

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



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники

Е.Н. Бормонтов
(Е.Н. Бормонтов)

31.08.2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.07 Современные цифровые архитектуры

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: **03.03.03**

Радиофизика

2. Профиль подготовки: Радиофизика и электроника

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: _____

физики полупроводников и микроэлектроники

6. Составители программы: Богатилов Евгений Васильевич

кандидат физико-математических наук

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 24.06.2021

8. Учебный год: **2022-2023** Семестр: **4**

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование комплекса знаний, направленных на выбор оптимальных конструктивных решений при проектировании цифровых систем;
- формирование комплекса умений, направленных на проектирование законченных устройств цифровой электроники.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основ булевой алгебры и принципов их применения при проектировании устройств цифровой электроники;
- изучение базовых элементов комбинационной и последовательной логики, а также цифровых функциональных узлов;
- знакомство с понятиями микроархитектуры и архитектуры, изучение базовых современных архитектур микропроцессоров, микроконтроллеров, программируемых логических интегральных схем;
- изучение основ проектирования цифровых систем с помощью языков описания аппаратуры;
- формирование умений разработки и тестирования цифровых устройств на базе программируемых логических интегральных схем с использованием специализированного программного обеспечения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Для ее усвоения требуются знания, формируемые при освоении дисциплин «Информатика и основы информационной безопасности», «Алгоритмы и языки программирования», «Встраиваемые системы».

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

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-4	Способен принимать участие в разработке и исследованиях, а также эксплуатировать радиоэлектронные приборы и системы различного назначения	ПК-4.1	Владеет фундаментальными знаниями физических основ и принципов функционирования радиоэлектронных приборов и систем	Знать: - схемотехническую реализацию логических элементов в различных технологических базисах.
		ПК-4.7	Проводит анализ известных готовых технических решений цифровых электронных блоков, формирует набор их возможных реализаций и производит их обоснованный выбор	Знать: - базовые архитектуры и микроархитектуры современных микропроцессоров; - базовую структуру и семейства ПЛИС; Уметь: - выбирать архитектуру и микроархитектуру микропроцессора, соответствующую решаемой задаче.

