

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 22.09.2025 13:25:43
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
А.Г. Балашов
«*Сергей*» 2025 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Топологическое проектирование»

Направление подготовки –09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
Направленность (профиль) – «Вычислительные системы и электронная компонентная база»

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

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Компетенция ПК-2 Способен осуществлять топологическое проектирование СНК, сформулирована на основе профессионального стандарта 40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле»

Обобщенная трудовая функция D (7) Разработка топологического описания на основе полученного списка цепей с учётом набора ограничений

Трудовая функция D/01.7 Разработка плана кристалла, размещение блоков

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.ТП Способен выполнять топологическое проектирование цифровых и аналоговых интегральных схем в заданном технологическом базисе с использованием САПР	Проектирование интегральных схем и систем на кристалле на системном, функциональном, логическом и физическом уровнях описания; обеспечение качества и соответствия моделей всех уровней абстракции СНК заявленным спецификациям и характеристикам, подтверждение заявленных функциональных и электрических параметров изготовленных ИС	Знания: методология топологического проектирования АИС и ЦИС средствами САПР Умения: выполнять топологический синтез ЦИС и разработку топологии АИС Опыт: формирования корректного топологического представления в базисе предприятия-изготовителя средствами САПР

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области ранее изучаемых дисциплин магистратуры: «Маршрут проектирования цифровых интегральных схем», «Проектное окружение СНК», «Основы проектирования аналоговых схем».

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)		
2	3	5	180	16	32	-	96	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 1. Топологическое проектирование ЦИС	8	16	-	48	Защита ЛР Тестирование Проверка индивидуального задания
Модуль 2. Топологическое проектирование АИС	8	16	-	48	Защита ЛР Тестирование Проверка индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Финишный STA и устранение нарушений в цифровом маршруте с использованием ECO маршрута
	2.	2	Физическая DRC верификация в цифровом маршруте
	3	2	Физическая LVS верификация в цифровом маршруте
	4	2	Low-power маршрут с использованием UPF/CPF
2	5	2	Основные принципы разработки топологии стандартных цифровых элементов в КМОП-технологии уровня 180 нм и ниже.
	6	2	Основы современной КМОП-технологии. Связь топологии с технологией, интерфейсы, правила проектирования, библиотеки.
	7	2	Специальные методы проектирования топологии аналоговых ИМС.
	8	2	Вопросы обеспечения надежности при проектировании топологии ИМС. Основные физические эффекты и способы борьбы с ними на этапе проектирования топологии.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Устранение нарушений ограничений и оптимизация проектами средствами Tempus ECO
	2	4	Устранение нарушений metal fill в цифровом маршруте
	3	4	Подготовка данных и выполнение LVS средствами Innovus/Calibre
	4	4	Реализация маршрута IEEE1801 (UPF) в Innovus
2	5	4	Разработка топологии стандартных цифровых элементов.
	6	4	Эскиз топологии источника опорного напряжения BandGap. Разработка топологии согласованных МОП-транзисторов для дифференциальной пары и токовых зеркал.
	7	4	Разработка топологии матрицы согласованных биполярных транзисторов/диодов и резисторов.
	8	4	Общая сборка и физическая верификация топологии источника опорного напряжения BandGap.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	12	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций и лабораторных работ.
	12	Подготовка к защитах ЛР
	12	Подготовка к тестам
	12	Выполнение индивидуального задания
2	12	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций и лабораторных работ.
	12	Подготовка к защите ЛР №5-8
	12	Подготовка к тестам
	12	Выполнение индивидуального 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// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- Сценарий по дисциплине
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ
- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты заданий для экзамена.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. 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.
2. Галочкин, В. А. Введение в нанотехнологии и нанoeлектронику : учебное пособие / В. А. Галочкин. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 200 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2092473> (дата обращения: 01.11.2024)
3. Топологическое проектирование систем на кристалле : учебное пособие / И. В. Ермаков, С. А. Ильин, Т. Ю. Крупкина [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 2022. - 96 с..
4. Основы технологии электронной компонентной базы : учебное пособие / Е. Э. Бодров. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 204 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902462> (дата обращения: 01.11.2024).
5. Основы nano- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 320 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/211205> (дата обращения: 01.11.2024)
6. Высокоуровневые языки проектирования и верификации интегральных микросхем: язык Python : учебное пособие / А. А. Беляев, Е. С. Янакова, И. А. Липатов [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 2022. - 112 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0986-8

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. ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА. Серия 3. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА : научно-технический журнал / Научно-исследовательский институт молекулярной электроники. - Москва : НИИМЭ, 2014 - . - URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=41329 (дата обращения: 09.09.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей, последние через систему заказа. - ISSN 2410-9932
3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: Теорет. и прикладной науч.-техн. журн. / Издательство "Новые технологии". - М. : Новые технологии, 1995 -.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. IEEE/IEE Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 10.10.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»
2. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.10.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
3. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 10.10.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
4. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 10.10.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования онлайн тестирования, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внешние электронные ресурсы в формах: - видеолекции курс *ECG 720 Advanced Analog IC Design* - https://www.cmosedu.com/jbaker/courses/ecg720/s16/lec_ecg720.htm.

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	Компьютер с мультимедийным оборудованием	ОС Microsoft Windows Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome);

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
		Acrobat reader DC
Компьютерный класс	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	ОС Microsoft Windows VNC
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-2.ТП** «Способен выполнять топологическое проектирование цифровых и аналоговых интегральных схем в заданном технологическом базисе с использованием САПР».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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 на базовом уровне, обязаны:

- выполнить лабораторные работы (подтверждается сдачей каждой лабораторной работы);
- принять участие в дискуссиях во время лекций;
- выполнить задание на практический опыт деятельности.

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

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.

В конце семестра студентами выполняется практическое задание, по результатам которого происходит публичное представление результатов заданий СРС на опыт деятельности.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой.

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 75 баллов) и сдача экзамена (25 баллов).

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

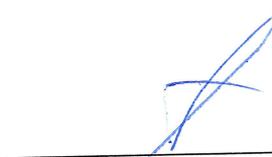
РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент Института ИнЭл, к.т.н.

 /А.В. Коршунов/

Рабочая программа дисциплины «Топологическое проектирование» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Вычислительные системы и электронная компонентная база» разработана в Институте ИнЭл и утверждена на заседании Ученого совета Института ИнЭл «29» августа 2025 г., протокол № 1

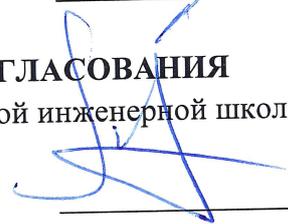
Директор Института ИнЭл


/В.В. Лосев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

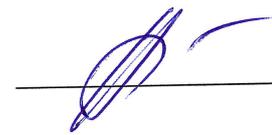
Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ


/А.Л. Переверзев /

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/