

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



А.Г. Балашов

*А.Г. Балашов* 2022

## **ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

«Средства проектирования интегральных схем на основе современных технологий»

Москва – 2022

## **1. Цель реализации программы**

Формирование специальных знаний в области маршрутов проектирования интегральных схем для технологий 250нм и 130нм, а также при переходе к технологии 28нм, которые позволят понимать принципы и особенности разработки базовых компонентов цифровых СБИС в глубоко-субмикронных технологических процессах и их работу в составе интегральных схем и электронных устройств.

## **2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации**

Область профессиональной деятельности: сквозная деятельность по разработке и проектированию компонентной базы

Вид экономической деятельности: деятельность в области информации и связи

Укрупненная группа специальностей: 11.00.00

## **3. Требования к результатам обучения**

Формируемая профессиональная компетенция – знание принципов построения и внедрения средств проектирования интегральных схем на основе современных технологий.

В результате освоения данной программы слушатель будет:

**Знать** обобщенный маршрут проектирования с использованием современных средств САПР и средств проектирования.

**Уметь** анализировать библиотеки стандартных ячеек и ячеек ввода вывода, требования с учетом особенностей глубоко-субмикронных технологических процессов.

**Иметь практический опыт** работы с правилами и средствами проектирования для технологий 250нм, 130нм и ниже.

**4. Содержание программы  
Учебный план**

**программы повышения квалификации**

«Средства проектирования интегральных схем на основе современных технологий»

Категория слушателей – сотрудники профильных предприятий, студенты выпускных курсов бакалавриата и магистратуры по УГН 09.00.00, 10.00.00, 11.00.00, лица имеющие высшее образование или СПО

Срок обучения – 20 часов

Форма обучения: очная / очно-заочная / очно-заочная с применением ЭО/ДОТ

№ п/п	Наименование 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.	Основные этапы маршрута проектирования библиотечных элементов	19	16	0	3	ЭО/ДОТ
2.	Итоговая аттестация	1	Зачет			
	Всего	20	16	0	3	

**Учебно-тематический план**  
**программы повышения квалификации**  
**«Средства проектирования интегральных схем на основе современных технологий»**

№ п/п	Наименование тем разделов / модулей	Всего , час	В том числе			Образова- тельные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самост- оятельн- ая работа	
			Лекци- и	Практи- ческие и лаборат- орные занятия		
1.	Средства проектирования интегральных схем на основе современных технологий	19	16	0	3	ЭО/ДОТ
1.1	Обобщенный маршрут проектирования	4	4	0	0	ЭО/ДОТ
1.2	Библиотеки элементов	7	4	0	3	ЭО/ДОТ
1.3	Особенности технологии 28нм	8	8	0	0	ЭО/ДОТ
2.	Итоговая аттестация	1	зачет			
	Всего	20	16	0	3	

**Календарный учебный график**

Календарный учебный график составляется в форме расписания занятий при наборе группы и прилагается к программе повышения квалификации

**Учебная программа**  
**повышения квалификации**

**«Средства проектирования интегральных схем на основе современных технологий»**

**Раздел 1. Средства проектирования интегральных схем на основе современных технологий**

*Тема 1.1. Обобщенный маршрут проектирования*

Обобщенный маршрут проектирования с использованием современных средств САПР и средств проектирования. Отличия маршрута проектирования для технологий 250нм и 130нм/ниже. Понятие о правилах проектирования, средства проектирования – Process Design Kit, структура PDK. Особенности для технологий уровня 250-130нм

*Тема 1.2. Библиотеки элементов*

Библиотеки стандартных ячеек: общая структура, состав ячеек, особенности характеристики. Применение в технологиях уровня 250-130нм

Библиотеки ячеек ввода-вывода: общая структура, состав ячеек, особенности характеристики. Применение в технологиях уровня 250-130нм.

**Самостоятельная работа студентов**

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	3	Выполнение практико-ориентированного задания (разработка эскиза топологии библиотечного элемента) на опыт деятельности

*Тема 1.3. Особенности технологии 28нм*

Переход на технологию 28нм: основные преимущества и вызовы. Основные решения при проектировании ИС на технологической норме 28нм. Особенности приборной базы и особенности топологического проектирования в технологии 28нм. Конструктивные особенности разработки базовых компонентов цифровых СБИС в глубоко-субмикронных технологических процессах.