		ПК-4.8	Владеет базовыми знаниями в области цифровой электроники	Знать: - основы булевой алгебры; Уметь: - упрощать логические функции с помощью карт Карно; Владеть: - навыками построения логических элементов по таблицам истинности.
		ПК-4.9	Производит оценку и анализ характеристик цифрового электронного блока	Знать: - основные временные характеристики элементов комбинационной и последовательностной логики; Уметь: - оценивать основные временные характеристики логических элементов по результатам схемотехнического моделирования.
		ПК-4.10	Производит моделирование отдельных цифровых блоков, анализирует его результаты	Владеть: - навыками функционального и схемотехнического моделирования цифровых схем.
		ПК-4.11	Синтезирует цифровые блоки с помощью специализированного программного обеспечения	Знать: - основы синтаксиса языков проектирования аппаратуры; - понятие синтезальности HDL-описания; Владеть: - навыками разработки синтезальных HDL-описаний базовых блоков цифровых ИС.
		ПК-4.13	Понимает принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования	Владеть: - навыками использования контрольно-измерительного оборудования для оценки параметров цифровых устройств; - навыками разработки цифровых устройств на базе ПЛИС.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 2 / 72.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость (часы)	
		Всего	По семестрам 4 сем.
Аудиторные занятия,		50	50
в том числе:	лекции	34	34
	лабораторные	16	16
Самостоятельная работа		22	22
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
Лекции			
1.1	Булева алгебра и логические функции	Дизъюнктивная и конъюнктивная форма представления логических функций. Аксиомы булевой алгебры. Теоремы одной переменной: идентичность, нулевой элемент, идемпотентность, инволюция, дополненность. Теоремы нескольких переменных: коммутативность, ассоциативность, дистрибутивность, поглощение, склеивание, согласованность, теорема де Моргана. Упрощение логических функций с помощью карт Карно.	-
1.2	Базовые блоки комбинационной и последовательностной логики	Элементный базис цифровых схем. Построение логических элементов по таблице истинности. Минимизация аппаратных затрат при реализации логических функций. Правила перемещения инверсии. X и Z-состояния в реальных цифровых схемах. Временные характеристики логических элементов. Базовые комбинационные блоки: мультиплексоры, дешифраторы, арифметические сумматоры. Элементы последовательностной логики: защелки и триггеры, регистры. Синхронные и асинхронные схемы. Понятие динамической дисциплины. Конечные автоматы Мура и конечные автоматы Мили.	-
1.3	Архитектура и микроархитектура процессоров	Понятие архитектуры микропроцессора. Архитектуры набора команд RISC и CISC. Конвейеризация. Сжатый набор инструкций в архитектурах RISC. Микрооперации в архитектурах CISC. Краткий обзор архитектур: RISC-V, ARM, x86, MIPS. Инструкции и операнды. Организация памяти. Режимы адресации. Порядок выполнения инструкций. Вызовы функций. Стек. Понятие микроархитектуры как способа реализации архитектуры. Однотактная, многотактная и конвейерная микроархитектуры. Тракт данных, и устройство управления. Анализ производительности микроархитектуры.	-
1.4	Программируемые логические интегральные схемы	Области применения и классификация ПЛИС. Современные семейства ПЛИС. Общая структура ПЛИС. Структура логических элементов ПЛИС. Таблицы преобразований (LUT). Периферийные устройства ПЛИС. Конфигурирование ПЛИС.	-
1.5	Языки проектирования аппаратуры	Задачи моделирования и синтеза цифровых схем. Понятие последовательных и параллельных операторов в языках проектирования аппаратуры. Механизм воспроизведения модельного времени. Задержки сигналов. Поведенческое и структурное HDL-описание. Функциональная верификация HDL-описаний. Понятие синтезруемости HDL-	-

		описания. HDL-описание базовых логических элементов.	
1.6	Основы проектирования систем на базе ПЛИС	Системы автоматизированного проектирования устройств на базе ПЛИС. Реализация базовых блоков устройств на базе ПЛИС: таймер, регистр сдвига, подавление дребезга контактов, интерфейс передачи данных, блоки памяти. Реализация тест-бенча.	-
Лабораторные занятия			
2.1	Булева алгебра и логические функции	Лабораторная работа № 1. Оптимизация логических функций с помощью карт Карно.	-
2.2	Базовые блоки комбинационной и последовательностной логики	Лабораторная работа № 2. Моделирование цифровых блоков в среде Intel Quartus Prime.	-
2.3	Архитектура и микроархитектура процессоров	Лабораторная работа № 3. Представление инструкций микропроцессора в машинном коде	-
2.4	Программируемые логические интегральные схемы	Лабораторная работа № 4. Построение функций с использованием логических элементов ПЛИС	-
2.5	Языки проектирования аппаратуры	Лабораторная работа № 5. Разработка и моделирование HDL-описаний базовых цифровых блоков	-
2.6	Основы проектирования систем на базе ПЛИС	Лабораторная работа № 6. Цифровой синтез и конфигурирование ПЛИС на примере управления работой семисегментного индикатора.	-

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Булева алгебра и логические функции	6	2	2	10
2	Базовые блоки комбинационной и последовательностной логики	8	2	4	14
3	Архитектура и микроархитектура процессоров	8	2	4	14
4	Программируемые логические интегральные схемы	4	2	4	10
5	Языки проектирования аппаратуры	6	2	4	12
6	Основы проектирования систем на базе ПЛИС	2	6	4	12
	Итого:	34	16	22	72
	Итого по курсу				72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

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

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий

надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет углубить понимание как нового, так и уже изученного материала благодаря установлению взаимосвязей между отдельными частями курса.

Хорошо овладеть содержанием лекции – это:

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

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции 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.

