


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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Физики твердого тела и наноструктур
 (П.В. Середин)
31.08.2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.11 Проектирование интегральных схем

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 11.03.04

Электроника и наноэлектроника

2. Профиль подготовки/специализация:

Интегральная электроника и наноэлектроника

3. Квалификация выпускника: Бакалавр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Курганский Сергей Иванович,

доктор физ.-мат. наук, профессор

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.2024

8. Учебный год: 2027–28

Семестр: 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

формирование и закрепление комплекса знаний, умений, навыков и компетенций в области современных средств и методов разработки как отдельных элементов ИС, так и законченных микроэлектронных блоков и узлов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение средств разработки конструкций перспективных микросхем и оценки их показателей качества с учетом действия дестабилизирующих факторов;
- познакомить обучающихся с принципами и методами выбора форм и размеров элементов современных микросхем;
- выработка навыков выбора формы отдельных элементов, выполнения необходимых проектных расчётов конструкций, принимать обоснованные решения по компоновке кристаллов;
- изучить особенности проектирования субмикронных микросхем;
- овладеть языками описания и проектирования современной электронной компонентной базы;
- формирование и закрепление навыков проектирования с использованием современных программных языков описания и проектирования электронной компонентной базы;
- овладеть современными подходами к функционально-логическому, схмотехническому и топологическому этапам проектирования.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-1.3	Создает схмотехнические и символьные представления СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списки соединений на основе графических представлений электрических схем	<p>Знать: способы создания схмотехнических и символьных представлений СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списков соединений на основе графических представлений электрических схем</p> <p>Уметь: создавать схмотехнические и символьные представления СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списки соединений на основе графических представлений электрических схем</p> <p>Владеть: навыками создания схмотехнических и символьных представлений СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списков соединений на основе</p>

				графических представлений электрических схем
ПК-2	Способен выполнять моделирование элементов интегральных схем и принимать решения об уточнении первичного схемотехнического описания на основе результатов анализа и верификации результатов моделирования	ПК-2.1	Применяет средства САПР для реализации основных методов схемотехнического моделирования	Знать: основные методы схемотехнического моделирования
				Уметь: применять средств САПР для реализации основных методов схемотехнического моделирования
				Владеть: навыками применения средств САПР для реализации основных методов схемотехнического моделирования
		ПК-2.2	Анализирует результаты схемотехнического моделирования и формирует отчеты о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков	Знать: способы анализа результаты схемотехнического моделирования и формирования отчетов о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков
				Уметь: анализировать результаты схемотехнического моделирования и формировать отчеты о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков
				Владеть: навыками анализа результаты схемотехнического моделирования и формирования отчетов о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков
ПК-2.3	Разрабатывает на основании результатов схемотехнического моделирования предложения о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания	Знать: способы разработки на основании результатов схемотехнического моделирования предложений о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания		
		Уметь: разрабатывать на основании результатов схемотехнического моделирования предложения о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания		

				Владеть: навыками разработки на основании результатов схемотехнического моделирования предложений о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания
ПК-6	Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПК-6.1	Читает и интерпретирует проектно-конструкторскую документацию	Знать: способы чтения и интерпретации проектно-конструкторской документации
				Уметь: читать и интерпретировать проектно-конструкторскую документацию
				Владеть: навыками чтения и интерпретации проектно-конструкторской документации
		ПК-6.2	Представляет результаты проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации	Знать: способы представления результатов проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации
				Уметь: Представлять результаты проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации
				Владеть: навыками представления результатов 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	Знать: способы проверки результатов схемотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию
				Уметь: осуществлять проверку результатов схемотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию
				Владеть: навыками осуществления проверки результатов схемотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 7 / 252.

