

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:20:15  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73e4d7c6e602a0b2d301b2d3

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  
« 1 » 12 20 20

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«Автоматизация конструкторско-технологического проектирования»

Направление подготовки - 11.03.04«Электроника и наноэлектроника»

Направление (профиль) – «Автоматизация проектирования изделий наноэлектроники»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-1** «Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040** «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков».

**Обобщенная трудовая функция: В** – «Разработка топологии, физического представления стандартных ячеек библиотеки»

**Трудовая функция: В/01.6** – «Размещение и соединение элементов электрических схем стандартных ячеек библиотеки»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
<b>ПК-1.АКТП</b> Способен использовать вычислительные средства для решения задач топологического проектирования цифровых интегральных схем.	Использование вычислительных средств для решения задач топологического проектирования цифровых интегральных схем.	<b>Знания</b> принципов построения математических моделей для решения задач топологического проектирования. <b>Умения</b> разрабатывать физические и математические модели схем для решения задач топологического проектирования. <b>Опыт</b> использования компьютерного моделирования для решения задач топологического проектирования цифровых интегральных схем.

**Компетенция ПК-4** «Способен применять углубленные знания в области маршрута проектирования приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040** «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков».

**Обобщенная трудовая функция: В** – «Разработка топологии, физического представления стандартных ячеек библиотеки»

**Трудовая функция: В/01.6** – «Размещение и соединение элементов электрических схем стандартных ячеек библиотеки»

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
<b>ПК-4.АКТП</b> Способен применять углубленные знания в области маршрута топологического проектирования приборов, схем, устройств электроники и нанoeлектроники.	Применение углубленных знаний в области маршрута топологического проектирования приборов, схем, устройств электроники и нанoeлектроники.	<b>Знания</b> основных маршрутов топологического проектирования микро- и нанoeлектронных приборов, схем, систем. <b>Умения</b> использовать средства САПР для автоматизации маршрута топологического проектирования. <b>Опыт</b> использования САПР для топологического проектирования электронных схем и систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Дискретная математика», «Общая физика. Оптика», «Технология интегральных микросхем».

Материалы, изучаемые в данной дисциплине, используются при прохождении производственной практики и подготовке бакалаврских выпускных работ.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3	6	4	144	16	16	16	60	Экз(36)

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1. Общие принципы проектирования топологии	16	16	16	16	Защита лабораторных работ.
				20	Написание контрольных работ.
				10	Написание тестов.
				10	Защита реферата.
				4	Сдача практико-ориентированного задания.

##### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Понятие о топологии объекта. Пример топологии КМОП инвертора.
		2	Маршрут проектирования цифровых СБИС. Понятие о библиотечных элементах. Этапы проектирования топологии. Критерии проектирования.
	2	2	Методологии проектирования. Заказное, полузаказное проектирование топологии. Декомпозиция. Постановка задачи. Модели объекта: граф схемы, граф Кенига. Критерии декомпозиции.
		2	Классификация методов декомпозиции. Метод кластеризации. Декомпозиция, алгоритм Кодреса. Модель объекта. Определения операций конъюнкции и дизъюнкции на графе Кенига. Основные принципы алгоритма. Описание алгоритма. Пример.
	3	2	Декомпозиция. Итерационные алгоритмы, основные принципы. Алгоритм Кернигана-Лина. Основные принципы, описание. Пример.
		2	Размещение. Постановка задачи. Планировка и размещение. Критерии размещения. Манхэттенская метрика. Модель квадратичного назначения. Алгоритм обратного размещения. Классификация методов размещения.
	4	2	Размещение методом плотной укладки (ПУ). Основные принципы и подходы. Модель ПУ. Алгоритм построения ПУ. Размещение в ПУ. Пример. Модификации метода.
		2	Недостатки итерационных алгоритмов размещения. Проблема локального минимума. Стохастические методы оптимизации. Основные принципы алгоритма моделирования отжига.
5	2	Размещение алгоритмом моделирования отжига. Параметры. Оценка	

