

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники

(Е.Н.Бормонтов)

31.08.2022

Б1.В.12 Топологическое проектирование интегральных схем

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 11.03.04

Электроника и наноэлектроника

2. Профиль подготовки: Интегральная электроника и наноэлектроника

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: _____

физики полупроводников и микроэлектроники

6. Составители программы: Богатилов Евгений Васильевич, _____

кандидат физико-математических наук

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 14.06.2022

8. Учебный год: 2025-2026 Семестр: 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Топологическое проектирование интегральных схем» является формирование специальных знаний и умений, необходимых для топологического проектирования интегральных схем с использованием САПР.

В задачи дисциплины входят:

- изучение особенностей проектирования топологии аналоговых интегральных схем;

- формирование навыков топологического проектирования интегральных схем.

Знания, полученные при освоении дисциплины «Топологическое проектирование интегральных схем», являются полезными при выполнении выпускных квалификационных работ в области электроники.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина включена в число дисциплин части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**.

Для ее усвоения требуются знания, формируемые при освоении ОПОП бакалавриата в рамках курсов математики, физики, компьютерного моделирования.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовой функции С/01.6 «Разработка эскизных (или полных) топологических представлений отдельных аналоговых блоков» профессионального стандарта 40.035 «Инженер-конструктор аналоговых сложно-функциональных блоков (СФ-блоков)».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Топологическое проектирование интегральных схем» необходимы при выполнении научно-исследовательских работ, учебной и производственных проектно-конструкторских практик написания выпускной квалификационной работы в области микро- и наноэлектроники.

Знания, полученные при освоении дисциплины «Топологическое проектирование интегральных схем», могут быть полезны при выполнении выпускных квалификационных работ в области микро- и наноэлектроники.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-5	Способен разрабатывать эскизные топологические представления отдельных аналоговых блоков	ПК-5.1	Разрабатывает и применяет набор ограничений на конфигурации топологических представлений цифровых и аналоговых блоков для заданного технологического процесса	Знать: - правила трассировки шин питания; - правила трассировки дерева синхронизации
		ПК-5.2	Разрабатывает топологические представления цифровых и аналоговых блоков средствами САПР с применением методов согласования параметров элементов аналоговых блоков	Знать: - топологическую реализацию базовых элементов цифровых ИС (инвертор, И-НЕ, ИЛИ-НЕ) - топологическую реализацию базовых элементов аналоговых ИС (токовое зеркало, дифференциальная пара) - топологические слои открытой технологии FreePDK Владеть: - навыками разработки топологии

				законченного сложного функционального блока на примере операционного усилителя Уметь: - разрабатывать топологии базовых элементов цифровых и аналоговых ИС
		ПК-5.3	Осуществляет физическую и электрическую верификацию топологического представления СФ-блоков средствами САПР	Уметь: - осуществлять физическую и электрическую верификацию топологического представления СФ-блоков средствами САПР; - разрабатывать топологию базовых элементов цифровых и аналоговых ИС Владеть: - навыками программирования на языке Verilog
ПК-6	Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	П-6.1	Читает и интерпретирует проектно-конструкторскую документацию	Уметь: - читать и интерпретировать проектно-конструкторскую документацию
		ПК-6.2	Представляет результаты проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации	Знать: - стандарты оформления проектно-конструкторской документации Уметь: - представлять результаты проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации
		ПК-6.3	Осуществляет проверку результатов схемотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию	Владеть: - навыками отладки функционального описания цифровой ИС - встроенными средствами программирования и отладки системы автоматизированного проектирования

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 3 / 108 .

