
Промежуточная аттестация: зачет									

3.9.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1.	Маршрут проектирования СФ-блоков и систем на кристалле. Платформенный подход к проектированию СнК. Программные средства САПР.	4
1.2.	Принципы построения и классификация базовых системных интерфейсов. Семейство интерфейсов AMBA. Методы проектирования периферийных блоков, обладающих системными интерфейсами.	4
2.1	Базовая концепция взаимодействия между встроенными исполнительными ядрами и периферийными модулями. Классификация процессорных и интерфейсных ядер.	4
2.2	Исследование пространства решений на этапе архитектурного проектирования. Проблемы проектирования СнК с множественными доменами питания и синхронизации. Метастабильность. Основы BIST и DFT,	4

Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.1	Освоение программных средств САПР VCS компании Synopsys, предназначенных для логического проектирования СнК. Проектирование ведомых модулей обладающих системным интерфейсом.	4
1.2	Проектирование регистровой карты устройства обладающего системным интерфейсом	4
2.1	Проектирование модуля аппаратного расчёта CRC для использования в ведомых устройствах с системной шиной	4
2.2	Реализация программы взаимодействия встроенного процессорного ядра с периферийными устройствами СнК	4

3.9.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Справочная документация на ПО SynopsysVCS
2. Томас, Д. Логическое проектирование на SystemVerylog / Д. Томас ; Науч. ред. А. С. Камкин, М. М. Чупилко; Пер. с англ. А. А. Слинкина [и др.]. - М. : ДМК Пресс, 2019. - 384. - URL: <https://e.lanbook.com/book/131680> (дата обращения: 23.03.2021). - ISBN 978-5-97060-619-3 : 0-00. - Текст : электронный.
3. Дэвид М. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис ; Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 792. - URL: <https://e.lanbook.com/book/97336> (дата обращения: 16.03.2021). - ISBN 978-5-97060-522-6 : 0-00. - Текст : электронный.
4. Валидация на системном уровне. Высокоуровневое моделирование и управление тестированием / Минсон Чень, [etal.] ; Пер. с англ. Е.Б. Махияновой, под ред. А.Н. Ланцева. - М. : Техносфера, 2014. - 296 с. - (Мир радиоэлектроники). - ISBN 978-5-94836-365-3 : 654-72, 750 экз.
5. "IEEE Standard for SystemVerilog – Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language", in IEEE Std 1800-2017 (Revision of IEEE Std 1800-2012), P. 1-1315.
6. Авдеев В.А. Периферийные устройства: интерфейсы, схемотехника, программирование : Учеб. пособие / В.А. Авдеев. - Москва : ДМК Пресс, 2009. - 848 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/1087> (дата обращения: 07.12.2020). - ISBN 978-5-94074-505-1.
7. AMBA® APB Protocol Specification. Version 2.0. ARMLimited. 2010. P. 1-28.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).

3.9.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader
Рабочее место слушателя	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.9.8. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 64 баллов), и сдача зачета (максимум 36 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
ЛР.1	Лабораторная работа	15	4
А/П.1	Активность/Посещаемость	1	4
ЛР.2	Лабораторная работа	15	8
А/П.2	Активность/Посещаемость	1	8
ЛР.3	Лабораторная работа	15	12
А/П.3	Активность/Посещаемость	1	12
ЛР.4	Лабораторная работа	15	16
А/П.4	Активность/Посещаемость	1	16
З.1	Зачёт	36	

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает промежуточную аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания.

Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	16
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	8
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-16
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	20
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	10
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
Суммарный балл по показателю за умения			0-20

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.10. Рабочая программа учебной дисциплины **Подготовка данных для изготовления фотошаблонов**

3.10.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Подготовка данных для изготовления фотошаблонов» является формирование у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков применения методов и алгоритмов проектирования фотошаблонов с использованием автоматизированных систем проектирования (САПР), теоретических основ процессов фотолитографии, в частности, формирования рисунка топологии на поверхности фоторезиста.

