

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

«22»

апреля

2025

**ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
(дополнительное профессиональное образование)**

«Программная платформа портирования топологий IP»

Москва – 2025

1. Цель реализации программы

Освоение практических подходов методологии повторного использования IP с применением Программной платформы портирования топологий IP и подготовка специалистов, обладающих навыками автоматизированной технологической миграции топологии компонентов ИС из одного технологического базиса в другой. Программная платформа портирования топологий IP разработана в рамках ОКР «Порт-IP», выполняемой по договору №1/001/17705596339230001930 от 23.10.2023г. между ООО «НМ-Тех» и АО «МНТЦ МИЭТ» (СЧ ОКР «САПР микроэлектроника», проводимой по линии Минпромторга России).

Данная программа дополнительного профессионального образования реализуется в рамках деятельности базовой кафедры «Технологии и конструирования ИС» (БК ТКИС) компании ООО «НМ-Тех», входящей в организационную структуру Института интегральной электроники (ИнЭл) МИЭТ.

2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации

Область профессиональной деятельности: связь, информационные и коммуникационные технологии.

Вид экономической деятельности: деятельность в области информации и связи.

Укрупненная группа специальностей: 09.00.00, 11.00.00.

3. Требования к результатам обучения

Формируемая профессиональная компетенция – способен разрабатывать топологию стандартных ячеек, аналоговых блоков и других компонентов ИС, а также специализированных квалификационных ячеек с применением Программной платформы портирования топологий IP.

В результате освоения данной программы слушатель будет:

Знать основные концепции применения и функциональные возможности Программной платформы портирования топологий IP;

Уметь портировать топологии стандартных ячеек и аналоговых блоков из одного технологического базиса в другой, синтезировать топологии специализированных квалификационных ячеек для аттестации базовых правил проектирования, оценивать качество топологии стандартных ячеек;

Иметь практический опыт настройки Программной платформы портирования топологий IP для конкретного технологического базиса и маршрута использования.

4. Содержание программы
Учебный план
программы дополнительного профессионального образования
«Программная платформа портирования топологий IP»

Категория слушателей – сотрудники профильных предприятий, студенты выпускных курсов бакалавриата и магистратуры по УГН 09.00.00, 11.00.00, лица, имеющие высшее образование или СПО.

Срок обучения – 37 часов.

Форма обучения: очная, с применением ДОТ.

№ п/п	Наименование разделов / модулей	Всего, час	В том числе			Образователь ные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самосто ятельна я работа	
			Лекции	Практичес кие и лаборатор ные занятия		
1.	Общие сведения о платформе портирования	2	2	0	0	ДОТ
2.	Подсистема визуализации топологии	2	2	0	0	ДОТ
3.	Подсистемы миграции топологии	18	6	8	4	ДОТ
4.	Подсистема синтеза топологии квалификационных ячеек	6	2	4	0	ДОТ
5.	Набор пользовательских утилит	8	4	4	0	ДОТ
6.	Итоговая аттестация	1	зачет			
	Всего	37	16	16	4	

Учебно-тематический план
программы дополнительного профессионального образования
«Программная платформа портирования топологий IP»

№ п/п	Наименование тем разделов / модулей	Всего, час	В том числе			Образовательные технологии в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические и лабораторные занятия		
1.	Общие сведения о платформе портирования	2	2	0	0	ДОТ
1.1	Вводная. Основные понятия и структура платформы портирования.	1	1	0	0	ДОТ
1.2	Функциональные возможности платформы портирования.	1	1	0	0	ДОТ
2.	Подсистема визуализации топологии	2	2	0	0	ДОТ
2.1	Графический интерфейс пользователя подсистемы визуализации топологии.	1	1	0	0	ДОТ
2.2	Основные приемы работы с подсистемой визуализации топологии.	1	1	0	0	ДОТ
3	Подсистемы миграции топологии	18	6	8	4	ДОТ
3.1	Миграция топологии аналоговых IP-блоков.	8	2	4	2	ДОТ
3.2	Миграция топологии стандартных ячеек.	8	2	4	2	ДОТ
3.3	Виды маршрутов миграции топологии стандартных ячеек.	2	2	0	0	ДОТ
4	Подсистема синтеза топологии квалификационных ячеек	6	2	4	0	ДОТ
4.1	Квалификационные ячейки. Основные понятия.	1	1	0	0	ДОТ
4.2	Синтез квалификационных ячеек.	5	1	4	0	ДОТ
5	Набор пользовательских утилит	8	4	4	0	ДОТ
5.1	Анализ и оценка качества топологии по набору метрик.	2	2	0	0	ДОТ
5.2	Проверка архитектурных правил совместимости топологии стандартных ячеек.	1	1	0	0	ДОТ

