

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

15 » октября 2024 г.

**ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
«ОТКРЫТЫЕ МАРШРУТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СБИС И СНК»**

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва, 2024

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 маршрутов на основе открытых САПР для проектирования устройств обработки информации на основе СБИС и систем на кристалле.

Программа профессиональной переподготовки ориентирована на обучающихся по направлению по УГН 09.00.00, и позволяет освоить новый вид деятельности в смежной специальности (11.00.00) путем последовательного выполнения в рамках ряда профессиональных заданий на опыт деятельности при реализации маршрутов проектирования изделий микро и нанoeлектроники средствами САПР. Решения профессиональной задачи и приобретенный опыт позволят слушателям освоить деятельность в сфере проектирования с использованием современных открытых программных средств САПР для проектирования СБИС и систем на кристалле.

1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

При разработке программы учтено мнение следующих высокотехнологичных компаний – ООО «Альфачип», АО «МНТЦ МИЭТ»

Наименование нового вида деятельности: использование средств САПР для проектирования изделий электроники и нанoeлектроники

Область профессиональной деятельности: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности и включает совокупность средств, способов и методов деятельности, направленных на моделирование и проектирование функциональных блоков, устройств микро- и нанoeлектроники различного назначения с использованием программного обеспечения

Объекты профессиональной деятельности: электронные компоненты, функциональные блоки, вычислительные устройства микро- и нанoeлектроники различного назначения, методы и инструменты разработки программного продукта, программные средства обработки информации, программное обеспечение компьютерных систем (программы, программные комплексы и системы)

Задачи профессиональной деятельности: сформулированы на основе профстандартов: «40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

- Разработка электрических схем, характеристика сложнoфункциональных блоков (СФ-блоков)

-Синтез логической схемы в базисе выбранной технологической библиотеки на основе заданных временных и физических ограничений с использованием средств автоматизированного проектирования

-Разработка топологического описания на основе полученного списка цепей с учетом набора ограничений

Квалификация - программа профессиональной переподготовки подготовки направлена на подготовку инженеров-проектировщиков.

Вид экономической деятельности: деятельность в области информации и связи

Укрупненные группы 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:

В соответствии с «Единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих» " (утв. Постановлением Минтруда России от 21.08.1998 N 37) (ред. от 27.03.2018) программа профессиональной переподготовки подготовки направлена на подготовку инженеров-проектировщиков.

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

- Проектирует сложно-функциональные блоки ЦИС для субмикронного и нанометрового уровней технологии с использованием средств САПР

б) Выпускник должен обладать знаниями, умениями и навыками в области разработки и проектирования микросхем различного назначения.

Компетенции определены на основании профессионального стандарта «40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

Код и формулировка компетенции	Трудовая функция в соответствии с ПС		Индикаторы достижения компетенций
	Наименование	Код	
ПК-1 Способен проектировать устройства, приборы и системы 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 логическом уровне	Разработка списка цепей в базисе библиотеки фабрики-изготовителя СнК	С/02.7	- знает методологию функционально-логического синтеза цифровых устройств средствами САПР - умеет синтезировать список цепей в базисе библиотеки предприятия-изготовителя чипа средствами САПР - имеет опыт формирования отчетов о временных, мощностных характеристиках цифровой части системы на кристалле или сложнофункционального блока
ПК-2 Способен разрабатывать и верифицировать функциональное описание системы на кристалле	Разработка архитектуры всей СнК на основе сложнофункциональных блоков	А/05.7	- знает типовые архитектуры СнК, маршрут проектирования СнК и роль СФ-блоков в маршруте проектирования СнК, особенности разработки СФ-блоков и методы интеграции СФ-блоков в СнК, методы верификации СФ-блоков на этапе их разработки и при интеграции в СнК - умеет разрабатывать СФ-блоки СБИС, выполняющие заданную функцию, и

			заданный интерфейс обмена данными с системой - имеет опыт определения состава сложнофункциональных блоков (СФ-блоков) аппаратной части СнК
ПК-3 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с использованием современных программных средств на физическом уровне	Разработка плана кристалла, размещение блоков	D/01.7	- знает методы моделирования и физического макетирования - умеет пользоваться методами программного физического прототипирования, предварительного размещения элементов - имеет опыт выполнения предварительного проектирования цепей земли и питания
ПК-4 Способен формировать комплект технических документов проекта СнК с использованием средств автоматизации	Разработка описания СнК, разработка комплекта технических документов, подготовка описания и назначения использования чипа СнК	F/01.7	- знает требования к оформлению технической документации на программный код - умеет использовать специальное программное обеспечение для формирования документации на программный код - имеет опыт разработки комплекта технических документов

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

Наличие среднего профессионального или высшего образования или получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование (при наличии соответствующей справки с указанием года окончания).

Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 294 часа, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

Форма обучения: очно-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

Без отрыва от работы.

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 переподготовки

№ п/п	Наименование учебных дисциплин (модулей)	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.	Модуль 1. Открытый маршрут проектирования цифровых СБИС	60	16		16		16	16			28	За
2.	Модуль 2. Маршрут проектирования в базисе отечественных ПЛИС	56	16		16		16	16			24	За
3.	Модуль 3. Открытый маршрут заказного проектирования	56	16		16		16	16			24	За
4.	Модуль 4. Автоматизация маршрутов проектирования	56	16		16		16	16			24	За
5.	Практика	40									40	За
6.	Итоговая аттестация - Защита итоговой аттестационной работы.	26									26	
7.	Всего по программе	294	64		64		64	64			166	-

- иметь опыт формирования отчетов о временных, мощностных характеристиках цифровой части системы на кристалле или сложнотехнологического блока

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.	Раздел 1. Цифровой синтез	60	-	16	-	16		-	28
1.1	Принципы организации маршрута проектирования цифровых ИС на основе стандартных ячеек	6	-	-	-	2	-	-	4
1.2	Обобщенный маршрут цифрового синтеза в OpenLane	10	-	4	-	2		-	4
1.3	Синтез высокого уровня и логический синтез	5	-	-	-	2		-	3
1.4	Планировка кристалла (floorplan) и размещение стандартных ячеек (placement)	10	-	4	-	2		-	4
1.5	Статический временной анализ и целостность сигналов	5	-	-	-	2	-	-	3
1.6	Синтез дерева синхронизации (clock tree synthesis, CTS)	5	-	-	-	2	-	-	3
1.7	Трассировка (routing)	9	-	4	-	2		-	3
1.8	Физическая верификация	10	-	4	-	2		-	4
	Всего	60		16		16			28
Промежуточная аттестация: Зачет									

3.1.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Принципы организации маршрут проектирования цифровых ИС на основе СЯ Маршрут проектирования полузаказных СБИС. Этап физического проектирования. Основные этапы: планировка, размещение, трассировка, верификация. Топология стандартных ячеек. Методология физического проектирования. Физическое представление списка цепей.	2
1.2	Обобщенный маршрут цифрового синтеза в OpenLane Введение и основные понятия процесса цифрового синтеза средствами САПР. Синтез простейших проектов	2
1.3	Синтез высокого уровня и логический синтез Принципы событийного моделирования. Очередь событий Verilog. Назначения в языке Verilog. Непрерывные назначения, процедурные блокирующие и неблокирующие назначения. Принципы создания синтезопригодного описания.	2
1.4	Планировка кристалла (floorplan) и размещение стандартных ячеек (placement) Исходные данные для этапа физического проектирования. Пример реализации в САПР. Этап планировки кристалла (floorplan). Методологии планировки. Основные этапы планировки: инициализация проекта	2
1.5	Статический временной анализ и целостность сигналов Проектные ограничения (DesignConstraints) и принципы их установки	2
1.6	Синтез дерева синхронизации (clock tree synthesis, CTS) Задача синтеза дерева синхросигнала (CTS). Основные этапы проектирования CTS. Расфазировка синхросигнала (clockskew): определение, причины и последствия, типы. Особенности случаи при синтезе дерева синхронизации. Оптимизация дерева синхронизации. Анализ синхросигнала	2
1.7	Трассировка (routing) Основные задачи на этапе трассировки. Общий маршрут на этапе трассировки. Классификация методов трассировки. Трассировка на основе сетки. Трассировка через макроблоки. Глобальная трассировка. Детальная трассировка	2

1.8	Физическая верификация Верификация после этапа физического проектирования. Экстракция паразитных элементов, основные форматы и способы моделирования. Выходные форматы данных: список цепей, GDSII.	2
-----	---	---

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2	Знакомство с маршрутом OpenLane	4
1.4	Планировка и размещение (floorplan и placement)	4
1.7	Трассировка (routing)	4
1.8	Физическая верификация	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1-1.8	Изучение и освоение лекционного материала.	12
1.2, 1.4, 1.7, 1.8	Подготовка отчетов по результатам выполнения лабораторных работ	8
1.1-1.8	Подготовка к зачету	8

3.1.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Пухальский, Г. И. Проектирование цифровых устройств: учебное пособие / Г. И. Пухальский, Т. Я. Новосельцева. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 896 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/168881> (дата обращения: 07.04.2024). - ISBN 978-5-8114-1265-5
2. 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

Дополнительная литература:

1. Соловьев В.В. Основы языка проектирования цифровой аппаратуры Verilog / В.В. Соловьев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2017. - 206 с. - ISBN 978-5-9912-0353-1.
2. Материалы сайта <http://www.russianelectronics.ru/>

Периодические издания:

1. Журнал Известия вузов. Электроника
2. Журнал Информационные технологии.