3.10.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-2:

- подготовка исходных данных и проектирование фотошаблонов субмикронного и нанометрового уровней технологии.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Знания:

- процессов фотолитографии и методики верификации фотошаблонов;

Умения:

- проводить коррекцию оптической близости, основанную на математических моделях, наборе правил проектирования;

Опыт деятельности:

- проведение анализа и выбора способов коррекции оптических искажений при проектировании фотошаблонов.

3.10.4. Учебно-тематический план дисциплины

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			ЭО и ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Модуль 1. Теоретические основы формирования фотошаблона	8				8			
1.1	Теоретические основы проектирования фотошаблонов	2				2			
1.2.	Этапы проектирования фотошаблонов	6				6			
2.	Модуль 2. Программное обеспечение генерации фотошаблона	8				8			
2.1.	Математические модели, используемые при генерации фотошаблонов	4				4			
2.2.	Методы и алгоритмы, используемые при генерации фотошаблонов	4				4			
3.	Консультации	0				0	0	0	0
	Всего	16				16			
Промежуточная аттестация: <i>зачет</i>									

3.10.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Общие сведения о литографии и фотошаблонах. Виды литографии. Фотолитография. Понятие фотошаблона. Виды фотошаблонов. Технология изготовления бинарных и фазосдвигающих фотошаблонов.	2
1.2	Проблемы переноса изображения и современные методики повышения разрешающей способности (RET).	2

	Проблемы переноса изображения, возникающие при переходе к субмикронным и нанометровым проектным нормам. Коррекция оптической близости (OPC). Фазосдвигающие маски (PSM). Внеосевое освещение (OAI). Двойное экспонирование (DPT).	
1.3	Место подготовки данных в общем маршруте проектирования и изготовления СБИС. Общий маршрут подготовки данных для изготовления фотошаблонов. Операции, выполняемые при подготовке данных.	2
1.4	Современные средства подготовки данных для изготовления ФШ. Специализированные программные продукты Synopsys, Cadence и MentorGraphics для подготовки данных и проведения коррекции. Обзор существующих на рынке программных пакетов Synopsys, Cadence и MentorGraphics для подготовки данных и проведения коррекции топологии ФШ.	2
2.1	Synopsys CATS. Интерфейс. Основные модули и команды. Входные и выходные форматы данных. Параметры фрагментации.	2
2.2	CadenceMaskCompose. Интерфейс. Основные модули и команды. Входные и выходные форматы данных. Параметры создания рамки ФШ.	2
2.3	Проведение Rule-based и Model-based OPC средствами Synopsys. Проверка соответствия технологическим нормам (MRC). Технологический цикл изготовления бинарных и фазосдвигающих фотошаблонов.	2
2.4	Аттестация фотошаблонов. Маршрут подготовки данных для проведения автоматизированной аттестации фотошаблонов. Автоматизация процесса подготовки данных.	2

Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы отсутствуют.

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

3.10.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Введение в дизайн фотошаблонов для изготовления микро- и наносистем. Synopsys CATS : Учеб. пособие / [Авт. коллектив] ; Под ред. В.А. Беспалова; Авторский коллектив: В.А. Беспалов, А.Н. Кононов, М.Г. Путря, А.Л. Глебов, В.Ю. Киреев, Д.С. Радченко, Г.А. Трапашко, Д.М. Миленский, Д.Ю. Немчин, У. Трейси,

Н.А. Кононов. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 154 с. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0355-7 : 653-83, 653-33.

2. Введение в дизайнфотошаблоновдляизготовлениямикро- и наносистем. Synopsys CATS, MentorGraphics, CadenceMaskCompose : [Учеб. изд.] / С.М. Аваков, А.Н. Кононов, А.Л. Глебов [и др.] ; Под ред. В.А. Беспалова. - М. : Лаборатория знаний, 2016. - 348 с. - ISBN 978-5-906828-50-7 : 2356-81, 2828-00.