		эффективности. Силовой алгоритм размещения. Основные принципы.
--	--	--

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
	1	2	Основные понятия теории графов, задачи на графах. Маршрут проектирования СБИС. Основные этапы.
	2	2	Понятие стандартной ячейки. Методология проектирования СБИС на стандартных ячейках. Конструкторско-технологические ограничения. Лямбда-методология топологического проектирования.
	3	2	Конструктивный алгоритм декомпозиции Кодреса. Основные принципы алгоритма. Описание алгоритма Кодреса. Пример.
	4	2	Итерационные алгоритмы декомпозиции, основные принципы. Алгоритмы Кернигана-Лина, Фидуччи-Маттеуса. Пример.
	5	2	Синтез топологии последовательно-параллельных комбинационных КМОП-схем, палочная диаграмма. Размещение методом плотной укладки (ПУ). Алгоритм построения ПУ.
	6	2	Размещение в ПУ. Пример. Размещение с помощью алгоритма моделирования отжига.
	7	2	Классификация графов, программное представление графов. Методы компактизации топологии КМОП-схем.
	8	2	Синтез цепей синхронизации: постановка задачи, основные параметры. Время расфазировки, виды времени расфазировки, задержка Элмора.

#### 4.3. Лабораторные занятия

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Знакомство со средой топологического проектирования MicroWind.
	2	4	Разработка топологии стандартных ячеек (инвертор, №3И-НЕ, №ИЛИ-НЕ, 2И, 2ИЛИ) в САПР MicroWind.

	3	4	Разработка топологии простых ячеек (AOI21, AOI22, OAI21, OAI22) в САПР MicroWind.
	4	4	Разработка топологии триггера в САПР MicroWind.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	20	Подготовка к лабораторным работам: поиск информации о схемотехнической реализации базовых библиотечных элементов.
	36	Подготовка к тестированию и домашним заданиям: поиск информации о методах и алгоритмах проектирования топологии СБИС.
	4	Выполнение практико-ориентированного задания

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

**Методические указания студентам** по изучению дисциплины «Автоматизация конструкторско-технологического проектирования»: [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id\\_science=2079756](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=2079756)

#### **Модуль 1** «Общие принципы проектирования топологии»

Перечень литературы, информационных источников для выполнения заданий по тематике модуля 1, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся на сайте <http://orioks.miet.ru/> в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе по адресу [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id\\_science=2079775](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=2079775)

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Коршунов А.В. Маршрут проектирования ЦИС. Физический синтез : Учеб. пособие / А.В. Коршунов, С.В. Гусев; Министерство образования и науки РФ, Национальный

- исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2015. - 72 с. - ISBN 978-5-7256-0831-1
2. Беспалов В.А. Диаграммы двоичных решений в автоматизации проектирования СБИС : Учеб. пособие / В.А. Беспалов, А.Л. Глебов, А.Н. Кононов; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2013. - 80 с. - ISBN 978-5-7256-0743-7
  3. Гаврилов С.В. Методы анализа логических корреляций для САПР цифровых КМОП СБИС / С.В. Гаврилов. - М. : Техносфера, 2011. - 136 с. - ISBN 978-5-94836-280-9
  4. Казеннов Г. Г. Основы проектирования интегральных схем и систем : Учеб. пособие / Г.Г. Казеннов. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. - 296 с. - ISBN 5-94774-232-2
  5. Гагарина Л.Г. Алгоритмы и структуры данных : Учеб. пособие / Л.Г. Гагарина, В.Д. Колдаев; Рец. Ю.Н. Беляков. - М. : Финансы и статистика : Инфра-М, 2009. - 304 с. - ISBN 978-5-279-03351-5
  6. VLSI Physical Design: From Graph Partitioning to Timing Closure / Kahng Andrew B., Lienig Jens, Markov Igor L., Hu Jin. - : Springer, 2011. - URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-9591-6> (дата обращения: 12.12.2020). - ISBN 978-94-007-9020-9 (Print); 978-90-481-9591-6 (Online). - Текст : электронный

### **Периодические издания**

- 1 Известия вузов. Электроника: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.
- 2 IEEE TRANSACTIONSONCOMPUTERAIDEDDESIGNOFINTERGRATEDCIRCUITS& SYSTEMS . - USA : IEEE, [б.г.]. - URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43>(дата обращения: 12.12.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХБАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000 - . - URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
2. Электронно-библиотечная система Лань : сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
3. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. - URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
4. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php> (дата обращения: 30.09.2019)
5. ProQuest : сайт. - URL: <http://search.proquest.com/>(дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

6. Nano / SpringerNature: сайт. – URL: <http://nano.nature.com>(дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
7. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : электроннаябиблиотека. - USA; UK, 1998 - . - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения: 28.10.2020). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта "Национальная подписка"

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина может быть реализована в смешанном и дистанционном вариантах обучения.