Информационные ресурсы

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Система ОРИОКС
2. Коллекция информационных ресурсов: <http://www.sciencedirect.com/>
3. Поисковые системы: www.google.com и <http://books.google.ru/>

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, Adobe Acrobat Reader
Компьютерный класс	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ ОС Linux
Рабочее место слушателя	Самостоятельная работа	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС

3.1.8. 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 60 баллов), 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

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
ЛР.1	Защита лабораторной работы №1	12	5
ЛР.2	Защита лабораторной работы №2	12	9
ЛР.3	Защита лабораторной работы №3	12	13
ЛР.4	Защита лабораторной работы №4	12	17
А/П.1	Активность/Посещаемость	12	17
З.1	Зачёт	40	

Критерии оценивания защиты лабораторной работы представлены в таблице:

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Защита лабораторной работы	Подготовка отчета о лабораторной работе и даны ответы на вопросы преподавателя	Подготовлен отчет в соответствии с заданием и дан ответы на уточняющие вопросы преподавателя	12
		Подготовлен отчет в соответствии с заданием, ответы на уточняющие вопросы неполные или некорректные	6
		Отчет не подготовлен	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-12

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	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/

«Маршрут проектирования в базисе отечественных ПЛИС»

3.2.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Маршрут проектирования в базисе отечественных ПЛИС» является детальное рассмотрение и изучение маршрута проектирования СБИС на базе ПЛИС и РСнК российского производства, изучение инструментов для автоматизации проектирования различных этапов маршрут, получение навыков работы с отладочной платой на основе ПЛИС АО «НИИМЭ» 5510ХСЗАТ.

3.2.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Рассматриваемая дисциплина должна быть основана на материалах о различных этапах маршрута проектирования интегральных схем, рассмотренных в других дисциплинах, включать в себя обобщение данных материалов и применять их по отношению к проектированию на ПЛИС и РСнК, включать в себя обзор современных ПЛИС и РСнК, особенностей их архитектуры и актуальных инструментов для работы с ними.

Планируемые результаты освоения программы:

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

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать типовые архитектуры СнК, маршрут проектирования СнК и роль СФ-блоков в маршруте проектирования СнК, особенности разработки СФ-блоков и методы интеграции СФ-блоков в СнК, методы верификации СФ-блоков на этапе их разработки и при интеграции в СнК
- уметь разрабатывать СФ-блоки СБИС, выполняющие заданную функцию, и заданный интерфейс обмена данными с системой
- иметь опыт определения состава сложнофункциональных блоков (СФ-блоков) аппаратной части СнК

3.2.3. 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.	Раздел 1. Проектирование на базе ПЛИС и РСнК	56	-	16	-	16		-	24
1.1	ПЛИС и РСнК: назначение, структура, особенности. Архитектура ПЛИС АО «НИИМЭ»5510ХСЗАТ	5	-	-	-	2		-	3
1.2	Маршрут проектирования ИС на ПЛИС и РСнК. Работа с российскими ПЛИС и РСнК в САПР X-CAD	9	-	4	-	2		-	3
1.3	Логический синтез ИС в базисе ПЛИС и РСнК	5	-	-	-	2		-	3
1.4	Физическая имплементация ИС на ПЛИС и РСнК. Задачи планировки кристалла и размещения логических элементов	9	-	4	-	2		-	3
1.5	Физическая имплементация ИС на ПЛИС и РСнК. Задача трассировки межсоединений	5	-	-	-	2		-	3
1.6	Статический временной анализ ИС на ПЛИС и РСнК	9	-	4	-	2		-	3
1.7	Интеграция новых ПЛИС и РСнК в САПР X-CAD. Особенности использования сложно-	5	-	-	-	2		-	3

	функциональных блоков в составе ПЛИС и РСнК АО «НИИМЭ»								
1.8	Проектирование ИС в САПР X-CAD: от RTL до файла конфигурации ПЛИС и РСнК. Отладка пользовательских проектов	9	-	4	-	2		-	3
	Всего	56		16		16			24
Промежуточная аттестация: Зачет									