Дополнительная литература

1. Введение в дизайнфотошаблоновдляизготовлениямикро- и наносистем. MentorGraphics : Учеб. изд. / [Авт. коллектив], В.А. Беспалов, А.Н. Кононов [и др.] ; Под ред. В.А. Беспалова; Авторский коллектив: В.А. Беспалов, А.Н. Кононов, С.М. Аваков, А.Л. Глебов, В.Ю. Киреев, А.Л. Лохов, Г.А. Трапашко, Д.М. Миленький, Д.Ю. Немчин, А.В. Рабовалюк, Н.А. Кононов. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 207 с. - ISBN 978-5-9963-0356-4 : 760-00, 150 экз.

2. Введение в дизайнфотошаблоновдляизготовлениямикро- и наносистем. CadenceMaskCompose : Учеб. изд. / [Авт. коллектив], В.А. Беспалов, А.Н. Кононов [и др.] ; Под ред. В.А. Беспалова; Авторский коллектив: Беспалов В.А., Кононов А.Н., Путря М.Г., Киреев В.Ю., Трапашко Г.А., Немчин Д.Ю., Черкашин В.А., Миленький Д.М., Базанов Д.В., Овчинников В.А., Веревкин А.Т., Сидоренко В.Н. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 199 с. - ISBN 978-5-9963-0354-0 : 587-66, 586-66, 150 экз.

3. Казеннов Г.Г. (Автор МИЭТ, ПКИМС). Основыпроектированияинтегральныхсхем и систем / Г.Г. Казеннов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 296 с. - ISBN 978-5-94774-232-9 : 91-30, 2000 экз.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).

2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).

3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.

4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.

5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.

6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).

3.10.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	Компьютер, доступ в сеть Интернет, среда ВКС, AdobeAcrobatReader

3.10.8. Система контроля и оценивания.

Оценка качества освоения дисциплины включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 40 баллов), и сдача зачета (максимум 60 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
А/П.1	Активность/Посещаемость	20	5
А/П.2	Активность/Посещаемость	20	15
З.1	Зачёт	60	

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает промежуточную аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает проведение опроса по списку вопросов на темы дисциплины и решение практического задания.

Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Даны ответы на вопросы	Правильность формулировок, понятий и утверждений	Дан развёрнутый ответ на вопрос, приведены примеры использования	30
		Дан достаточно полный ответ на вопрос, приведены примеры использования	15

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
		Дан ответ на вопрос, примеры использования команд и операторов вызывают затруднения	5
		Ответа на вопрос нет	0
		Суммарный балл по показателю за знания	0-30
Даны развёрнутые ответы при решении практических заданий	Правильность объяснения, уровень ответов на уточняющие вопросы	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие вопросы проблем не вызывают	30
		Дан ответ на вопрос, наблюдаются затруднения при ответе на уточняющие вопросы	15
		На основной вопрос ответ дан, но на уточняющие вопросы студент ответить затрудняется	5
		Ответа на вопрос нет	0
		Суммарный балл по показателю за умения	0-30

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.11 Рабочая программа практики

3.11.1. Цели и задачи практики

Целью практики является завершение формирования всех компетенций, независимо от места прохождения практики. Содержание практики соответствует направлению и профилю подготовки.

Практика направлена на развитие знаний, навыков в области проектирования изделий наноэлектроники с использованием средств автоматизации.

Местами проведения практики (базы практики) являются, в основном:

- компании и предприятия, которые работают в области проектирования изделий микро и наноэлектроники различного функционального назначения

3.11.2. Требования к результатам практики

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенции ПК-1:

Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований на основе новейших научно-технических достижений, передового отечественного и зарубежного опыта проектирования и с использованием средств автоматизации проектирования

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Опыт деятельности:

- использование функциональных возможностей системного ПО и САПР для проектирования и моделирования схем

3.11.4. Учебно-тематический план практики

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Выполнение практико-ориентированного задания	30							30
	Консультации	0	0						
	Всего	30							30
Промежуточная аттестация: <i>зачет</i>									

3.11.5. Содержание практики

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы отсутствуют.