Форма промежуточной аттестации Зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			8 семестр	№ семестра
Аудиторные занятия		72	72	
в том числе:	лекции	24	24	
	практические			
	лабораторные	48	48	
Самостоятельная работа		180	180	
в том числе: курсовая работа (проект)		36	36	
Форма промежуточной аттестации – зачет				
Итого:		252	252	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Маршруты и этапы проектирования больших и сверхбольших интегральных схем.	Этапы проектирования больших и сверхбольших интегральных схем и возможности их автоматизации. Блочный-иерархический подход к проектированию сложных систем. Восходящее и нисходящее проектирование. Схема процесса проектирования на конкретном иерархическом уровне.	–
1.2	Системы автоматизированного проектирования больших интегральных схем.	Возможности современных систем автоматизированного проектирования. Техническое, математическое, программное, лингвистическое, информационное, организационное, методическое обеспечение САПР. САПР Cadence. САПР Quartus II. САПР TCAD. САПР ф. Mentor Graphics.	–
1.3	Языки описания и проектирования аппаратуры высокого уровня	Маршрут проектирования с использованием библиотеки стандартных элементов. Возможности и запуск программ логического моделирования. Создание проекта на языке VHDL. Основные правила описания входного языка. Структура проекта. Описание интерфейса объекта проекта (entity). Описание архитектуры объекта проекта (architecture). Оператор процесса (process). Переменные и сигналы. Лексические элементы VHDL. Скалярные типы данных. Составные типы данных. Последовательные операторы. Параллельные операторы. Подпрограммы. Библиотеки и пакеты. Стили описания проектов.	–
1.4	Проектирование конечных автоматов.	Конечные автоматы. Состояние автомата. Внутренние и внешние переменные. Автомат Милли. Автомат Мура. Способы описания конечных автоматов. Синтез конечных автоматов на основе характеристических уравнений триггеров. Синтез конечных автоматов методом словарных преобразований.	–
1.5	Функционально-логическое и схемотехническое проектирование	Регистровые устройства. Параллельные регистры. Последовательные регистры. Счетчики. Последовательные счетчики. Параллельные счетчики. Генераторы кодов. Генераторы на основе	–

	функциональных блоков последовательностного типа.	счетчиков. Генераторы на основе сдвиговых регистров.	
1.6	Проектирование топологии больших и сверхбольших интегральных схем.	Переход к геометрической информации. СБИС типа вентиляционной матрицы. СБИС на стандартных блоках. Ограничения при проектировании топологии. Критерии качества топологии. Задачи разделения и группирования. Алгоритмы разделения/группирования. Задача размещения. Конструктивные и итерационные методы размещения. Задача трассировки. Методы глобальной трассировки. Методы индивидуальной трассировки. Методы канальной трассировки.	–
2. Лабораторные занятия			
2.2	Системы автоматизированного проектирования больших интегральных схем.	Лабораторная работа 1. Изучение состава, интерфейса и освоение программных средств ввода проекта и визуализации результатов проектирования и моделирования в среде САПР	–
2.3	Языки описания и проектирования аппаратуры высокого уровня	Лабораторная работа 2. Разработка структуры проекта на языке VHDL	–
2.4	Проектирование конечных автоматов.	Лабораторная работа 3 Разработка проекта синхронизируемого передним фронтом D триггера Лабораторная работа 4. Моделирование синхронизируемого передним фронтом D триггера Лабораторная работа 5. Разработка проекта синхронизируемого передним фронтом JK триггера Лабораторная работа 6. Моделирование синхронизируемого передним фронтом JK триггера	–
2.5	Функционально-логическое и схемотехническое проектирование функциональных блоков последовательностного типа.	Лабораторная работа 7. Разработка проекта параллельного регистра Лабораторная работа 8. Разработка проекта последовательного регистра	–
2.6	Проектирование топологии больших и сверхбольших интегральных схем.	Лабораторная работа 9. Разработка проекта топологии функционального блока	–

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Маршруты и этапы проектирования больших и сверхбольших интегральных схем.	1			16	17
2	Системы автоматизированного проектирования больших интегральных схем.	1		2	16	19
3	Языки описания и проектирования аппаратуры высокого уровня	8		4	28	40
4	Проектирование конечных автоматов.	4		14	28	46
5	Функционально-	4		14	28	46

	логическое и схемотехническое проектирование функциональных блоков последовательностного типа.					
6	Проектирование топологии больших и сверхбольших интегральных схем.	6		14	28	48
	Итого:	24		48	144	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

Дисциплина «Проектирование интегральных схем» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. 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.).