3.2.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Обзор существующих зарубежных и отечественных решений компаний: Intel (Altera), AMD (Xilinx), Microsemi, АО «НИИМЭ», ДЦ «Союз», АО «ПКК Миландр», КТЦ «Электроника». Сферы применения ПЛИС и РСнК. Популярные архитектуры современных ПЛИС: древовидные, островные, однородные и гетерогенные. Компоненты архитектуры ПЛИС и РСнК, их функциональное назначение: логические и коммутационные ресурсы, сложно-функциональные блоки, блоки ввода-вывода. Обзор современных технологий программирования ПЛИС и РСнК (SRAM, EEPROM/Flash, antifuse). Знакомство с архитектурой российской ПЛИС 5510XC3AT разработки АО «НИИМЭ».	2
1.2	Основные этапы стандартного маршрута проектирования интегральных схем в базисе ПЛИС и РСнК, понятия логического и физического синтеза. Обзор инструментов САПР X-CAD и открытых средств проектирования для реализации полного маршрута проектирования, включая решение задач: логического синтеза, технологического отображения, кластеризации, размещения, трассировки, статического временного анализа, моделирования исходного RTL описания проектируемой схемы и её финальной реализации в базисе ПЛИС и РСнК.	2
1.3	Описание двух вариантов выполнения логического синтеза: на основе универсального LUT-элемента и	2

	библиотек логических элементов ПЛИС и РСнК. Обзор возможностей программы Yosys, сценарии выполнения автоматического логического синтеза с его помощью. Структурные особенности логических блоков ПЛИС и РСнК. Подходы к применению преимуществ архитектуры в процессе технологического отображения элементов.	
1.4	Описание таких этапов топологического синтеза, как планировка и размещение логических элементов, ячеек ввода/вывода, сложно-функциональных блоков на ПЛИС и РСнК. Особенности глобального и детального размещения. Обзор алгоритмов планировки и размещения логических элементов. Ручная планировка сложно-функциональных блоков и ячеек ввода/вывода, а также ручное размещение логических элементов разрабатываемой интегральной схемы на кристалле с помощью программного модуля X-PLACE, входящего в состав САПР X-CAD.	2
1.5	Описание этапа трассировки межсоединений в составе маршрута проектирования интегральных схем на основе ПЛИС и РСнК. Отличия трассировочной архитектуры различных ПЛИС и РСнК. Обзор алгоритмов трассировки. Типы трассировочных ресурсов и подходы к их использованию.	2
1.6	Методы верификации разрабатываемой схемы. Описание этапа статического временного анализа интегральных схем. Типы временных ограничений. Основные структурные компоненты библиотеки элементов формата Synopsys Liberty. Особенности реализации статического временного анализа интегральных схем, разработанных на основе ПЛИС и РСнК. Практическое применение временных ограничений и выполнение статического временного анализа программными средствами, встроенными в САПР X-CAD.	2
1.7	Подходы к настройке САПР на новую архитектуру ПЛИС и РСнК. Форматы и типы файлов, содержащих информацию об архитектуре кристалла и структуре составляющих его элементов: схемотехническое представление ПЛИС и РСнК; их геометрическое представление; библиотеки элементов; скрипты, управляющие технологическим отображением и всем	2

	процессом автоматического проектирования. Типы библиотек элементов, их место в маршруте проектирования. Виды сложно-функциональных блоков в составе ПЛИС и РСнК АО «НИИМЭ». Подходы к их загрузке в САПР и использованию в проекте пользователя.	
1.8	Детальный обзор всех этапов маршрута проектирования интегральных схем на основе ПЛИС и РСнК на примере разработки тестовой схемы в САПР X-CAD. Настройка параметров проекта, управление временными и архитектурными ограничениями, планировка контактов и сложно-функциональных блоков проектной схемы. Подходы к отладке разрабатываемой схемы на различных этапах маршрута проектирования. Основы работы в открытом программном обеспечении для функционального моделирования схем на языке VerilogIcarusVerilog и программе для просмотра временных диаграмм GTKWave.	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2	«Введение в X-CAD. Проектирование ИС на российских ПЛИС» Изучить назначение и возможности системы автоматизированного проектирования (САПР) интегральных схем (ИС) X-CAD. Приобрести практические навыки по подготовке исходного описания схемы, созданию проекта, настройке его параметров, запуску автоматического проектирования, моделированию схемы и анализу полученных результатов.	4
1.4	«Основы работы с семисегментным индикатором в составе отладочной платы на базе ПЛИС АО «НИИМЭ» 5510XC3AT» Получить практические навыки проектирования цифровых устройств на основе комбинационной и последовательностной логики в базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) компании АО «НИИМЭ» 5510XC3AT в САПР X-CAD, а также навыки использования	4