Смешанное обучение основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, часть учебных занятий проходит с использованием взаимодействия студентов и преподавателя в электронной образовательной среде.

При смешанном обучении лекционные занятия проводятся в онлайн режиме по Skype/Zoom, записи которых доступны для студентов через ссылку в системе ОРИОКС. Лабораторные занятия проводятся посредством удаленного выполнения задания совместно с онлайн взаимодействием в Skype/Zoom. Защита выполненных работ осуществляется путем демонстрации экрана рабочего места с помощью функции в Skype/Zoom.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы (<http://orioks.miet.ru>): электронные версии лекций, лабораторных заданий и другие. Для подготовки реферата используются информационные ресурсы eLIBRARY.RU Всероссийской научно-технической конференции " Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем" <http://www.mes-conference.ru>.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: электронная почта преподавателя, Вконтакте, Skype, Google диск и др.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в формах материалов в системе ОРИОКС: URL: [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id\\_science=2079775](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=2079775)

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Microsoft (Azure), Microsoft Office
Учебная аудитория	Учебная доска	Не требуется



Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Вычислительный класс 4131	ПЭВМ Intel LGA1156 Core i5-661 с мониторами Pyama и ViewSonic.	Microsoft (Azure) LibreOffice Microwind
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Microsoft (Azure). Microsoft Office, браузер Google Chrome

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-1.АКТП** «Способен использовать вычислительные средства для решения задач топологического проектирования цифровых интегральных схем»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-4.АКТП** «Способен применять углубленные знания в области маршрута топологического проектирования приборов, схем, устройств электроники и наноэлектроники»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Студенты, изучающие дисциплину, обязаны:

- посетить лекции по предмету;
- посетить практические занятия по предмету;
- выполнить лабораторные работы (подтверждается сдачей каждой лабораторной работы);
- выполнить практико-ориентированные задания по дисциплине;
- принять участие в дискуссиях во время лекций и лабораторных работ.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к практическим занятиям, использование основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов.

Лектор предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации.

Лабораторные работы выполняются студентами по индивидуальным заданиям в компьютерном классе. Все лабораторные работы посвящены решению задач проектирования топологии элементов цифровых устройств.

С целью качественной организации самостоятельной работы студентов проводятся разъяснения материала. Вводное разъяснение проводится лектором дисциплины в начале первой лекции и включает: информацию о структуре и графике контрольных мероприятий, содержании и порядке проведения контрольных мероприятий, правилах оценивания согласно НБС МИЭТ, учебной литературе и дополнительных информационных источниках, основных требованиях по оценке качества освоения дисциплины, самостоятельной работе студентов, организации и назначении консультаций.

Для студентов проводятся консультации. Студентам рекомендуется активно пользоваться консультациями преподавателя: это единственная возможность обучаться индивидуально и выяснить все возникшие вопросы. Кроме этого на консультациях можно защитить лабораторную работу, если не успели на занятии.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде экзамена и публичное представление результатов заданий СРС на опыт деятельности и заданий проектного типа.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.


Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 70 баллов), и сдача экзамена (максимум 30 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступны в ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>.

### РАЗРАБОТЧИК:

Доцент кафедры ПКИМС, к.т.н. \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ /Г.А. Иванова/

Рабочая программа дисциплины «Автоматизация конструкторско-технологического проектирования» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Автоматизация проектирования изделий наноэлектроники», разработана на кафедре ПКИМС и утверждена на заседании кафедры 27 ноября 2020 года, протокол № 8

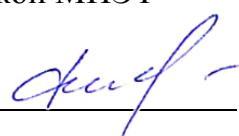
Заведующий кафедрой ПКИМС \_\_\_\_\_  /С.В. Гаврилов/

### **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рабочая программа согласована с центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК \_\_\_\_\_  /И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки \_\_\_\_\_  / Т.П. Филиппова/