Форма промежуточной аттестации – зачет

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость (часы)	
		Всего	По семестрам
			8 сем.
Аудиторные занятия,		36	36
в том числе:	лекции	12	16
	лабораторные	24	16
Самостоятельная работа		72	72
Форма промежуточной аттестации: зачет			
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Источники рассогласования параметров элементов ИС	Глобальные и локальные отклонения параметров. Случайное рассогласование. Смещение масок. Глубина фокуса при фотолитографии. Угол фотолитографии. Разброс критических размеров. Перетравливание. Затенение при имплантации. Уменьшение ширины канала. Эффект близости кармана. Боковая диффузия. Механические напряжения. Источники механических напряжений: резка пластины на кристаллы, процесс разварки кристалла, межсоединения, влияние STI. Неравномерное легирование и толщина подзатворного окисла. Встроенный заряд затворов. Анизотропия подвижности носителей.
1.2	Расчет рассогласования элементов	Закон Пеллгрона. Рассогласование пары элементов. Среднее рассогласование группы элементов. Стандартное отклонение рассогласования. Стандартное отклонение рассогласования для пар резисторов и конденсаторов, порогового напряжения и крутизны МОП-транзисторов.
1.3	Топологическое согласование элементов ИС	Базовые правила согласования. Метод корневого компонента. Перемешивание. Трассировка перемешанных компонентов. Согласование относительно общего центра (common centroid). Согласование со слиянием перемешиваемых элементов и без слияния. Техника согласования cross-quading. Согласование паразитных элементов шин. Симметрия при согласовании. Согласование сигнальных путей. Выбор размера устройств при согласовании. Особенности согласования МОП-транзисторов, резисторов и конденсаторов. Фиктивные элементы (dummy): причины применения, правила расположения и подключения. Использование охранных колец.
1.4	Разработка топологии аналоговых блоков с согласованием элементов	Топологические слои открытой технологии FreePDK. Особенности согласования при топологическом проектировании токовых зеркал и дифференциальных пар.
2. Лабораторные занятия		
2.1	Источники рассогласования параметров элементов ИС	
2.2	Расчет рассогласования элементов	
2.3	Топологическое согласование элементов ИС	
2.4	Разработка топологии аналоговых блоков с согласованием элементов	Лабораторная работа № 1. Разработка топологии простого токового зеркала. Лабораторная работа № 2. Разработка топологии каскодного токового зеркала. Лабораторная работа № 3. Разработка топологии токового зеркала с расширенным диапазоном рабочего напряжения Лабораторная работа № 4. Разработка топологии дифференциальной пары Лабораторная работа № 5. Исследование влияния согласования

	паразитных элементов шин на частотные параметры дифференциального усилителя.
--	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Источники рассогласования параметров элементов ИС	4	-	12	18
2	Расчет рассогласования элементов	2	-	12	16
3	Топологическое согласование элементов ИС	4	-	12	20
4	Разработка топологии аналоговых блоков с согласованием элементов	2	24	36	62
	Итого:	12	24	72	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Топологическое проектирование интегральных схем» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет углубить понимание как нового, так и уже изученного материала благодаря установлению взаимосвязей между отдельными частями курса.

Хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему лекции;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план лекции;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции выделить главное от второстепенного;

- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;

- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.

Важной составляющей курса являются лабораторные работы, которые позволяют приобрести навыки работы с реальными приборами твердотельной электроники, а также

измерительной аппаратурой. Выполнение лабораторной работы требует тщательной предварительной подготовки. Необходимо заранее ознакомиться с теоретическим введением к предстоящей лабораторной работе для того, чтобы выполнение работы в аудитории было полностью осмысленным. Также необходимо помнить, что составление отчета о выполнении лабораторной работы является не только ключевым этапом в систематизации и осознании полученных данных, но и необходимым умением в будущей профессиональной деятельности, предполагающей регулярное составление подобных отчетов.

Наряду с теоретическим курсом и лабораторными работами важной составляющей обучения является самостоятельная работа. Она предназначена как для формирования навыков самостоятельной работы вообще, так и для развития способностей принимать на себя ответственность, находить конструктивные решения и выход из кризисной ситуации.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Таким образом, самостоятельная работа формирует черты характера, играющие существенную роль в структуре личности современного специалиста.

Преподаватель организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для профессиональной деятельности в избранной сфере.

