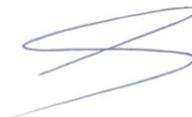


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

заведующий кафедрой  
физики твердого тела и наноструктур



(П.В.Середин)  
03.06.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.01.02 Микросхемотехника и наноэлектроника**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 03.03.02

*Физика*

2. Профиль подготовки/специализация:

*Физика медицинских, лазерных технологий и наноматериалов*

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 №5 от 30.05.2025*

8. Учебный год: 2027–2028

Семестр: 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

изучение и освоение теории и методов проектирования базовых логических элементов и функциональных блоков цифровых схем, формирование и закрепление у обучающихся знаний, умений, навыков и компетенций в области функционального и схемотехнического проектирования электронных схем с использованием современных программных средств проектирования электронной компонентной базы.

*Задачи учебной дисциплины:*

- ознакомление обучающихся с базовых понятиями и методами математической основы дисциплины – булевой алгебры;
- овладение методами функционального и схемотехнического проектирования базовых логических элементов цифровых схем;
- овладение методами функционального и схемотехнического проектирования основных типовых цифровых блоков цифровых схем;
- освоение современных программных средств проектирования электронной компонентной базы;
- изучение элементной базы цифровых устройств, основных параметров базовых логических элементов, вспомогательных элементов цифровых устройств.

**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-2	Способен модернизировать существующие и внедрять новые процессы модификации наноматериалов и наноструктур	ПК-2.2	Применяет углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур	Знать: структуры, физико-химические свойства, конструкции и назначение наноматериалов и наноструктур
				Уметь: применять углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур
				Владеть: навыками применения углубленных знаний о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4 / 144.**

**Форма промежуточной аттестации Зачет с оценкой**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		6 семестр
Аудиторные занятия	56	56
в том числе:	лекции	28
	практические	
	лабораторные	28
	групповые консультации	
Самостоятельная работа	88	88
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой		
Итого:	144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Способы представления информации.	Аналоговые и цифровые величины. Двоичное (бинарное) представление. Представление чисел с фиксированной запятой. Представление чисел с плавающей запятой. Представление отрицательных чисел. Арифметические операции с двоичными числами. Другие способы кодирования чисел.
1.2	Булева алгебра и логические функции.	Булева алгебра. Алгебра переключений. Основные теоремы булевой алгебры. Логические функции. Канонические формы логической функции. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма. Совершенная конъюнктивная нормальная форма.
1.3	Преобразования логических функций.	Логические элементы. Полные и минимальные наборы логических функций и элементов. Минимизация логических функций. Карты Карно. Минимизация логических функций с помощью карт Карно. Приведение к базису ИЛИ-НЕ. Приведение к базису И-НЕ.
1.4	Функциональные, статические, динамические, временные, частотные характеристики функциональных блоков.	Напряжение питания. Уровень логической единицы. Уровень логического нуля. Передаточная характеристика. Помехоустойчивость. Максимальная величина входного тока. Максимальная величина выходного тока. Коэффициент объединения по входу (fan-in). Коэффициент разветвления по выходу (fan-out). Потребляемая мощность в статическом режиме. Потребляемая мощность в режиме переключения. Быстродействие логического элемента. Задержка переключения выхода из состояния логической 1 в состояние логического 0. Задержка переключения выхода из состояния логического 0 в состояние логической 1. Энергия (работа) единичного переключения
1.5	Проектирование базовых логических элементов цифровых систем.	Принципы проектирования базовых логических элементов. Проектирование сложных логических элементов. Типы выходных каскадов цифровых элементов. Цифровая логика на проходных транзисторах. Дифференциальные логические элементы на проходных транзисторах. Схемы восстановления уровня. Цифровая логика на комплементарных ключах. Вспомогательные устройства цифровой логики.