Основные форматы данных и особенности их подготовки для применения в маршруте проектирования с нормами 28нм

**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; AdobeReader

## 6. Учебно-методическое обеспечение программы

1. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне [Текст] / Б. П. Вонг [и др.]; 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. Харрис, Д. М. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Д. М. Харрис, С. Л. Харрис. - 2-е изд. - М. : ДМК Пресс, 2017. - 770 с. : ил. - ISBN 978-5-97060-450-2
3. Doman D. Engineering the CMOS Library: Enhancing digital design kits for competitive silicon. New Jersey, Wiley, 2012. 342 p. <https://book.org/book/2151887/d86565>
4. Anne N. Design and Characterization of a Standard Cell Library for the FREEPDK45 Process. Oklahoma State University, 2010. 91 p. [https://shareok.org/bitstream/handle/11244/10182/Anne\\_okstate\\_0664M\\_11266.pdf?sequence=1](https://shareok.org/bitstream/handle/11244/10182/Anne_okstate_0664M_11266.pdf?sequence=1)
5. Mardiguian M. Electrostatic Discharge: Understand, Simulate, and Fix ESD Problems, Third Edition. Wiley-IEEE Press, 2009. 312 p. <https://download.ebookshelf.de/download/0000/5737/86/L-G-0000573786-0002358841.pdf>
6. Taraate V. ASIC Design and Synthesis. Springer, 2021. 328 p. [https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-33-4642-0?error=cookies\\_not\\_supported&code=6fd12a39-4a45-44f2-8015-9d648ab919a8](https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-33-4642-0?error=cookies_not_supported&code=6fd12a39-4a45-44f2-8015-9d648ab919a8)

## 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. Перечень вопросов приведен 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
<b>Суммарный балл</b>			<b>0-20</b>



## 2. Задания на опыт деятельности

Необходимо нарисовать эскиз топологии библиотечного элемента:

Варианты:

1. 3-входового библиотечного КМОП элемента И-НЕ;
2. 4-входового библиотечного КМОП элемента ИЛИ-НЕ;
3. 2-х входового библиотечного КМОП элемента XOR
4. КМОП элемента MUX «2 в 1»
5. КМОП элемента «одноразрядный полусумматор»

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Условия начисления баллов по критерию	Количество баллов
Представлен эскиз топологии	Корректность топологии	Топология полностью корректна	5
		Топология корректна, но есть неточности	3
		Топология не правильно разработана	0
Суммарный балл по показателю			0-5

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 3 баллов.

## 8. Составители программы

Доцент кафедры ПКИМС

В.С.Калашников

Доцент кафедры ПКИМС

А.В.Коршунов

### Согласовано:

Директор ДРОП

Н.Ю. Соколова

Зав. кафедрой ПКИМС

С.В. Гаврилов

Представитель профессионального сообщества:

Директор ЦППП ООО «НМ-Тех»

С.В.Евстигнеев

### **Вопросы на знания**

1. Элементная база цифровых СБИС. Основные типы и виды базовых элементов.
2. Методы исследования элементной базы. Проектирование элементной базы КМОП СБИС.
3. Типовые проектные решения. Использование библиотек типовых проектных решений при проектировании цифровых СБИС.
4. Функционально - интегрированные элементы СБИС. Подходы к построению функционально - интегрированных элементов и блоков СБИС.
5. Назначение и классификация библиотек цифровых элементов. Библиотеки стандартных цифровых ячеек.
6. Маршруты проектирования цифровых СБИС в САПР Synopsys с использованием библиотек.
7. Схемотехнические модели МОП-транзисторов и макромоделли библиотечных элементов.
8. Основные характеристики и параметры элементов цифровых библиотек.
9. Подходы к идентификации параметров библиотечных элементов.

### **Вопросы на умения**

1. Объяснить отличия физического проектирования библиотечного элемента для технологий глубокого субмикрона, привести примеры;
2. Нарисовать эскиз топологии и показать типовые параметры, соответствие которым проверяется в ходе проведения процедуры DRC;
3. Назвать особенности и назначение основных форматов представления топологии СБИС при использовании в автоматизированном проектировании
4. Какие ключевые требования предъявляются к САПР при реализации маршрута проектирования стандартной библиотеки цифровых ячеек.
5. Назвать основные геометрические параметры стандартных цифровых ячеек на разработанном эскизе топологии библиотечного элемента;
6. Описать эффект “защелкивания” КМОП схем (latchup) и назвать возможные методы его предотвращения;
7. Привести практические примеры преимуществ и недостатков выражения проектных норм топологии схемы в абсолютных величинах;
8. Объяснить механизм выбора ширины шины питания стандартных библиотечных элементов.