	компонентов отладочной платы на базе рассматриваемой ПЛИС.	
1.6	«Проектирование схем с конечными автоматами на базе ПЛИС АО «НИИМЭ» 5510ХС3АТ» Получить практические навыки проектирования цифровых устройств (ИС) на основе конечных автоматов в базисе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) компании АО «НИИМЭ» 5510ХС3АТ в САПР X-CAD, а также навыки использования компонентов отладочной платы на базе рассматриваемой ПЛИС.	4
1.8	«Проектирование широтно-импульсного модулятора на базе ПЛИС АО «НИИМЭ» 5510ХС3АТ» Ознакомиться с особенностями разработки и аппаратной реализации цифрового широтно-импульсного модулятора (ШИМ). Получить практические навыки реализации ШИМ в базисе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) компании АО «НИИМЭ» 5510ХС3АТ в САПР X-CAD и навыки применения ШИМ в совокупности с компонентами отладочной платы на базе рассматриваемой ПЛИС.	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1-1.8	Изучение и освоение лекционного материала.	12
1.2, 1.4, 1.6, 1.8	Подготовка отчетов по результатам выполнения лабораторных работ	8
1.1-1.8	Подготовка к зачету	4

3.2.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

- Гаврилов С. В. Маршрут топологического синтеза для реконфигурируемых систем на кристалле специального назначения / С. В. Гаврилов, Д. А. Железников, М. А. Заплетина [и др.] // Микроэлектроника. – 2019. – Т. 48, № 3. – С. 211-223.

- Проектирование цифровых устройств на ПЛИС : учебное пособие / И. В. Ушенина. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 408 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/322511> (дата обращения: 01.10.2024).
- Проектирование на программируемых логических интегральных схемах : Учеб. пособие / А. А. Беляев, А. К. Мельник, И. Ю. Гридин. - Москва : МИЭТ, 2020. - 120 с. -

Дополнительная литература:

- Харрис Д., Харрис С. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. М.: ДМК Пресс: Лаборатория знаний. 2022 г. 792 с.
- Хватов В. М., Гарбулина Т. В., Лялинская О. В. Методы формирования и верификации библиотек стандартных элементов в составе маршрута проектирования ИС на базе ПЛИС отечественного производства // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2018. – № 1. – С. 57-62
- Чочаев Р. Ж. Модели и методы анализа структуры коммутационных ресурсов ПЛИС. Обзор/ Р. Ж. Чочаев, Д. А. Железников, Г. А. Иванова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2020. – Т. 25, № 5. – С. 410-422.
- Заплетина, М. А. Модификация алгоритма Pathfinder для этапа трассировки межсоединений ПЛИС / М. А. Заплетина, С. В. Гаврилов // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 399-409.
- И.В. Тиунов. Методы ресинтеза схем для ПЛИС на основе ячеек с разделенными выходами и обратной связью // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). 2020. №2. С. 50-56.

Периодические издания:

- Журнал Известия вузов. Электроника
- Журнал Информационные технологии.

Информационные ресурсы

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

- Система ОРИОКС
- Материалы сайта: <https://elibrary.ru/>
- Цифровая библиотека: <https://dl.acm.org/>

Поисковые системы:

- <https://www.google.ru/>
- <http://books.google.ru/>
- <https://scholar.google.com/>

3.2.7. 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, Adobe Acrobat Reader
Компьютерный класс	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ ОС Linux
Рабочее место слушателя	Самостоятельная работа	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС

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 60 баллов), 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

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
ЛР.1	Защита лабораторной работы №1	12	5
ЛР.2	Защита лабораторной работы №2	12	9
ЛР.3	Защита лабораторной работы №3	12	13
ЛР.4	Защита лабораторной работы №4	12	17
А/П.1	Активность/Посещаемость	12	17
З.1	Зачёт	40	

Критерии оценивания защиты лабораторной работы представлены в таблице:

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Защита лабораторной работы	Подготовка отчета о лабораторной работе и даны ответы на вопросы преподавателя	Подготовлен отчет в соответствии с заданием и дан ответы на уточняющие вопросы преподавателя	12
		Подготовлен отчет в соответствии с заданием, ответы на уточняющие вопросы неполные или некорректные	6
		Отчет не подготовлен	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-12

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

Оценивание представлено 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	Правильность объяснения,	Дан развёрнутый ответ, ответы на уточняющие	20

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество о баллов
практических заданий	уровень ответов на уточняющие вопросы	вопросы проблем не вызывают	
		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.