1.6	Проектирование функциональных узлов комбинационного типа.	Методика проектирования функциональных узлов комбинационного типа. Мультиплексоры. Мультиплексоры на проходных транзисторах и комплементарных ключах. Универсальный логический модуль. Приоритетный мультиплексор. Демультимплексор. Демультимплексор на проходных транзисторах. Двоичный дешифратор. Двоичный шифратор.
<b>2. Лабораторные работы</b>		
2.1	Способы представления информации.	Лабораторная работа 1. Двоичное (бинарное) представление чисел. Представление чисел с фиксированной запятой. Представление чисел с плавающей запятой. Представление отрицательных чисел.
2.2	Булева алгебра и логические функции.	Лабораторная работа 2. Построение канонических форм логических функций
2.3	Преобразования логических функций.	Лабораторная работа 3. Минимизация логических функций с помощью карт Карно Лабораторная работа 4. Приведение логических функций к базису ИЛИ-НЕ. Приведение логических функций к базису И-НЕ
2.4	Функциональные, статические, динамические, временные, частотные характеристики функциональных блоков.	Лабораторная работа 5. Определение функциональных, статических, динамических и временных параметров логических элементов
2.5	Проектирование базовых логических элементов цифровых систем.	Лабораторная работа 6. Проектирование базовых логических элементов
2.6	Проектирование функциональных узлов комбинационного типа.	Лабораторная работа 7. Разработка проекта мультиплексора Лабораторная работа 8. Разработка проекта демультимплексора Лабораторная работа 9. Разработка проекта универсального логического модуля.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Групповые консультации	Самостоятельная работа	
1	Способы представления информации.	2		2		14	18
2	Булева алгебра и логические функции.	4		2		14	20
3	Преобразования логических функций.	4		4		14	22
4	Функциональные, статические, динамические, временные, частотные характеристики функциональных блоков.	2		4		14	20
5	Проектирование базовых логических элементов цифровых систем.	4		4		14	22

6	Проектирование функциональных узлов комбинационного типа.	12		12		18	42
	Итого:	28		28		88	144

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

Дисциплина «Микросхемотехника и нанoeлектроника» реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы; 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-магистров. 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 работы, 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 магистров. 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 лабораторной 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 дисциплины «Микросхемотехника и наноэлектроника» включает в себя: изучение теоретической части курса, подготовку к выполнению лабораторных работ, написание отчетов по лабораторным работам, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Микросхемотехника и наноэлектроника» включает в себя:

изучение теоретической части курса	– 22 часов
подготовку к лабораторным занятиям	– 22 часов
написание отчетов по лабораторным работам	– 22 часов
подготовку к зачету	– 22 часов
итого	– 88 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 : <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf</a>
2.	Солодов, В. С. Электроника и схемотехника : учебное пособие : в 2 частях / В. С. Солодов, А. А. Маслов, А. В. Кайченев. — Мурманск : МГТУ, 2017 — Часть 1 — 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-86185-937-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/142637">https://e.lanbook.com/book/142637</a>
3.	Солодов, В. С. Электроника и схемотехника : учебное пособие : в 2 частях / В. С. Солодов, А. А. Маслов, А. В. Кайченев. — Мурманск : МГТУ, 2017 — Часть 2 — 2017. — 224 с. — ISBN 978-5-86185-938-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/142638">https://e.lanbook.com/book/142638</a>
4.	Строгонов А.В. Реализация цифровых устройств в базе программируемых логических интегральных схем : учебное пособие / Строгонов А.В.. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 151 с. — ISBN 978-5-4497-0208-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/83658.html">http://www.iprbookshop.ru/83658.html</a>
5.	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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/57257.html">http://www.iprbookshop.ru/57257.html</a>
6.	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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/69569.html">http://www.iprbookshop.ru/69569.html</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
7.	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.
8.	Угрюмов Е. Цифровая схемотехника / Е. Угрюмов. – СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 520 с.
9.	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: <a href="http://www.iprbookshop.ru/52187.html">http://www.iprbookshop.ru/52187.html</a>
10.	Ланге П.К. Современная микросхемотехника : лабораторный практикум / Ланге П.К.. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 176 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/91798.html">http://www.iprbookshop.ru/91798.html</a>
11.	Суханова, Н. В. Основы электроники и цифровой схемотехники : учебное пособие / Н. В. Суханова. — Воронеж : ВГУИТ, 2017. — 95 с. — ISBN 978-5-00032-226-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/106780">https://e.lanbook.com/book/106780</a>
12.	Борисов А.В. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», профиль – «Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств» / Борисов А.В., Шауэрман А.А.. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2019. — 142 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/102147.html">http://www.iprbookshop.ru/102147.html</a>
13.	Абдулаев Ш.-С.О. Система автоматизированного проектирования приборов микроэлектроники (САПР микроэлектроники) / Ш.-С.О. Абдулаев.— Махачкала : Наука ДНЦ, 2011 .— 228 с. (1)
14.	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. (1)
15.	Муромцев, Д. Ю. Математическое обеспечение САПР : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. — 2-е изд. перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1573-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168620">https://e.lanbook.com/book/168620</a>
16.	Воронов Ю.А. Моделирование технологии и параметров кремниевых наноразмерных транзисторных структур / Ю.А. Воронов ; Касков С. Ю. ; Мочалкина О. Р. — Москва : МИФИ, 2012 .— 80 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=231695">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=231695</a>
17.	Кондрашин А.А. Современные технологии изготовления трехмерных электронных устройств / Кондрашин А.А., Лямин А.Н., Слепцов В.В.. — Москва : Техносфера, 2019. — 210 с. — ISBN 978-5-94836-504-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/99116.html">http://www.iprbookshop.ru/99116.html</a>
18.	Пуховский В.Н. Схемотехника высокопроизводительных вычислительных систем : учебное пособие / Пуховский В.Н., Пьявченко А.О., Черный С.А.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. — 229 с. — ISBN 978-5-9275-3432-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/100203.html">http://www.iprbookshop.ru/100203.html</a>
19.	Малюков С.П. Схемотехническое проектирование электронных средств : учебное пособие / Малюков С.П., Саенко А.В., Палий А.В.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. — 92 с. — ISBN 978-5-9275-3380-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/100217.html">http://www.iprbookshop.ru/100217.html</a>
20.	Иванов В.Н. Применение компьютерных технологий при проектировании электрических схем / Иванов В.Н.. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2019. — 226 с. — ISBN 978-5-91359-229-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <a href="http://www.iprbookshop.ru/90348.html">http://www.iprbookshop.ru/90348.html</a>

