

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

И.Г. Игнатова
И.Г. Игнатова

2021

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«Основы топологического проектирования систем на кристалле»

Москва – 2021

1. Цель реализации программы

Цель программы – повышение уровня квалификации и формирование компетенций специалистов в области проектирования топологии систем на кристалле (СнК) и аналоговых интегральных схем (АИС), а также формирование навыков использования программного обеспечения для проектирования топологии СнК и АИС в САПР Cadence. Программа посвящена изучению основ работы с САПР, особенностей проектирования контактных площадок и этапов финализации топологического проекта с использованием современной среды проектирования Cadence Virtuoso. Программа позволяет расширить у разработчиков уровень возможностей, позволяющий решать более обширный спектр задач топологического проектирования современных СнК.

2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации

Область профессиональной деятельности: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности.

Вид экономической деятельности: 11.00.00 Деятельность в области информации и связи.

Укрупненная группа специальностей: 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи.

Квалификация: без квалификации.

3. Требования к результатам обучения

Формируемая профессиональная компетенция – способен проектировать топологию системы на кристалле.

В результате освоения данной программы слушатель должен:

знать:

- маршрут топологического проектирования и верификации аналоговых блоков;
- особенности проектирования контактных площадок;
- особенности финализации проекта;

уметь:

- пользоваться программными средствами топологического проектирования;
- строить сечения интегральных схем;
- рационально располагать контактные площадки;

иметь практический опыт интеграции топологических представлений отдельных аналоговых блоков в состав топологии СнК и финализации проекта.

4. Содержание программы

**Учебный план
программы повышения квалификации
«Основы топологического проектирования систем на кристалле»**

Категория слушателей – инженеры, профильные специалисты, имеющие высшее образование, студенты бакалавриата и магистратуры, обучающиеся по соответствующему профилю

Срок обучения – 16 часов

Форма обучения – очная, заочная

| № п/п | Наименование модулей | Всего, час | В том числе | | | Образовательн ые технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ |
|----------|---|---------------|-------------|------------------------------|-------------------------------|--|
| | | | Аудиторных | | Самостоят ельная работа | |
| | | | Лекции | Практ.и лабор. занятия | | |
| 1 | Специальные разделы проектирования топологии АИС | 2 | 2 | – | – | ЭО |
| 2 | Проектирование контактных площадок | 7 | 2 | 4 | 1 | ЭО |
| 3 | Финализация проекта | 7 | 2 | 4 | 1 | ЭО |
| | Всего | 16 | 6 | 8 | 2 | |
| | Итоговая аттестация | зачет | | | | |

**Учебно-тематический план
программы повышения квалификации
«Основы топологического проектирования систем на кристалле»**

| № п/п | Наименование модулей | Всего , час | В том числе | | | ОТ, в том числе ЭО и (или) ДОТ |
|---------------------|---|-------------------|-------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------------|
| | | | Аудиторных | | Сам. работа | |
| | | | Лекции | Практ. и лаб. занятия | | |
| 1 | Специальные разделы проектирования топологии АИС | 2 | 2 | – | – | ЭО |
| 1.1 | Особенности проектирования топологии примитивов и специальных структур | 2 | 2 | – | – | ЭО |
| 2 | Проектирование контактных площадок | 7 | 2 | 4 | 1 | ЭО |
| 2.1 | Классификация и конфигурации контактных площадок | 4 | 2 | 2 | – | ЭО |
| 2.2 | Площадь кристалла. Принципы расположения контактных площадок. | 3 | – | 2 | 1 | ЭО |
| 3 | Финализация проекта | 7 | 2 | 4 | 1 | ЭО |
| 3.1 | Этапы финализации. Метки. SealRing. | 4 | 2 | 2 | – | ЭО |
| 3.2 | Фиктивные области. Создание GDS-файла. Подготовка данных для отправки на производство | 3 | – | 2 | 1 | ЭО |
| | Всего | 16 | 6 | 8 | 2 | |
| Итоговая аттестация | | Зачет | | | | |

**Учебная программа
повышения квалификации
«Основы топологического проектирования систем на кристалле»**

Раздел 1. Специальные разделы проектирования топологии АИС (2 часа)

Тема 1.1. Особенности проектирования топологии примитивов и специальных структур

Перечень лекционных занятий

| Номер темы | Наименование лекции | Кол-во часов |
|-------------------|---|---------------------|
| 1.1 | Структуры элементарных элементов. Особенности проектирования топологии биполярных транзисторов, диодов, охранных колец, изолированных приборов. | 2 |

Раздел 2. Проектирование контактных площадок (7 часов)

Тема 2.1. Классификация и конфигурации контактных площадок

Перечень лекционных занятий

| Номер темы | Наименование лекции | Кол-во часов |
|-------------------|--|---------------------|
| 2.1 | Различные виды контактных площадок: с ESD-защитой, clamp, СВЧ, для цифровых выводов. Электрические схемы и топологии. Прогнозирование площади будущего кристалла. Принципы расположения контактных площадок. | 2 |

Перечень лабораторных работ

| Номер темы | Наименование практического занятия | Кол-во часов |
|-------------------|---|---------------------|
| 2.1 | Проектирование контактных площадок со специальной защитой | 2 |

Тема 2.2. Площадь кристалла. Принципы расположения контактных площадок.