Получение образования предполагает не только обучение решению задач определенной сферы деятельности, но и формирование особого профессионального стиля мышления. Профессиональный стиль мышления означает готовность к поиску решения любой задачи в ходе практической деятельности, даже такой, которая не была затронута в ходе обучения.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении курса «Топологическое проектирование интегральных схем» включает в себя: работу с теоретической частью курса, оформление отчетов о выполнении лабораторных работ и подготовку к выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемое распределение нагрузки между компонентами самостоятельной работы:

- | | |
|------------------------------------|------------|
| изучение теоретической части курса | - 36 часов |
| подготовка к лабораторным занятиям | - 36 часов |

итого - 72 часа

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
	Драгунов, В. П. Микро- и наноэлектроника : учебное пособие : [16+] / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 38 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228941 (дата обращения: 14.12.2021). – ISBN 978-5-7782-2095-9. – Текст : электронный.
	Белоус, А. И. Основы проектирования субмикронных микросхем : пособие для абитуриентов : [16+] / А. И. Белоус, Г. Я. Красников, В. А. Солодуха. – Москва : Техносфера, 2020. – 782 с. : схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617524 (дата обращения: 14.12.2021). – ISBN 978-5-94836-603-6. – Текст : электронный.
1	Корячко В. П. Теоретические основы САПР : Учебник для студ. Вузов / В. П. Корячко, В. М. Курейчик, И. П. Норенков .— М. : Энергоатомиздат, 1987 .— 400 с.
2	Казеннов Г. Г. Основы построения САПР и АСТПП / Г. Г. Казеннов, А. Г. Соколов .— М. : Высшая школа, 1989 .— 200 с.
3	Степаненко, Игорь Павлович. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И.П.Степаненко .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004 .— 488 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
	Абдулаев, В. И. Программная инженерия : учебное пособие. 1. Проектирование систем / В.И. Абдулаев ; Поволжский государственный технологический университет .— Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016 .— 168 с. : схем., табл., ил. — Библиогр. в кн .— http://biblioclub.ru/ .— ISBN 978-5-8158- 1767-8 (ч. 1); ISBN 978-5-8158- 1766-1 .— <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459449 >.
	Малюков, С. П. Схемотехническое проектирование электронных средств : учебное пособие : [16+] / С. П. Малюков, А. В. Саенко, А. В. Палий ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 94 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598617 (дата обращения: 14.12.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3380-0. – Текст : электронный.
4	Абдулаев Ш.-С. О. Система автоматизированного проектирования приборов микроэлектроники (САПР микроэлектроники) / Ш.-С.О. Абдулаев ; Рос. акад. наук, Дагестан. науч. центр, Отдел математики и информатики .— Махачкала : Наука ДНЦ, 2011 .— 228 с.
5	Рындин Е. А. Субмикронные интегральные схемы: элементная база и проектирование / Е.А. Рындин, Б.Г. Коноплев ; Таганрогский гос. радиотехн. ун-т .— Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2001 .— 146 с.
6	Казеннов Г. Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казеннов .— М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005 .— 295 с.
7	Автоматизация проектирования БИС / Под ред. Г. Г. Казеннова .— М. : Высшая школа, 1990-. Кн. 1: Принципы и методология построения САПР БИС .— 1990 .— 139 с.
8	Автоматизация проектирования БИС / Под ред. Г. Г. Казеннова .— М. : Высшая школа, 1990-. Кн. 2: Функционально-логическое проектирование БИС .— 1990 .— 155 с.
9	Автоматизация проектирования БИС / Под ред. Г. Г. Казеннова .— М. : Высшая школа, 1990-. Кн. 4: Топологическое проектирование нерегулярных БИС .— 1990 .— 109 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
10	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
11	Computer Aids for VLSI Design <URL: http://www.rulabinsky.com/cavd/ >

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Издание на др. носителе: Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 1-го к.урса очной формы обучения физ. фак., обуч. по программам магистратуры для направлений: 03.04.03 - Радиофизика; 11.04.04 - Электроника и наноэлектроника]. Ч. 1 / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.В. Тучин, Е.Н. Бормонтов , К.Г. Пономарев .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017.
2	Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем: учебно-методическое пособие : Ч. 2 / А.В. Тучин, А.Н. Шебанов, Е.Н. Бормонтов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. — 37 с.
3	Защита интегральных микросхем от электростатического разряда : учебно-методическое пособие / сост. : А. В. Тучин, А. Н. Шебанов, Е. Н. Бормонтов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 56 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа - мультимедийный кабинет кафедры ФППИМЭ: стационарный мультимедийный проектор Acer X125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт.; Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019

Учебная лаборатория микропроцессорных систем: компьютеры Lenovo V520-15IKL - 8 шт., телевизор LED 48” – 1 шт.; Microsoft Windows 10, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019,