Перечень практических занятий

Практические занятия отсутствуют.

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1	Выполнение практико-ориентированное задание к итоговой аттестации на предприятии	30

3.10.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение практики

Перечень учебной литературы

Основная литература

1. Справочная документация на ПО SynopsysVCS
2. Томас, Д. Логическое проектирование на SystemVerilog / Д. Томас ; Науч. ред. А. С. Камкин, М. М. Чупилко; Пер. с англ. А. А. Слинкина [и др.]. - М. : ДМК Пресс, 2019. - 384. - URL: <https://e.lanbook.com/book/131680> (дата обращения: 23.03.2021). - ISBN 978-5-97060-619-3 : 0-00. - Текст : электронный.
3. Дэвид М. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис ; Дэвид М. Харрис, Сара М. Харрис. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 792. - URL: <https://e.lanbook.com/book/97336> (дата обращения: 16.03.2021). - ISBN 978-5-97060-522-6 : 0-00. - Текст : электронный.
4. Валидация на системном уровне. Высокоуровневое моделирование и управление тестированием / Минсон Чень, [etal.] ; Пер. с англ. Е.Б. Махияновой, под ред. А.Н. Ланцева. - М. : Техносфера, 2014. - 296 с. - (Мир радиоэлектроники). - ISBN 978-5-94836-365-3 : 654-72, 750 экз.
5. "IEEE Standard for SystemVerilog – Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language", in IEEE Std 1800-2017 (Revision of IEEE Std 1800-2012), P. 1-1315.
6. Авдеев В.А. Периферийные устройства: интерфейсы, схемотехника, программирование : Учеб. пособие / В.А. Авдеев. - Москва : ДМК Пресс, 2009. - 848 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/1087> (дата обращения: 07.12.2020). - ISBN 978-5-94074-505-1.
7. AMBA® APB Protocol Specification. Version 2.0. ARMLimited. 2010. P. 1-28.

Информационные ресурсы

1. Корпоративная информационно-технологическая платформа ОРИОКС (orioks.miet.ru).
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>).
3. Известия вузов. Электроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7821.
4. Нано- и микросистемная техника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9293.
5. Микроэлектроника http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7900.
6. Библиографическая и реферативная база данных научной периодики «Scopus» (www.scopus.com).

3.10.7. Материально-техническое обеспечение стажировки

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Самостоятельная работа	Компьютер, доступ в сеть Интернет, профессиональное ПО

3.10.8. Система контроля и оценивания.

Оценка качества освоения практики включает промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются сдача зачета в форме устного доклада (максимум 100 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету (менее 50 баллов – незачет, 50 баллов и более – зачет). Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице

Структура и график контрольных мероприятий

Оценка качества освоения программы и формирования компетенции включает промежуточную аттестацию обучающихся в форме зачета. Зачет предполагает устный доклад по результатам практики и ответы на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания представлены в таблице.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Адекватность выбранных моделей, методов и средств предметной области	Соответствие выбранных моделей, методов и средств предметной области	Полностью соответствуют	35
		частично соответствуют	20
		не соответствуют	0
Степень владения выбранными средствами	В отчете представлены модели, методы и средства используемые для решения задачи.	Представлены все модели, методы и средства	30
		Частично представлены все модели, методы и средства	15
		Не представлены все модели, методы и средства	0

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Анализ результатов использования выбранных средств	Аргументированность выводов по результатам анализа	Полная аргументация	35
		Частичная аргументация. При докладе были речевые ошибки	20
		Не верная аргументация	0
Суммарный балл по показателю:			0-100

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

4.1. Материально-технические условия реализации программы

Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения программы переподготовки приведено в рабочих программах учебных дисциплин (модулей), практик/стажировок

Дополнительно для всех дисциплин в учебном компьютерном классе размещены:

- документация на используемые программные продукты;
- электронные учебные пособия по смежным дисциплинам.