Перечень лабораторных работ

| Номер темы | Наименование практического занятия | Кол-во часов |
|-------------------|---|---------------------|
| 2.2 | Проектирование рамки с контактными площадками и шинами питания и земли. | 2 |

Раздел 3. Финализация проекта (7 часов)

Тема 3.1. Этапы финализации. Метки. SealRing.

Перечень лекционных занятий

| Номер темы | Наименование лекции | Кол-во часов |
|------------|---|--------------|
| 3.1 | Этапы финализации проекта. Создание специальных меток и областей. Способы заполнения пустот на кристалле. SealRing. Роль «филлеров» (фиктивных областей). Особенности генерации фиктивных областей с помощью инструмента PVS. Подготовка данных для отправки на производство. GDS-файл. | 2 |

Перечень лабораторных работ

| Номер темы | Наименование практического занятия | Кол-во часов |
|------------|--|--------------|
| 3.1 | Совмещение рамки с топологией готового СФ-блока. | 2 |

Тема 3.2. Фиктивные области. Создание GDS-файла. Подготовка данных для отправки на производство

Перечень лабораторных работ

| Номер темы | Наименование практического занятия | Кол-во часов |
|------------|---|--------------|
| 3.2 | Генерация фиктивных областей. Создание файла GDS. | 2 |

5. Материально-технические условия реализации программы

| Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий | Вид занятия | Наименование оборудования, программного обеспечения |
|--|---------------------|---|
| Мультимедийная аудитория | лекции | Проектор, экран, телевизор, подключенный к компьютеру |
| Компьютерный класс | лабораторные работы | Рабочие станции; ОС Linux; САПР Cadence |

6. Учебно-методическое обеспечение программы

1. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП - микросхем [Текст] : Краткий справочник разработчика / В.И. Эннс, Ю.М. Кобзев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 454 с.
2. Вонг Б.П. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Митгал, Ю. Цао, Г. Старр. М.: Техносфера, 2014. – 432 с.
3. Миндеева А.А. Интерактивное проектирование ИС интегрированными средствами системы Cadence [Текст] : Учеб. пособие – М.: МИЭТ, 2008. – 208 с. URL: <http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/normal/003yqqsuu3ds3q/Mindeeva.pdf>

7. Оценка качества освоения программы

Итоговая аттестация проводится в форме зачета. Слушатель считается аттестованным и получает зачет по программе, если получен правильный ответ на один вопрос к зачету и выполнены все лабораторные работы. Список вопросов к зачету и критерии оценки лабораторной работы приведены далее.

Список вопросов к зачету:

1. Определение понятия «топология». Основные задачи тополога.
2. Известные топологические редакторы. Определение понятия PDK и его состав.
3. Состав, роль, применение охранных колец. Структуры с двойным охранным кольцом.
4. Структура и топология n-p-n интегрального биполярного транзистора. Применение биполярных транзисторов в современных интегральных схемах.
5. Структура и топология интегральных резистора, конденсатора, катушки индуктивности.
6. Особенности разводки топологии (Routing). Принципы разводки шин дифференциальных сигналов.
7. Контактные площадки: определение, структуры, назначение.
8. Схемы защиты от электростатического разряда. ESD Clamp и Power-Rail ESD Clamp.
9. Ячейки ввода-вывода и их состав.
10. Триггер Шмитта: структуры, особенности, назначение.
11. Конфигурации кристалла core-limited die и pad-limited die.
12. Правила и особенности проектирования рамки контактных площадок.
13. Основные этапы финализации проекта топологии.
14. Структура и назначение SealRing.
15. Способы заполнения пустот на кристалле. Фиктивные области.
16. Текстовые метки и их назначение. Тестовые структуры и их назначение.

17. Контрольная сумма. GDS-файл.


18. Информация о готовой топологии для технической и конструкторской документации.

Критерии оценки лабораторных работ приведены далее. Работа считается сданной, если набрано не менее трех баллов.

| № п/п | Критерии оценки лабораторной работы | Балл |
|-------|---|------|
| 1 | Оформлена краткая теоретическая часть | 1 |
| 2 | Осуществлено проектирование блока | 1 |
| 3 | Успешно проведена верификация топологии (проверки DRC и LVS показывают отсутствие ошибок) | 1 |
| 4 | Оформлен отчет о работе | 1 |
| 5 | Получены ответы на контрольные вопросы к работе | 1 |

8. Составители программы

д.т.н., доцент, профессор каф. ИЭМС
инженер каф. ИЭМС



В.В. Лосев
Л.В. Недашковский

Согласовано:

Д.т.н, профессор каф. ИЭМС



Т.Ю. Крупкина

Директор ДРОП



Н.Ю. Соколова