3.3. Рабочая программа учебной дисциплины

Открытый маршрут заказного проектирования

3.3.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Открытый маршрут заказного проектирования» является детальное рассмотрение и изучение маршрутов и методологий проектирования заказных блоков СБИС, а также изучение открытых инструментов для автоматизации различных этапов заказного проектирования.

3.3.2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Рассматриваемая дисциплина ориентирована на подготовку разработчиков заказных блоков цифровых СБИС с использованием открытых САПР. Она должна включать в себя обобщение пройденного материала и обзор актуальных инструментов, входящих в открытые САПР заказного проектирования СБИС.

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенций: ПК-3 Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с использованием современных программных средств на физическом уровне

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать методы моделирования и физического макетирования
- уметь пользоваться методами программного физического прототипирования, предварительного размещения элементов
- иметь опыт выполнения предварительного проектирования цепей земли и питания

3.3.3. 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.	Раздел 1. Маршрут заказного проектирования	56	-	16	-	16		-	24
1.1	Принципы и маршруты проектирования и характеристики библиотеки	5	-	-	-	2	-	-	3
1.2	Схемотехническое моделирование с использованием ngspice	9	-	4	-	2		-	3
1.3	Топологическое проектирование библиотеки	5	-	-	-	2		-	3
1.4	Топологическое проектирование с использованием magic	9	-	4	-	2		-	3
1.5	Организация PDK для заказного проектирования	5	-	-	-	2		-	3
1.6	Топологическое проектирование с использованием klayout	9	-	4	-	2		-	3
1.7	Принципы физической верификации при разработке библиотек	9	-	4	-	2		-	3
1.8	Физическая верификация в klayout	5	-	-	-	2	-	-	3
	Всего	56		16		16			24
Промежуточная аттестация: Зачет									

3.3.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Принципы и маршруты проектирования и характеристики библиотеки	2
1.2	Схемотехническое моделирование с использованием ngspice	2
1.3	Топологическое проектирование библиотеки	2
1.4	Топологическое проектирование с использованием magic	2
1.5	Организация PDK для заказного проектирования	2
1.6	Топологическое проектирование с использованием klayout	2
1.7	Принципы физической верификации при разработке библиотек	2
1.8	Физическая верификация в klayout	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2	Организация проектирования СБИС средствами САПР	4
1.4	Исследование характеристик электрической схемы с применением средств ngspice	4
1.7	Заказной маршрут проектирования при разработке библиотек	4
1.6	Физическая верификация в klayout	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1-1.8	Изучение и освоение лекционного материала.	12
1.2, 1.4, 1.7, 1.8	Подготовка отчетов по результатам выполнения лабораторных работ	8

1.1-1.8	Подготовка к зачету	4
---------	---------------------	---

3.3.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Новожилов, О. П. Электроника и схемотехника : В 2-х ч. : учебник для академического бакалавриата. / О. П. Новожилов. - Москва :Юрайт, 2019. - 382 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/434561> (дата обращения: 02.04.2024). - ISBN 978-5-534-03513-1.
2. 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.

Дополнительная литература:

1. Купцов, С. В. Практическая схемотехника : учебное пособие / С. В. Купцов, В. Т. Николаев, В. Н. Тикменов ; под редакцией В. Н. Тикменова; рецензент В. Б. Топильский, А. В. Щагин. - Москва :Физматлит, 2016. - 296 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91152> (дата обращения: 15.09.2024). - ISBN 978-5-9221-1670-1.
2. Материалы сайта <http://www.russianelectronics.ru/>

Периодические издания:

1. Журнал Известия вузов. Электроника
2. Журнал Информационные технологии.

Информационные ресурсы

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Система ОРИОКС
2. Коллекция информационных ресурсов: <http://www.sciencedirect.com/>
3. Поисковые системы: www.google.com и <http://books.google.ru/>

3.3.7. 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, Adobe Acrobat Reader
Компьютерный класс	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ ОС Linux
Рабочее место слушателя	Самостоятельная работа	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС

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 60 баллов), 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

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
ЛР.1	Защита лабораторной работы №1	12	5
ЛР.2	Защита лабораторной работы №2	12	9
ЛР.3	Защита лабораторной работы №3	12	13
ЛР.4	Защита лабораторной работы №4	12	17
А/П.1	Активность/Посещаемость	12	17
З.1	Зачёт	40	

Критерии оценивания защиты лабораторной работы представлены в таблице:

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество о баллов
Защита лабораторной работы	Подготовка отчета о лабораторной работе и даны ответы на вопросы преподавателя	Подготовлен отчет в соответствии с заданием и дан ответы на уточняющие вопросы преподавателя	12
		Подготовлен отчет в соответствии с заданием, ответы на уточняющие вопросы неполные или некорректные	6
		Отчет не подготовлен	0
Суммарный балл по показателю за знания			0-12

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.