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 лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- 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 отделить 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.;

- записывать надо сжато;

- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

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.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения

самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

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 «Проектирования интегральных схем» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение лабораторных работ, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Проектирование интегральных схем» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 36 часа
подготовку к лабораторным занятиям	– 36 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 36 часов
курсовая работа	– 36 часов
подготовку к зачету	– 36 часа
итого	–180 часов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Курганский, С.И. Разработка проектов в среде САПР QUARTUS II. Часть 1. Основные этапы проектирования: учебно-методическое пособие / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, М.Д. Манякин // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2016. - 34 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf
2.	Умняшкин С.В. Основы теории цифровой обработки сигналов : учебное пособие / Умняшкин С.В.. — Москва : Техносфера, 2021. — 550 с. — ISBN 978-5-94836-617-3. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/118606.html
3.	Кравец А.В. Схемотехника радиоэлектронных устройств : учебное пособие / Кравец А.В.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. — 156 с. — ISBN 978-5-9275-3746-4. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/117182.html
4.	Муромцев Д.Ю. Математическое обеспечение САПР : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2014 .— 464 с.
5.	Головицына М.В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий [Электронный ресурс] / М.В. Головицына. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Вузовское образование, 2017. — 504 с. — 978-5-4487-0090-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67375.html
6.	Иванов В.Н. Применение компьютерных технологий при проектировании электрических схем [Электронный ресурс] / В.Н. Иванов. — Электрон. текстовые данные. — М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2017. — 226 с. — 978-5-91359-229-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/64930.html
7.	Хоровиц П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; Пер. с англ. Б.Н. Бронина [и др.] .— Изд. 7-е .— Москва : Мир : БИНОМ, 2011 .— 704 с.
8.	Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника : полный курс : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" / Ю. Ф. Опадчий, О. П.

	Глудкин, А. И. Гуров; под ред. О. П. Глудкина. — М. : Горячая линия-Телеком, 2007. — 768 с.
9.	Казеннов, Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казеннов. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 295 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
10.	Лобач В.Т. Основы проектирования цифровых устройств радиоэлектронных систем : учебное пособие / Лобач В.Т., Потипак М.В.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. — 140 с. — ISBN 978-5-9275-3656-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/115521.html
11.	Рабаи, Ж.М. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования / Ж.М. Рабаи, А. Чандракасан, Б. Николич. — 2-е изд. — М., 2007. — 912 с.
12.	Абдулаев Ш.-С.О. Система автоматизированного проектирования приборов микроэлектроники (САПР микроэлектроники) / Ш.-С.О. Абдулаев. — Махачкала : Наука ДНЦ, 2011. — 228 с.
13.	Алексенко, А.Г. Микросхемотехника : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по спец.: "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / А.Г. Алексенко, И.И. Шагурин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Радио и связь, 1990. — 496 с.
14.	Ургюмов Е. Цифровая схемотехника / Е. Ургюмов. — СПб: БХВ-Петербург, 2004. — 520 с.
15.	Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник для студентов вузов, обуч. по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника" / И.П. Норенков. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 334 с.
16.	Римский Г.В. Теория систем автоматизированного проектирования / Г.В. Римский. — Минск: Навука і техника, 1994. — 430 с.
17.	Джонсон, Г. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств / Г. Джонсон, М. Грэхем. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. — 624 с.
18.	Фомин Д.В. Основы компьютерной электроники [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов вузов / Д.В. Фомин. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2017. — 107 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/57257.html
19.	Суханова Н.В. Основы электроники и цифровой схемотехники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Суханова. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 96 с. — 978-5-00032-226-0. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/70815.html
20.	Новиков Ю.В. Введение в цифровую схемотехнику [Электронный ресурс] / Ю.В. Новиков. — Электрон. текстовые данные. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 392 с. — 5-94774-600-X. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/52187.html
21.	Микушин А.В. Цифровая схемотехника [Электронный ресурс] : монография / А.В. Микушин, В.И. Сединин. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 319 с. — 978-5-91434-036-7. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/69569.html