Открытое ПО Glade IC layout and schematic editor

Аудитория для самостоятельной работы студентов: Сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Источники рассогласования параметров элементов ИС	ПК-5, ПК-6	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, 6К-6.2, ПК-6.3	Вопросы
2	Расчет рассогласования элементов	ПКВ-1	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, 6К-6.2, ПК-6.3	Вопросы
3	Топологическое согласование элементов ИС	ПКВ-1	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, 6К-6.2, ПК-6.3	Вопросы
4	Разработка топологии аналоговых блоков с согласованием элементов	ПКВо-1	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, 6К-6.2, ПК-6.3	Вопросы, лабораторные работы
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении лабораторных работ, ответы на вопросы

Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Разработка топологии простого токового зеркала.

Лабораторная работа № 2. Разработка топологии каскодного токового зеркала.

Лабораторная работа № 3. Разработка топологии токового зеркала с расширенным диапазоном рабочего напряжения

Лабораторная работа № 4. Разработка топологии дифференциальной пары

Лабораторная работа № 5. Исследование влияния согласования паразитных элементов шин на частотные параметры дифференциального усилителя.

Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

1. Назовите виды отклонений параметров элементов. Дайте их краткую характеристику.
2. Перечислите эффекты, определяющие локальное рассогласование элементов.
3. Что такое WPE-эффект?
4. Почему согласуемые элементы не следует выполнять по минимальным топологическим нормам?
5. Перечислите эффекты технологического процесса, влияющие на пороговые напряжения транзисторов.

6. В чем заключается эффект затенения имплантации. Как он влияет на рассогласование элементов?
7. Перечислите источники механических напряжений в микросхеме.
8. Перечислите правила согласования
9. Что такое техника корневого компонента?
10. Что такое техника common-centroid?
11. В каких случаях используется техника cross-quading?
12. Что такое dummy-устройства? Зачем они используются?
13. Зачем необходимо соблюдать симметрию на всех уровнях проектирования топологии?
14. Какие существуют требования к трассировке дифференциальных сигналов?
15. Опишите методику оценки рассогласования вызванного градиентами процесса.
16. Рассчитайте интервал рассогласования для случаев: ВААВ, АВАВ, СВАСВА, ВВААСААВВ.
17. Разработайте схему согласования для следующих вариантов комбинаций устройств: ААВ, АААВВВС, ААВСDD, АВСССDDDD, ААВСDDE, АВСDEE.
18. Выполните согласование и подключение шин трех резисторов с размерами: $W_A=W_B=2$ мкм, $W_C=1$ мкм, $L_A=150$ мкм, $L_B=225$ мкм, $L_C=12.5$ мкм,
19. Разработайте схему согласования емкостной матрицы 6-и битного аналогово-цифрового преобразователя, построенной из емкостей квадратной формы:

	A	B	C	D	E	F	G
Число элементов	1	1	2	4	6	12	24

Критерии оценивания текущей успеваемости

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала предварительных оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к зачету

1. Глобальные и локальные отклонения параметров элементов ИС.
2. Виды рассогласования, вызванные фотолитографией.
3. Виды рассогласования, вызванные диффузией и фотолитографией.
4. Эффект близости кармана.
5. Источники механических напряжений в кристалле и их влияние на рассогласование элементов.
6. Закон Пелгрома и расчет рассогласования.
7. Метод корневого компонента.
8. Метод согласования относительно общего центра.
9. Трассировка перемешанных компонентов.
10. Техника согласования cross-quading.
11. Симметрия при согласовании элементов.
12. Особенности согласования МОП-транзисторов.
13. Особенности согласования резисторов.
14. Особенности согласования конденсаторов.
15. Причины и особенности использования фиктивных элементов.
16. Использование охранных колец.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено/не зачтено*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Топологическое проектирование интегральных схем» осуществляется по следующим показателям:

- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Топологическое проектирование интегральных схем»:

– оценка *«зачтено»* выставляется при уровне освоенности компетенций *«отлично»*, *«хорошо»* или *«удовлетворительно»*

– оценка *«не зачтено»* выставляется при уровне освоенности компетенций *«неудовлетворительно»*

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.