5.3	Применение пользовательских утилит.	5	1	4	0	ДОТ
6.	Итоговая аттестация	1	Зачет			
	Всего	37	16	16	4	

Календарный учебный график

Календарный учебный график составляется в форме расписания занятий при наборе группы и прилагается к программе дополнительного профессионального образования.

Учебная программа

дополнительного профессионального образования

«Программная платформа портирования топологий IP»

Раздел 1. Общие сведения о платформе портирования

Тема 1.1. Вводная. Основные понятия и структура платформы портирования.

Портирование и методология повторного использования. Обзор существующих решений. Структура платформы портирования и преимущества ее использования. Место платформы портирования в маршруте проектирования.

Тема 1.2. Функциональные возможности платформы портирования.

Топология и форматы её представления. Стандартные ячейки, IP-блоки, квалификационные ячейки. Обзор функциональных возможностей платформы портирования для каждого из элементов. Входные и выходные данные. Системные требования и установка.

Раздел 2. Подсистема визуализации топологии

Тема 2.1. Графический интерфейс пользователя подсистемы визуализации топологии.

Поддерживаемые форматы представления топологии. Обзор графического интерфейса. Главное окно и основные элементы управления.

Тема 2.2. Основные приемы работы с подсистемой визуализации топологии.

Работа с файлами GDSII. Просмотр топологии. Работа со слоями и линейкой. Информация об объектах топологии. Конфигурации пользователя. Специальные инструменты для настройки и отладки работы платформы портирования.

Раздел 3. Подсистемы миграции топологии

Тема 3.1. Миграция топологии аналоговых IP-блоков.

IP-блоки. Функциональные возможности подсистемы при миграции IP-блоков. Входные и выходные данные. Настройка подсистемы и подготовка к миграции. Запуск подсистемы миграции и графический интерфейс пользователя. Примеры миграции. Анализ ошибок миграции.

Тема 3.2. Миграция топологии стандартных ячеек.

Архитектура и поддерживаемые типы стандартных ячеек. Функциональные возможности подсистемы при миграции стандартных ячеек. Входные и выходные данные. Настройка подсистемы и подготовка к миграции. Запуск подсистемы миграции и графический интерфейс пользователя.

Тема 3.3. Виды маршрутов миграции топологии стандартных ячеек.

Миграция между технологиями. Миграция между архитектурами. Миграция под управлением целевой схемы. Сжатие топологии. Оптимизация и улучшение топологии. Анализ ошибок миграции.

Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
3.1	Миграция топологии аналогового блока с использованием графического интерфейса пользователя	4
3.2	Миграция топологии стандартных ячеек с использованием графического интерфейса пользователя	4
	Всего:	8

Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
3	2	Анализ базовых правил проектирования и разработка файла описания целевой технологии
3	2	Анализ архитектуры стандартной ячейки и разработка файла описания целевой архитектуры

Раздел 4. Подсистема синтеза топологии квалификационных ячеек

Тема 4.1. Квалификационные ячейки. Основные понятия.

Квалификационные ячейки и эскизы. Базовые правила проектирования и примеры эскизов. Поддерживаемые форматы представления топологии. Преимущества использования платформы для генерации квалификационных ячеек.

Тема 4.2. Синтез квалификационных ячеек.

Функциональные возможности подсистемы. Входные и выходные данные. Настройка подсистемы и подготовка к синтезу. Запуск подсистемы синтеза и графический интерфейс пользователя. Примеры синтеза топологии квалификационных ячеек.

Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
4.2	Синтез квалификационных ячеек для базовых правил проектирования с использованием графического интерфейса пользователя	4
	Всего:	4

Раздел 5. Набор пользовательских утилит

Тема 5.1. Анализ и оценка качества топологии по набору метрик.