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.

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

Автоматизация маршрутов проектирования

3.4.1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью реализации дисциплины «Автоматизация маршрутов проектирования» является формирование у обучаемого комплекса знаний, умений и навыков в области автоматизации задач, связанных с настройкой и развёртыванием приложений в сфере профессиональной деятельности.

3.4.2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины (модуля)

Рассматриваемая дисциплина является смежной с областью автоматизации проектирования и включает в себя знакомство с технологиями построения ИТ-инфраструктуры, системами контроля версий, принципами виртуализации.

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) формирует/участвует в формировании компетенций: ПК-4

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать требования к оформлению технической документации на программный код
- уметь использовать специальное программное обеспечение для формирования документации на программный код
- иметь опыт разработки комплекта технических документов

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.	Раздел 1. IT инфраструктура проектирования	56	-	16	-	16		-	24
1.1	Основы использования систем контроля версий	5	-	-	-	2	-	-	3
1.2	Базовые инструменты Git	9	-	4	-	2		-	3
1.3	Скриптовые языки для автоматизации проектных процедур	5	-	-	-	2		-	3
1.4	Система генерации документации на исходный код	9	-	4	-	2		-	3
1.5	Основы использования Python и Tcl в OpenRoad	5	-	-	-	2		-	3
1.6	Языки разметки JSON и YAML	9	-	4	-	2		-	3
1.7	Введение в виртуализацию	5	-	-	-	2		-	3
1.8	Экосистема. Архитектура. Жизненный цикл Docker контейнера	9	-	4	-	2		-	3
	Всего	56		16		16			24
Промежуточная аттестация: Зачет									

3.4.5. Содержание дисциплины

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Основы использования систем контроля версий	2
1.2	Базовые инструменты Git Работа с историей изменений файлов Git. Операции отмены. Удалённые репозитории. Теги (метки). Ветвления	2
1.3	Скриптовые языки для автоматизации проектных процедур. Языки автоматизации Python, Bash, Tcl	2
1.4	Система генерации документации на исходный код Использование Oxygen	2
1.5	Основы использования Python и Tcl в OpenRoad Скриптовая архитектура OpenRoad/OpenLane	2
1.6	Языки разметки JSON и YAML Использование сериализации при обмене данными между различными программами	2
1.7	Введение в виртуализацию Типы гипервизоров. Контейнеризация	2
1.8	Экосистема. Архитектура. Жизненный цикл Docker контейнера	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2	Основы использования систем контроля версий Git	4
1.4	Системы генерации документации на исходный код	4
1.6	Основы использования Python и Tcl в OpenRoad	4
1.8	Использование инструментов виртуализации на Docker контейнера	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1-1.8	Изучение и освоение лекционного материала.	12
1.2, 1.4, 1.6, 1.8	Подготовка отчетов по результатам выполнения лабораторных работ	8
1.1-1.8	Подготовка к зачету	4

3.4.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Тенгайкин, Е. А. Организация сетевого администрирования. Сетевые операционные системы, серверы, службы и протоколы. Лабораторные работы : учебное пособие / Е. А. Тенгайкин. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 128 с.
2. Гуриков, С. Р. Основы алгоритмизации и программирования на Python : учебное пособие / С. Р. Гуриков. - Москва : Инфра-М, 2022. - 343 с.

Дополнительная литература:

1. Беленькая М.Н. Администрирование в информационных системах : Учеб. пособие / М.Н. Беленькая, С.Т. Малиновский, Н.В. Яковенко. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Горячая линия-Телеком, 2018. - 408 с..
2. Материалы сайта <http://www.russianelectronics.ru/>

Периодические издания:

1. Журнал Известия вузов. Электроника
2. Журнал Информационные технологии.

Информационные ресурсы

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Система ОРИОКС
2. Коллекция информационных ресурсов: <http://www.sciencedirect.com/>

3.4.7. 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, Adobe Acrobat Reader
Компьютерный класс	Лабораторные работы	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ ОС Linux
Рабочее место слушателя	Самостоятельная работа	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС

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 60 баллов), 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

Шифр	Тип	Макс. балл	Учебная неделя
ЛР.1	Защита лабораторной работы №1	12	5
ЛР.2	Защита лабораторной работы №2	12	9
ЛР.3	Защита лабораторной работы №3	12	13
ЛР.4	Защита лабораторной работы №4	12	17
А/П.1	Активность/Посещаемость	12	17
З.1	Зачёт	40	

Критерии оценивания защиты лабораторной работы представлены в таблице:

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Защита лабораторной работы	Подготовка отчета о лабораторной работе и даны ответы на вопросы преподавателя	Подготовлен отчет в соответствии с заданием и дан ответы на уточняющие вопросы преподавателя	12
		Подготовлен отчет в соответствии с заданием, ответы на уточняющие вопросы неполные или некорректные	6
		Отчет не подготовлен	0

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Суммарный балл по показателю за знания			0-12

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.