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

№ п/п	Ресурс
-------	--------

21.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – Зональная научная библиотека ВГУ
22.	<a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>
23.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
24.	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
25.	<a href="http://www.iprbookshop.ru">www.iprbookshop.ru</a> – ЭБС «IPRbooks»
26.	<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> – Научная электронная библиотека

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
27.	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 : <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-265.pdf</a>
28.	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: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-169.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m12-169.pdf</a> >
29.	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 работы, групповые консультации, 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:

Лабораторные работы выполняются в лаборатории компьютерных технологий, САПР и математического моделирования кафедры физики твердого тела и наноструктур: компьютеры AMD Ryzen 5 3500/GIGABYTE B450M - 7 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);

Quartus II (version 9.1 лицензия Build 304 01/25/2010 WebEdition);

LibreOffice (GNU Lesser General Public License (LGPL), бесплатное и/или свободное ПО, лицензия: <https://ru.libreoffice.org/about-us/license/>);

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.	Способы представления информации.	ПК-2	ПК-2.2	Лабораторная работа 1
2.	Булева алгебра и логические функции.	ПК-2	ПК-2.2	Лабораторная работа 2
3.	Преобразования логических функций.	ПК-2	ПК-2.2	Лабораторные работы 3, 4
4.	Функциональные, статические, динамические, временные, частотные характеристики функциональных блоков.	ПК-2	ПК-2.2	Лабораторная работа 5
5.	Проектирование базовых логических элементов цифровых систем.	ПК-2	ПК-2.2	Лабораторная работа 6
6.	Проектирование функциональных узлов комбинационного типа.	ПК-2	ПК-2.2	Лабораторные работы 7– 9
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой				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. Двоичное (бинарное) представление чисел. Представление чисел с фиксированной запятой. Представление чисел с плавающей запятой. Представление отрицательных чисел.

Лабораторная работа 2. Построение канонических форм логических функций

Лабораторная работа 3. Минимизация логических функций с помощью карт Карно

Лабораторная работа 4. Приведение логических функций к базису ИЛИ-НЕ. Приведение логических функций к базису И-НЕ

Лабораторная работа 5. Определение функциональных, статических, динамических и временных параметров логических элементов

Лабораторная работа 6. Проектирование базовых логических элементов

Лабораторная работа 7. Разработка проекта мультиплексора

Лабораторная работа 8. Разработка проекта демультиплексора

Лабораторная работа 9. Разработка проекта универсального логического модуля.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения лабораторных работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*.