Критерии качества топологии стандартных ячеек. Критерии качества, связанные с размерами, ширина топологии. Трассируемость ячейки на уровне блока. Конструктивные ограничения на соединения. Эффективность использования сток/истоковых областей. Интегральный критерий качества.

Тема 5.2. Проверка архитектурных правил совместимости топологии стандартных ячеек.

Архитектурные правила стандартных ячеек. Варианты проверки совместимости топологии стандартных ячеек.

Тема 5.3. Применение пользовательских утилит.

Вычисление метрик и оценка качества топологии стандартных ячеек. Оценка минимально возможных размеров топологии. Анализ на улучшение топологии, выполнение рекомендованных правил проектирования для производства (DFM). Рекомендации по выбору лучшей версии топологии при наличии вариантов. Режимы работы утилиты для проверки архитектурных правил совместимости топологии стандартных ячеек, генерация проверочных сборок.

Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
5.3	Оценка качества топологии стандартных ячеек по набору метрик	2
5.3	Генерация сборок и проверка архитектурных правил совместимости топологии стандартных ячеек	2
	Всего:	4

5. Материально-технические условия реализации программы

5.1 Очная форма обучения

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Мультимедийная аудитория	Лекции	Оборудование: компьютер, мультимедийный проектор, доска ПО: Microsoft PowerPoint, Word; Adobe Reader
-	Лекции (ДОТ)	ПЭВМ с доступом в Интернет, ПО: Microsoft PowerPoint, Word; Adobe Reader, браузер
Вычислительный класс БК ТКИС (базовой кафедры «Технологии и конструирования ИС»)	Лабораторные занятия	ПЭВМ Intel LGA1700 Core i5-12500 с мониторами Samsung ПО: ОС Linux CentOS, Программная платформа портирования топологий IP

6. Учебно-методическое обеспечение программы

1. Reinhardt M. Automatic layout modification. Kluwer Academic Publishers, 2002.
2. Sherwani N. Algorithm for the VLSI Physical Design Automation. Third edition. - Kluwer Academic Publishers, 1999.
3. Shaphir, E., Pinter, R. Y., & Wimer, S. (2014). Cell-based interconnect migration by hierarchical optimization. Integration, the VLSI Journal, 47(2), 161–174. doi:10.1016/j.vlsi.2013.10.003.
4. Shaphir, E., Pinter, R. Y., & Wimer, S. (2014). Efficient cell-based migration of VLSI layout. Optimization and Engineering, 16(1), 203–223. doi:10.1007/s11081-014-9257-7
5. Отечественная САПР технологической миграции и синтеза топологии / М. А. Сотников, В. П. Розенфельд, В. С. Калашников [и др.] // Наноиндустрия. – 2023. – Т. 16, № S9-1(119). – С. 243-245. – DOI 10.22184/1993-8578.2023.16.9s.243.245.
6. Ускорение перехода на отечественный технологический процесс с использованием автоматизированной миграции СФ-блоков / В. С. Калашников, А. Л. Керре, В. П. Розенфельд [и др.] // Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. – 2023. – № 1(189). – С. 31-36. – DOI 10.7868/S2410993223010050.
7. Критерии качества топологии стандартных ячеек цифровых интегральных схем / В. С. Калашников, А. Л. Керре, В. П. Розенфельд [и др.] // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29, № 9. – С. 447-456. – DOI 10.17587/it.29.447-456.

8. Подсистема миграции иерархических СФ-блоков / А. Л. Керре, М. А. Сотников, В. П. Розенфельд, Ю. Г. Смирнов // Наноиндустрия. – 2024. – Т. 17, № S10-1(128). – С. 286-290. – DOI 10.22184/1993-8578.2024.17.10s.286.290.

9. Подсистема автоматизированного синтеза квалификационных ячеек для аттестации правил физической верификации топологии ИС / В. П. Розенфельд, Ю. Г. Смирнов, А. Л. Керре, М. А. Сотников // Наноиндустрия. – 2024. – Т. 17, № S10-1(128). – С. 282-285. – DOI 10.22184/1993-8578.2024.17.10s.282.285.

7. Оценка качества освоения программы

Оценка качества освоения программы включает итоговую аттестацию обучающихся в форме зачета, состоящего из двух частей:

1. Устный опрос для проверки знаний и умений. Необходимо дать ответ на 2 вопроса из перечня вопросов, приведенных в приложении 1.