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.

3.5. Рабочая программа практики

3.5.1. 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 использования средств открытых САПР для проектирования изделий наноэлектроники.

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

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

3.5.2. Требования к результатам освоения практики

Планируемые результаты освоения программы:

Дисциплина (модуль) участвует в формировании компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4

В результате изучения дисциплины обучающийся должен иметь:

Имеет опыт определения состава сложнофункциональных блоков (СФ-блоков) аппаратной части СнК; формирования отчетов о временных, мощностных характеристиках цифровой части системы на кристалле или сложнофункционального блока; определения состава сложнофункциональных блоков (СФ-блоков) аппаратной части СнК; выполнения предварительного проектирования цепей земли и питания; разработки комплекта технических документов

3.5.4. Учебно-тематический план практики

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа			ЭО или ДОТ, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Практические	Лабораторные	Лекции	Практические	Лабораторные	
1	Выполнение практико-ориентированного задания	40							40
	Всего								
Промежуточная аттестация: <i>зачет</i>									

3.5.5. Содержание практики

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Не предусмотрены

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1	Выполнение практико-ориентированного задания	40

3.5.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

3.5.7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Самостоятельная работа	Компьютер, доступ через сеть Интернет к серверу МИЭТ

3.5.8. 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 практики и формирования компетенций 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
1) 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
2) Степень владения выбранными средствами	2) В отчете представлены модели, методы и средства используемые для решения задачи.	Представлены все средства / частично / не представлены	30 / 15 / 0
3) Анализ результатов использования выбранных средств	3) Аргументированность выводов по результатам анализа	Полная аргументация / частичная / не верная	35
		При докладе были речевые ошибки	20
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

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

Дополнительно для всех дисциплин в учебном компьютерном классе размещены:

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

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

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы переподготовки включает текущую, промежуточную аттестацию в дисциплинах, практике и итоговую аттестацию обучающихся в виде защиты итоговой аттестационной работы

Формы и процедуры текущего и промежуточного контроля, сведения об оценочных средствах, типовых заданиях, 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 содержания 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 для всех модулей программы. Задание 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 Р7.05-2008 «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.

Разработчики программы:

Профессор, института ИнЭл

Доцент, института ИнЭл

Профессор, института ИнЭл

Доцент, института ИнЭл

Доцент, института ИнЭл

Ст. преподаватель, института ИнЭл

Ст. преподаватель, института ИнЭл

Ст. преподаватель, института ИнЭл

Преподаватель, института ИнЭл

С.В. Гаврилов

А.А. Миндеева

Р.А. Соловьев

А.В. Коршунов

Д.А. Булах

С.А. Ильин

П.С. Волобуев

М.А. Заплетина

Р.Ж. Чочаев

Согласовано:

Директор ДРОП

Директор ПИШ

Руководитель направления САПР в ПИШ

Н.Ю. Соколова

А.Л. Переверезев

А.В. Коршунов

Практико-ориентированное задание к итоговой аттестации

Описание задания:

Предприятие разработчик планирует перейти на открытые инструменты САПР и расширить номенклатуру выпускаемых СФ-блоков, требуется разработать СФ-блок и пройти сквозной маршрут проектирования от разработки RTL описания до получения топологии (RTL2GDS) с использованием открытого маршрута OpenLane.

Этапы выполнения ПОЗ:

1. Необходимо создать RTL-описание в соответствии вариантом.
2. Провести логическое моделирование и получить временные диаграммы с использованием Icarus и GTKWave.
3. Настроить окружения для прохождения маршрута OpenLane в библиотеке Sky130 и разработать временные ограничения на СФ-блок.
4. Обеспечить прохождение основные проектные процедуры маршрута OpenLane без ошибок.
5. Настроить окружения для физического синтеза в базе библиотеки sky130 и разработать топологические ограничения на СФ-блок.
6. Сформировать окончательный конфигурационный скрипт для автоматизированного запуска OpenLane.
7. Выполнить синтез, установку ограничений, установку переменных окружения проекта с помощью 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