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	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении лабораторных работ	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять лабораторные работы	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении лабораторных работ	–	<i>Неудовлетворительно</i>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету

1. Аналоговые и цифровые величины.
2. Двоичное (бинарное) представление.
3. Представление чисел с фиксированной запятой. Представление чисел с плавающей запятой.
4. Представление отрицательных чисел.
5. Арифметические операции с двоичными числами.
6. Другие способы кодирования чисел.
7. Булева алгебра. Алгебра переключений.
8. Основные теоремы булевой алгебры.
9. Логические функции.
10. Канонические формы логической функции. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма.
11. Совершенная конъюнктивная нормальная форма.
12. Логические элементы. Полные и минимальные наборы логических функций и элементов.
13. Минимизация логических функций.
14. Карты Карно. Минимизация логических функций с помощью карт Карно.
15. Приведение к базису ИЛИ-НЕ. Приведение к базису И-НЕ.
16. Статические и динамические параметры логических элементов. Напряжение питания. Уровень логической единицы. Уровень логического нуля.
17. Передаточная характеристика.
18. Помехоустойчивость.
19. Максимальная величина входного тока. Максимальная величина выходного тока.
20. Коэффициент объединения по входу (fan-in). Коэффициент разветвления по выходу (fan-out).

21. Потребляемая мощность в статическом режиме. Потребляемая мощность в режиме переключения.
22. Быстродействие логического элемента. Задержка переключения выхода из состояния логической 1 в состояние логического 0. Задержка переключения выхода из состояния логического 0 в состояние логической 1.
23. Энергия (работа) единичного переключения
24. Принципы проектирования базовых логических элементов.
25. Проектирование сложных логических элементов.
26. Типы выходных каскадов цифровых элементов.
27. Цифровая логика на проходных транзисторах. Дифференциальные логические элементы на проходных транзисторах.
28. Схемы восстановления уровня.
29. Цифровая логика на комплементарных ключах.
30. Вспомогательные устройства цифровой логики.
31. Методика проектирования функциональных узлов комбинационного типа.
32. Мультиплексоры.
33. Мультиплексоры на проходных транзисторах и комплементарных ключах. Универсальный логический модуль.
34. Приоритетный мультиплексор.
35. Демультимплексор.
36. Демультимплексор на проходных транзисторах.
37. Преобразователи кодов.
38. Двоичный дешифратор.
39. Двоичный шифратор.
40. Универсальный логический модуль.

### **Описание технологии проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет с оценкой. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Микросхемотехника и наноэлектроника» 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 «Микросхемотехника и наноэлектроника»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций:

компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Микросхемотехника и наноэлектроника» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *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.

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

ПК-2: Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники

Индикатор: ПК-2.2

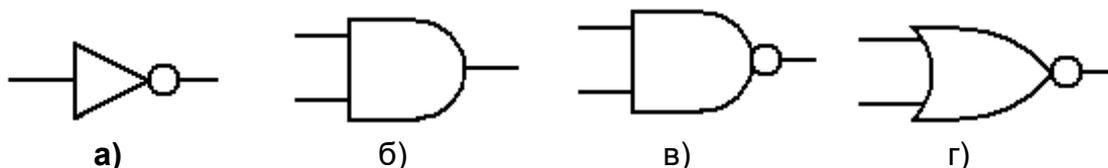
#### Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

##### 1) Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = \bar{x}$$

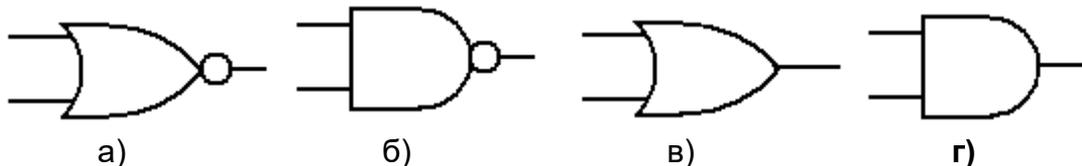
(надчеркивание обозначает операцию логического инвертирования).



2. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = x \cdot y$$

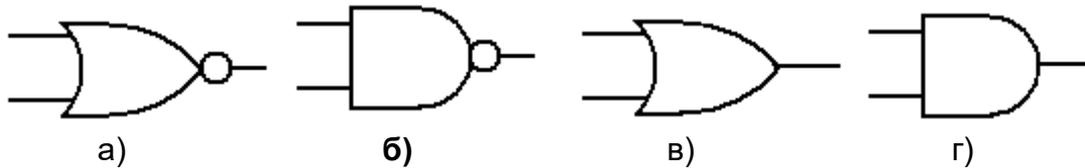
(символ «•» обозначает операцию логического произведения).



3. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = \overline{x \cdot y}$$

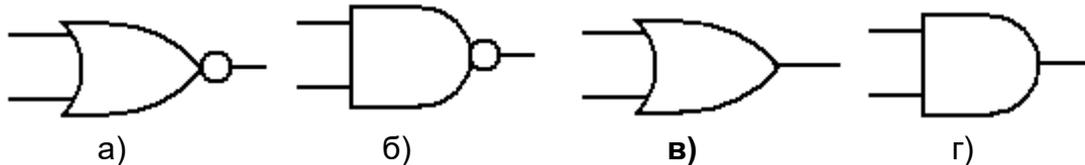
(символ «•» обозначает операцию логического произведения, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



4. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = x + y$$

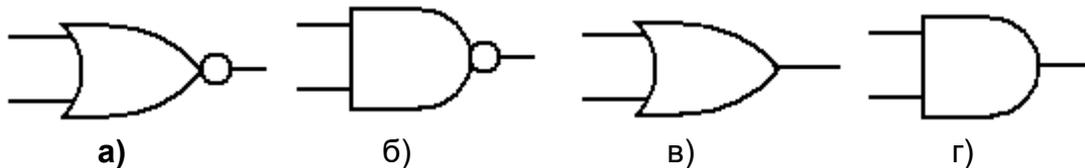
(символ «+» обозначает операцию логического суммирования).



5. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = \overline{x + y}$$

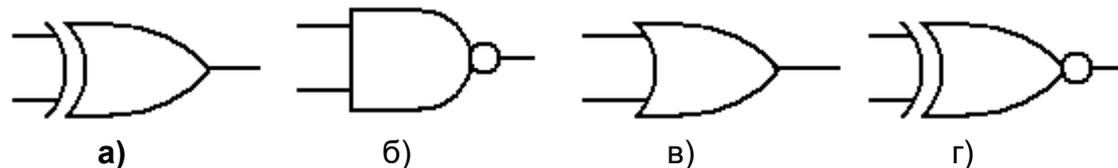
(символ «+» обозначает операцию логического суммирования, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



6. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = x \cdot \bar{y} + \bar{x} \cdot y$$

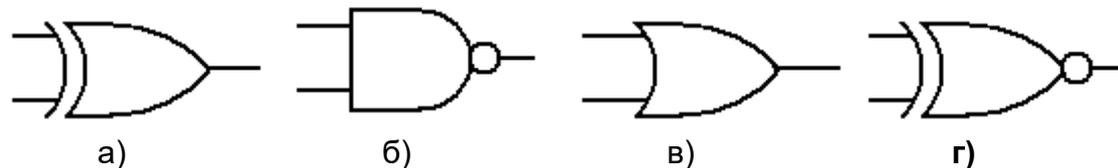
(символ «+» обозначает операцию логического суммирования, символ «•» – операцию логического произведения, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



7. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = x \cdot y + \bar{x} \cdot \bar{y}$$

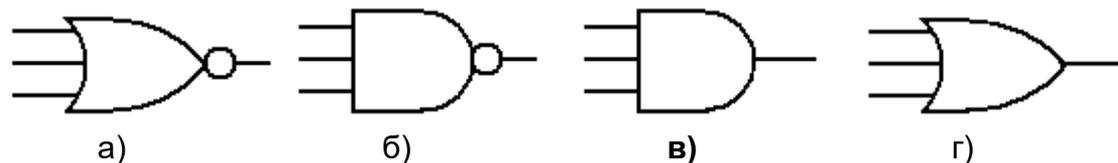
(символ «+» обозначает операцию логического суммирования, символ «•» – операцию логического произведения, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



8. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = x \cdot y \cdot z$$

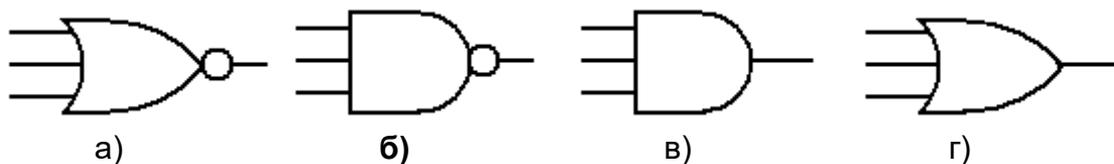
(символ «•» обозначает операцию логического произведения).



9. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = \overline{x \cdot y \cdot z}$$

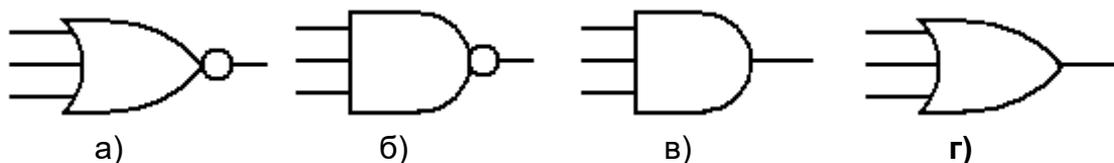
(символ « $\cdot$ » обозначает операцию логического произведения, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



10. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = x + y + z$$

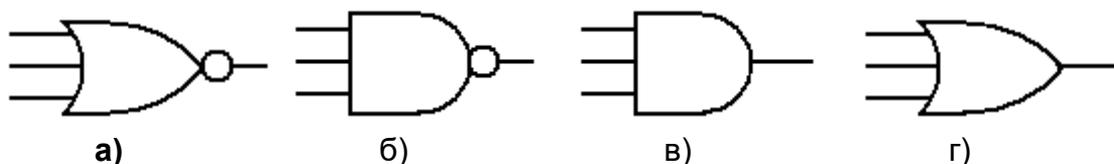
(символ «+» обозначает операцию логического суммирования).



11. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = \overline{x + y + z}$$

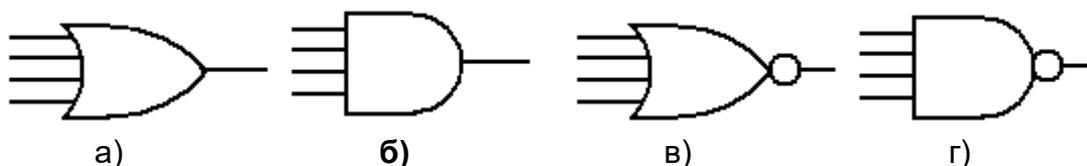
(символ «+» обозначает операцию логического суммирования, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



12. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

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

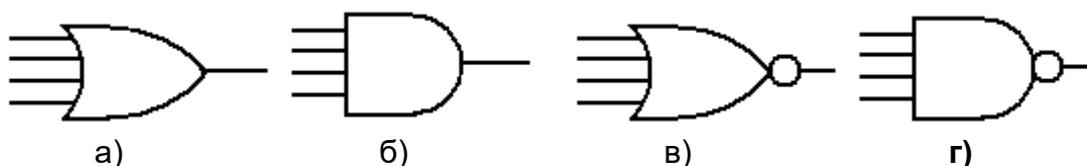
(символ « $\cdot$ » обозначает операцию логического произведения).



13. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

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

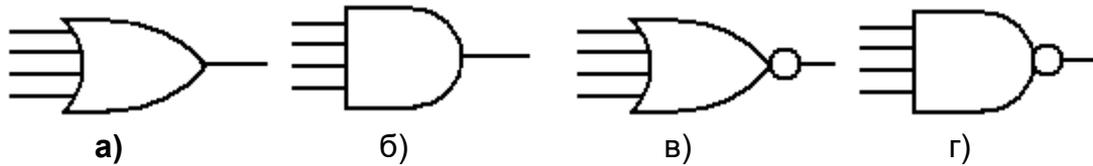
(символ « $\cdot$ » обозначает операцию логического произведения, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



14. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = x + y + z + u$$

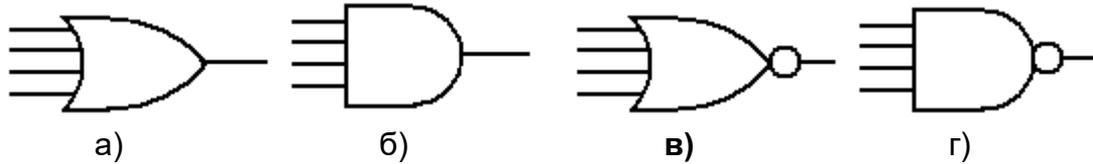
(символ «+» обозначает операцию логического суммирования).



15. Укажите символьное представление логического элемента, реализующего логическую функцию

$$f = \overline{x + y + z + u}$$

(символ «+» обозначает операцию логического суммирования, надчеркивание – операцию логического инвертирования).



2) Открытые задания (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:  $f = \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot \bar{z} + \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot z + \bar{x} \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z}$

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

7. 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	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

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

8. 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	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

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

9. 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	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

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

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

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

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

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

14. 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	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

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

15. 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	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

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

### 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 (повышенный уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или в случае, если задание состоит из нескольких подзаданий, верно выполнено 50% таких подзаданий;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (получен неправильный ответ, ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки).

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