Показатель оценки	Критерии оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Дан устный ответ на вопросы	Правильность ответов на вопросы	Ответ дан верно и в полном объеме на 2 вопроса	20 баллов
		Ответы даны верно, но есть недочеты по каждому пункту	15 баллов
		Ответ дан верно только на один вопрос	10 баллов
		Ответ дан неверно по всем вопросам	0 баллов
Суммарный балл			0-20

2. Задания на опыт деятельности

Для изучения форматов технологической информации, необходимой для работы платформы портирования, и формирования практических навыков разработки соответствующих файлов, студентами выполняется самостоятельное задание по тематике модуля 3 в виде:

- анализа базовых правил проектирования и разработки файла описания целевой технологии;
- анализа архитектуры стандартной ячейки и разработки файла описания целевой архитектуры.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Предоставлен разработанный	Корректность результатов	Файл сформирован корректно, получены ожидаемые результаты	10

Вопросы на знания

1. Понятие портирования топологий IP. Основные преимущества методологии повторного использования проектов.
2. Платформа портирования топологий IP: структура, место в маршруте проектирования, основные функциональные возможности.
3. Основные форматы представления топологии. Форматы топологии, поддерживаемые в платформе портирования.
4. Стандартные ячейки и IP-блоки: определение, виды, основные особенности с точки зрения портирования топологии.
5. Входные и выходные данные подсистем миграции топологии.
6. Маршруты миграции топологии IP-блоков и стандартных ячеек: виды и ключевые особенности.
7. Сжатие топологии: основная концепция, виды сжатия и их отличия.
8. Правила DFM: основная концепция, особенности применения.
9. Квалификационные ячейки: основная концепция, область применения, особенности синтеза.
10. Генерация квалификационных ячеек на основе эскизов: основная концепция, виды эскизов.
11. Входные и выходные данные подсистемы синтеза квалификационных ячеек.
12. Критерии качества топологии стандартных ячеек.
13. Понятие ширины топологии стандартной ячейки, основные метрики.
14. Трассируемость ячеек на уровне блока: основные понятия, метрики.
15. Конструктивные особенности ячеек, связанные с соединениями.

Вопросы на умения

1. Структура рабочей директории для миграции топологии, расположение и назначение файлов.
2. Настройка и запуск подсистемы миграции топологии аналоговых IP, основные этапы подготовки.
3. Настройка и запуск подсистемы миграции топологии стандартных ячеек, основные этапы подготовки.
4. Формат и основной состав файла описания технологии.
5. Формат и основной состав файла описания архитектуры стандартных ячеек.
6. Основные элементы графического интерфейса пользователя при миграции топологии.
7. Настройка и запуск подсистемы синтеза квалификационных ячеек, основные этапы подготовки.
8. Основные инструменты и возможности подсистемы визуализации топологии.
9. Применение утилит для оценки качества топологии стандартных ячеек.
10. Применение утилит для проверки архитектурных правил совместимости топологии стандартных ячеек.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
файл описания	запуска платформы портирования	работы платформы	
		Файл сформирован корректно, но есть неточности, требующие отладки. Работа платформы не нарушена, но результаты отличаются от ожидаемых	5
		Файл сформирован некорректно. Платформа завершила работу с ошибками, либо произошел аварийный выход	0
Суммарный балл по показателю			0-10

Слушатель считается аттестованным, и компетенция сформированной, если:

- знает основные термины и понятия курса;
- может последовательно изложить материал курса;
- дает полные ответы на вопросы при сдаче зачета;
- при ответе на 2 вопроса набрал не менее 10 баллов.
- при выполнении задания на опыт набрал не менее 5 баллов.

8. Составители программы

Старший преподаватель института ИнЭл



В.С. Калашников

Ассистент института ИнЭл



А.Д. Калёнов

Согласовано:

Директор ДРОП



Н.Ю. Соколова

Директор института ИнЭл



В.В. Лосев

Представитель профессионального сообщества:

Директор НТЦ ООО "НМ-Тех"



М.Ю. Семенов

Представитель профессионального сообщества:

Руководитель направления
миграции топологии ООО "НМ-Тех"



М.А. Сотников

Представитель профессионального сообщества:

Руководитель направления
синтеза топологии ООО "НМ-Тех"



В.П. Розенфельд