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
22.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
23.	http://www.moodle.vsu.ru
24.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека
25.	https://lanbook.com – ЭБС «Лань»
26.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
27.	www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
28.	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Курганский, С.И. Разработка проектов в среде САПР QUARTUS II. Часть 1. Основные этапы проектирования: учебно-методическое пособие / С.И. Курганский, О.И. Дубровский, Е.Р. Лихачев, М.Д. Манякин // Воронежский государственный университет. - Воронеж. - 2016. - 34 с. – URL : http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf
2.	Основы цифровой электроники : учебное пособие для вузов : [для студ. 5-6 к. очной и очно-заоч. форм обучения физ. фак. направления 010800 - Радиофизика, специальности 010801 - Радиофизика и электроника]. Ч. 2. / А.М. Бобрешов, А.Г. Кошелев ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012. — 38 с. : ил., табл. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-169.pdf >
3.	Цифровая электроника : практическое руководство : [для студ. физ. фак. нерадиофиз. профиля и студ. фак. компьютер. наук специальностей: 010400 - Физика, 071900 - Информационные системы и технологии] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: В.И. Захаров, Ю.П. Сбитнев. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. — 50 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

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.).

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория компьютерных технологий, САПР и математического моделирования кафедры физики твердого тела и наноструктур: компьютеры Pentium Intel Core i7 - 6 шт., компьютеры AMD Ryzen 5 3500/GIGABYTE B450M - 6 шт., компьютеры Pentium Intel Core Duo - 3 шт., с лицензионным программным обеспечением:
Microsoft Windows 10 (договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019);
Microsoft Windows 7 (договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019);
САПР Quartus II (version 9.1 лицензия Build 304 01/25/2010 WebEdition);
САПР Cadence (договор 3010-15/763-21 от 22.12.2021);
Wien2k (лицензия W2k-3039 от 18.09.2018);
Quantum Espresso (GNU General Public License (GPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <http://www.quantum-espresso.org/download>);
Gaussian 09 (лицензия Rev D.01 S/N FA7355682010);
Lazarus (GNU Lesser General Public License (LGPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://www.lazarus-ide.org/index.php>);
Free Pascal (GNU General Public License (GPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://www.freepascal.org/faq.html>);
LibreOffice (GNU Lesser General Public License (LGPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://ru.libreoffice.org/about-us/license/>);
Программные пакеты собственной разработки (свидетельства о гос. рег. программ для ЭВМ № 2011614890 от 22.06.2011; № 2011615201 от 01.07.2011).

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

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 (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Маршруты и этапы проектирования больших и сверхбольших интегральных схем.	ПК-1	ПК-1.3	Опрос
2.	Системы	ПК-1	ПК-1.3	Лаб. работа 1

	автоматизированного проектирования больших интегральных схем.			
3.	Языки описания и проектирования аппаратуры высокого уровня	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Лаб. работа 2
4.	Проектирование конечных автоматов.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Лаб. работа 3 – 6
		ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2 ПК-6.3	
5.	Функционально-логическое и схемотехническое проектирование функциональных блоков последовательностного типа.	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Лаб. работы 7, 8
		ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2 ПК-6.3	
6.	Проектирование топологии больших и сверхбольших интегральных схем.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2 ПК-6.3	Лаб. работа 9
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов

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.