Обучающиеся имеют также имеют возможность использовать систему ОРИОКС по адресу orioks.miet.ru на котором размещены учебные ресурсы, разработанные в МИЭТ.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы включает текущую, промежуточную и итоговую аттестацию обучающихся. Формы и процедуры текущего и промежуточного контроля, сведения об оценочных средствах, типовых задания, контрольные и прочие сведения представлены в содержании учебной программы дисциплины.

Результаты промежуточной аттестации по отдельному предмету определяют уровень освоения выпускником учебного материала, предусмотренного учебной программой по дисциплине в рамках программы профессиональной переподготовки.

Промежуточная аттестация реализуется в виде зачета по пройденному в пределах дисциплины (модуля) материалу.

Итоговая аттестация определяет уровень и качество освоения выпускниками программы переподготовки и заключается в оценке степени освоения содержание всех учебных программ обучающимися. Итоговая аттестация реализуется в виде защиты итоговой аттестационной работы в форме выполнения индивидуального задания по пройденному в рамках всей программы профессиональной переподготовки материалу.

Индивидуальное задание предполагает единое практико-ориентированное задание по каждому из модулей программы. Варианты заданий и критерии оценивания представлены в приложении 1. Оценка по итогам задания на итоговую аттестацию выставляется по итогам выполнения ПОЗ и определяется следующим образом: отлично – 26-30 баллов, 20-25 баллов, удовлетворительно – 15-19 баллов.

Требования к темам итоговых аттестационных работ

Тематика итоговых аттестационных работ должна соответствовать задачам профессиональной деятельности, быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки и техники.

При выборе тематики итоговых аттестационных работ рекомендуется учитывать реальные задачи экономики, социальной сферы, науки и практики в соответствии с направлением профессиональной деятельности Университета, работодателей

Требования к построению и содержанию итоговой аттестационной работы

Итоговая аттестационная работа слушателя должна иметь следующую структуру, которая согласуется с научным руководителем:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- основную часть, состоящую, как правило, не менее чем из трех разделов: (1) теоретического, обзорного по заявленной проблематике; (2) аналитического; (3) практического, с рассмотрением реальной практики, опыта функционирования объекта исследования;

- заключение, включающее выводы и предложения (рекомендации);
- список используемых источников;
- приложения (при необходимости).

Основными требованиями к работе являются:

- четкость и логическая последовательность изложения материала;
- краткость и точность формулировок, исключающая возможность неоднозначного их толкования;
- конкретность изложения полученных результатов, их анализа и теоретических положений;
- обоснованность выводов, рекомендаций и предложений.

Содержание ИАР должно соответствовать названию темы.

Работа считается выполненной в полном объеме в том случае, если в ней нашли отражение все проблемы и вопросы, предусмотренные заданием на выполнение ИАР

Требования к оформлению выпускной квалификационной работы

Работа должна быть правильно оформлена (четкая структура, завершенность, правильное оформление библиографических ссылок, списка использованных источников и нормативно-правовых актов, аккуратность исполнения).

ИАР оформляется в виде текста с приложением графиков, таблиц, чертежей, карт, схем и других материалов, иллюстрирующих содержание работы.

Текстовая часть оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления», ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание», ГОСТ Р 7.05-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

К расположению материала на каждой странице текста предъявляются следующие требования:

- текст печатается на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через 1,5 интервала, 1800 знаков на странице, включая пробелы и знаки препинания. Листы ИАР оформляются без рамок;

- цвет шрифта черный;
- шрифт TimesNewRoman (кегель) 13;
- верхнее поле - 20мм;
- нижнее поле - 20мм;
- расстояние от левого края страницы до границы текста - 30мм;
- расстояние от правой границы текста до края страницы - 15мм;
- нумерация страниц - на середине нижнего поля страницы, арабские цифры; Нумерация страниц сквозная по всему тексту в нарастающем порядке.