Перечень тем лабораторных работ

- Лабораторная работа 1. Изучение состава, интерфейса и освоение программных средств ввода проекта и визуализации результатов проектирования и моделирования в среде САПР
Лабораторная работа 2. Разработка структуры проекта на языке VHDL
Лабораторная работа 3. Разработка проекта синхронизируемого передним фронтом D триггера
Лабораторная работа 4. Моделирование синхронизируемого передним фронтом D триггера
Лабораторная работа 5. Разработка проекта синхронизируемого передним фронтом JK триггера
Лабораторная работа 6. Моделирование синхронизируемого передним фронтом JK триггера
Лабораторная работа 7. Разработка проекта параллельного регистра
Лабораторная работа 8. Разработка проекта последовательного регистра
Лабораторная работа 9. Разработка проекта топологии функционального блока

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *зачтено/незачтено*.

Критерии предварительной оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- «*зачтено*» выставляется при полном соответствии работы обучающегося всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углублённому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объёме. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ОПОП;
- «*незачтено*» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при

выполнении заданий, предусмотренных рабочей программой дисциплины «Проектирование интегральных схем».

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 лабораторных работ и индивидуальных заданий	Повышенный, базовый, пороговый уровни	<i>Зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении лабораторных работ и индивидуальных заданий	–	<i>Незачтено</i>

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса по вопросам к зачёту с учетом предварительной.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к зачету

1. Виды и способы проектирования больших и сверхбольших интегральных схем. Автоматизация проектирования. Автоматизированные интегрированные среды проектирования.
2. Этапы проектирования и возможности их автоматизации. Вопросы эффективности автоматизированного проектирования.
3. Блочный-иерархический подход к проектированию сложных систем. Восходящее и нисходящее проектирование. Схема процесса проектирования на конкретном иерархическом уровне.
4. Возможности современных систем автоматизированного проектирования. Общие сведения о САПР. Структура и принципы построения САПР. Подсистемы САПР.
5. Техническое, математическое, программное, лингвистическое, информационное, организационное, методическое обеспечение САПР.
6. Принципы проектирования базовых логических элементов.
7. САПР Cadence.
8. САПР Quartus II.
9. САПР TCAD.
10. САПР ф. Mentor Graphics.
11. Создание проекта на языке VHDL. Основные правила описания входного языка. Структура проекта.
12. Описание интерфейса объекта проекта (entity).
13. Описание архитектуры объекта проекта (architecture).
14. Оператор процесса (process).
15. Переменные и сигналы.
16. Лексические элементы VHDL. Скалярные типы данных. Составные типы данных.
17. Последовательные операторы.
18. Параллельные операторы.
19. Подпрограммы.
20. Библиотеки и пакеты.

21. Стили описания проектов.
22. Конечные автоматы.
23. Состояние автомата. Внутренние и внешние переменные.
24. Автомат Милли.
25. Автомат Мура.
26. Способы описания конечных автоматов.
27. Синтез конечных автоматов на основе характеристических уравнений триггеров.
28. Синтез конечных автоматов методом словарных преобразований.
29. Регистровые устройства.
30. Параллельные регистры.
31. Последовательные регистры.
32. Счетчики.
33. Последовательные счетчики.
34. Параллельные счетчики.
35. Генераторы кодов.
36. Генераторы на основе счетчиков.
37. Генераторы на основе сдвиговых регистров.
38. Переход к геометрической информации. СБИС типа вентильной матрицы.
39. СБИС на стандартных блоках.
40. Ограничения при проектировании топологии. Критерии качества топологии.
41. Задачи разделения и группирования. Алгоритмы разделения/группирования.
42. Задача размещения. Конструктивные и итерационные методы размещения.
43. Задача трассировки. Методы глобальной трассировки.
44. Методы индивидуальной трассировки.
45. Методы канальной трассировки.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

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

- предварительная оценка качества и своевременности выполнения лабораторных работ;
- предварительная оценка качества и своевременности выполнения индивидуальных проектов;
- полнота ответов на вопросы к зачету.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- «*зачтено*» выставляется при полном соответствии работы обучающегося не менее чем двум вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углублённому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объёме. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ОПОП;
- «*незачтено*» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных рабочей программой дисциплины «Проектирование интегральных схем».

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Проектирование интегральных схем» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *незачтено*.

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.

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ:

ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

ПК-1.3 Создает схемотехнические и символьные представления СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списки соединений на основе графических представлений электрических схем

Знать: способы создания схемотехнических и символьных представлений СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списков соединений на основе графических представлений электрических схем

Уметь: создавать схемотехнические и символьные представления СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списки соединений на основе графических представлений электрических схем

Владеть: навыками создания схемотехнических и символьных представлений СФ-блоков в системах автоматизированного проектирования, а также списков соединений на основе графических представлений электрических схем

ПК-2 Способен выполнять моделирование элементов интегральных схем и принимать решения об уточнении первичного схемотехнического описания на основе результатов анализа и верификации результатов моделирования

ПК-2.1 Применяет средства САПР для реализации основных методов схемотехнического моделирования

Знать: основные методы схемотехнического моделирования

Уметь: применять средств САПР для реализации основных методов схемотехнического моделирования

Владеть: навыками применения средств САПР для реализации основных методов схемотехнического моделирования

ПК-2.2 Анализирует результаты схемотехнического моделирования и формирует отчеты о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ -блоков

Знать: способы анализа результаты схемотехнического моделирования и формирования отчетов о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков

Уметь: анализировать результаты схемотехнического моделирования и формировать отчеты о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков

Владеть: навыками анализа результаты схемотехнического моделирования и формирования отчетов о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков

ПК-2.3 Разрабатывает на основании результатов схемотехнического моделирования предложения о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания

Знать: способы разработки на основании результатов схемотехнического моделирования предложений о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания

Уметь: разрабатывать на основании результатов схемотехнического моделирования предложения о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания

Владеть: навыками разработки на основании результатов схемотехнического моделирования предложений о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания

ПК-6 Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

ПК-6.1 Читает и интерпретирует проектно-конструкторскую документацию

Знать: способы чтения и интерпретации проектно-конструкторской документации

Уметь: читать и интерпретировать проектно-конструкторскую документацию

Владеть: навыками чтения и интерпретации проектно-конструкторской документации

ПК-6.2 Представляет результаты проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации

Знать: способы представления результатов проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации

Уметь: Представлять результаты проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации

Владеть: навыками представления результатов проектирования СФ-блоков в соответствии со стандартами оформления проектно-конструкторской документации

ПК-6.3 Осуществляет проверку результатов схмотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию

Знать: способы проверки результатов схмотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию

Уметь: осуществлять проверку результатов схмотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию

Владеть: навыками осуществления проверки результатов схмотехнического и топологического проектирования на соответствие техническому заданию

Перечень заданий для оценки сформированности компетенций

1. Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности)

1. Сколько транзисторов содержит стандартная схема активного логического элемента 3ИЛИ-НЕ (NOR3) в цифровой КМОП логике?
а) _1
б) _2
в) _4
г) _6
2. Сколько транзисторов содержит стандартная схема активного логического элемента 4ИЛИ-НЕ (NOR4) в цифровой КМОП логике?
а) _4
б) _8
в) _10
г) _14
3. Сколько транзисторов содержит стандартная схема активного логического элемента 2И (AND2) в цифровой КМОП логике?
а) _1
б) _2
в) _4
г) _6
4. Сколько транзисторов содержит стандартная схема активного логического элемента 3И (AND3) в цифровой КМОП логике?
а) _8
б) _10
в) _12
г) _14
5. Сколько транзисторов содержит стандартная схема активного логического элемента 4И (AND4) в цифровой КМОП логике?
а) _8
б) _10
в) _12
г) _14
д) _

2. Открытые задания (тестовые, средний уровень сложности)

1. Запишите логическую функцию, реализуемую логическим элементом, общепринятое символическое изображение которого приведено на рисунке. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.