Оформление иллюстраций:

- в качестве иллюстраций в работах могут быть представлены чертежи, схемы, диаграммы, рисунки и т.п;
- все иллюстрации обозначают в тексте словом «рисунок»;
- иллюстрации могут быть выполнены как в черно-белом, так и в цветном варианте;

- рисунки в зависимости от их размера располагают в тексте непосредственно после того абзаца, в котором данный рисунок был впервые упомянут, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении;

- рисунок должен располагаться в центре;
- все рисунки должны иметь наименование.

Оформленная работа должна быть сброшюрована.

ИАР должна отвечать квалификационным требованиям по содержанию и оформлению.

Объем ИАР 20—30 страниц печатного текста без учета приложений.

6. СОСТАВИТЕЛИ ПРОГРАММЫ

Доцент института ИнЭл

А.А. Миндеева

Доцент института ИнЭл

А.В. Коршунов

Согласовано:
Директор ДРОП

Н.Ю. Соколова

Директор Института ИнЭл

В.В. Лосев

Приложение 1. Практико-ориентированное задание к итоговой аттестации

Описание задания:

Предприятие разработчик планирует расширить номенклатуру выпускаемых СФ-блоков, требуется разработать СФ-блок и пройти сквозной маршрут проектирования от разработки RTL описания до получения топологии (RTL2GDS).

Этапы выполнения ПОЗ:

1. Необходимо создать RTL-описание в соответствии вариантом и провести его компиляцию в симуляторе
2. Провести логическое моделирование и получить временные диаграммы.
3. Настроить окружения для логического синтеза в базе библиотеки 32/28 нм и разработать временные ограничения на СФ-блок
4. Провести синтез Verilog – описания согласно заданию с помощью средств графического интерфейса Synopsys DC.
5. Выполнить синтез, установку ограничений, установку переменных окружения проекта с помощью средств скриптового языка TCL в соответствии с вариантом
6. Настроить окружения для физического синтеза в базе библиотеки 32/28 нм и разработать топологические ограничения на СФ-блок
7. Провести физический синтез вентильного представления согласно заданию с помощью средств графического интерфейса Synopsys ICC2 и средств скриптового языка TCL в соответствии с вариантом.
8. Выполнить физическую верификацию разработанной топологии и основные финишные процедуры
9. Подготовить отчет-презентацию с результатами выполненной работы

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Разработано описание СФ-блока на поведенческом уровне	Соответствие поведения схемы заданию	Функционал полностью реализован	6
		Функционал реализован, но есть ошибки и неточности	3
		Функционал не реализован или реализован не полностью на минимально возможном уровне	0
	Полнота набора тестовых воздействий для проверки конструкции	Исследованы все возможные тестовые наборы	4
		Исследована только часть тестовых наборов	2
		Тестовые наборы не составлены или не исследованы	0

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Суммарный балл по показателю			0-10
Синтезирован СФ-блок и разработаны временные ограничения	Соответствие синтезированной схемы заданию и поведенческому описанию	Функционал полностью реализован	6
		Функционал реализован, но есть ошибки и неточности	3
		Функционал не реализован или реализован не полностью на минимально возможном уровне	0
	Полнота созданных временных ограничений	Установлены все возможные временные ограничения	4
		Установлена только часть временных ограничений	2
		Временные ограничения не установлены	0
Суммарный балл по показателю			0-10
Выполнен физический синтез СФ-блока и разработаны топологические ограничения	Соответствие топологии схемы заданию и поведенческому описанию	Функционал полностью реализован	6
		Функционал реализован, но есть ошибки и неточности	3
		Функционал не реализован или реализован не полностью на минимально возможном уровне	0
	Полнота созданных топологических ограничений	Установлены все возможные топологические ограничения	4
		Установлена только часть топологических ограничений	2
		Топологические ограничения не установлены	0
Суммарный балл по показателю			0-10