Ответ: $f = \overline{x + y + z}$

2. Запишите логическую функцию, реализуемую логическим элементом, общепринятое символическое изображение которого приведено на рисунке. Используйте символ «+» для

обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.



Ответ: $f = x \cdot y \cdot z \cdot u$

3. Запишите логическую функцию, реализуемую логическим элементом, общепринятое символическое изображение которого приведено на рисунке. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.



Ответ: $f = \overline{x \cdot y \cdot z \cdot u}$

4. Запишите логическую функцию, реализуемую логическим элементом, общепринятое символическое изображение которого приведено на рисунке. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.



Ответ: $f = x + y + z + u$

5. Запишите логическую функцию, реализуемую логическим элементом, общепринятое символическое изображение которого приведено на рисунке. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.



Ответ: $f = \overline{x + y + z + u}$

3. Открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности)

1. Запишите логическую функцию $f(x, y, z)$, таблица истинности которой приведена ниже, в совершенной дизъюнктивной нормальной форме. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.

x	y	z	f
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0

1	1	1	1
---	---	---	---

Ответ: $f(x, y, z) = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot z$

2. Запишите логическую функцию $f(x, y, z)$, таблица истинности которой приведена ниже, в совершенной дизъюнктивной нормальной форме. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.

x	y	z	f
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Ответ: $f(x, y, z) = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z$

3. Запишите логическую функцию $f(x, y, z)$, таблица истинности которой приведена ниже, в совершенной дизъюнктивной нормальной форме. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.

x	y	z	f
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

Ответ: $f(x, y, z) = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z$

4. Запишите логическую функцию $f(x, y, z)$, таблица истинности которой приведена ниже, в совершенной дизъюнктивной нормальной форме. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.

x	y	z	f
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1

1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Ответ: $f(x, y, z) = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z$

5. Запишите логическую функцию $f(x, y, z)$, таблица истинности которой приведена ниже, в совершенной дизъюнктивной нормальной форме. Используйте символ «+» для обозначения операции логической суммы, символ «•» – для обозначения операции логического произведения и надчеркивание – для обозначения операции инвертирования.

x	y	z	f
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Ответ: $f = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot \bar{z}$

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный)

2) открытые задания (тестовые, средний уровень сложности).

- 2 балла – указан верный ответ,
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный)

3) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 3 балла – указан верный ответ,
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный)

При проведении тестирования используется следующая шкала оценки освоения компетенций (% от набранных баллов, в соответствии со шкалой оценивания, приведенной выше):

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
шифр и наименование направления/специальности

Дисциплина: Б1.В.11 Проектирование интегральных схем
код и наименование дисциплины

Профиль подготовки: Интегральная электроника и наноэлектроника
в соответствии с Учебным планом

Форма обучения: очная

Учебный год: 2023-2024

Ответственный исполнитель -

Зав.кафедрой ФТТиНС _____ (П.В. Середин) _____.20____
должность, подразделение *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

Профессор каф. ФТТиНС _____ (С.И. Курганский) _____.20____
должность, подразделение *подпись* *расшифровка подписи*

_____ *подпись* _____ *расшифровка подписи* _____.20____

СОГЛАСОВАНО:

Куратор ООП ВО _____ (Г.В. Быкадорова) _____.20____
направления 11.03.04 *подпись* *расшифровка подписи*

Зав.отделом _____ (Н.В. Белодедова) _____.20____
обслуживания ЗНБ *подпись* *расшифровка подписи*

Рекомендована НМС физического факультета, протокол № 5 от 25.05.23
(наименование факультета, структурного подразделения)