Важной составляющей курса являются лабораторные работы, которые позволяют приобрести навыки работы с реальными цифровыми устройствами. Выполнение лабораторной работы требует тщательной предварительной подготовки. Необходимо заранее ознакомиться с теоретическим введением к предстоящей лабораторной работе для того, чтобы выполнение работы в аудитории было полностью осмысленным. Также необходимо помнить, что составление отчета о выполнении лабораторной работы является не только ключевым этапом в систематизации и осознании полученных данных, но и необходимым умением в будущей профессиональной деятельности, предполагающей регулярное составление подобных отчетов.

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

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

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

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

Получение образования предполагает не только обучение решению задач определенной сферы деятельности, но и формирование особого профессионального стиля мышления. Профессиональный стиль мышления означает готовность к поиску

решения любой задачи в ходе практической деятельности, даже такой, которая не была затрону-та в ходе обучения.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

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

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

Рекомендуемое распределение нагрузки между компонентами самостоятельной работы:

изучение теоретической части курса	- 10 часов
подготовка к лабораторным занятиям	- 12 часов
итого - 22 часа	

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Харрис Д. М. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера : пер. с англ. / Д. М. Харрис, С. Л. Харрис. – 2-е изд., испр. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 791 с.
2	Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника : [учебное пособие для студ. вузов] / Е.П. Угрюмов. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 797 с.
3	Романов А.Ю. Цифровой синтез: практический курс / Романов А.Ю., Панчул Ю.В. – Москва : ДМК-пресс, 2020. – 556 с. – Цифровой синтез: практический курс [Электронный ресурс] / под общ. ред. А.Ю. Романова, Ю.В. Панчула. – М. : ДМК Пресс, 2020. – <URL:https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970608500.html>.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Основы цифровой схемотехники: учебное пособие : Ч. 1. Основы булевой алгебры. Цифровые структуры К-типа / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: В.И. Ключин, Ю.К. Николаенков, Е.Н. Бормонтов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. – 52 с. <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-111.pdf>.
5	Основы цифровой схемотехники : учебное пособие. Ч.2. Цифровые структуры П-типа. Микропроцессорные системы / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: В.И. Ключин, Ю.К. Николаенков, Е.Н. Бормонтов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. – 76 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
6	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
7	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
8	http://opencircuitdesign.com/qflow/ – Qflow 1.3 Digital Synthesis Flow Tutorial Page
9	https://marsohod.org – MAPCOXOD Open Source Hardware Project

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Язык Verilog и проектирование цифровых устройств на ПЛИС : учебно-методическое пособие / Е.В. Богатиков, А.Н. Шебанов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. – 60 с.
2	Логические и схемотехнические основы цифровых технологий : пособие для самостоятельной работы студентов / Воронеж. гос. ун-т; сост.: В.И. Ключкин, Е.В. Невежин, Ю.К. Николаенков. – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2006. – 87 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/sep06015.pdf >

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

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

Учебная лаборатория микропроцессорных систем: компьютеры Lenovo V520-15IKL – 8 шт., Microsoft Windows 10, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019, свободно распространяемое ПО Qflow.

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

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Булева алгебра и логические функции	ПК-4	ПК-4.8	Отчет по лабораторной работе №1
2	Базовые блоки комбинационной и последовательностной логики	ПК-4	ПК-4.1, ПК-4.9, ПК-4.10	Отчет по лабораторной работе №2
3	Архитектура и микроархитектура процессоров	ПК-4	ПК-4.7 ПК-4.8	Отчет по лабораторной работе №3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
4	Программируемые логические интегральные схемы	ПК-4	ПК-4.13	Отчет по лабораторной работе №4
5	Языки проектирования аппаратуры	ПК-4	ПК-4.11	Отчет по лабораторной работе №5
6	Основы проектирования систем на базе ПЛИС	ПК-4	ПК-4.7, ПК-4.13	Отчет по лабораторной работе №6
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Вопросы к зачету

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. Оптимизация логических функций с помощью карт Карно.
Лабораторная работа №2. Моделирование цифровых блоков в среде Intel Quartus Prime.
Лабораторная работа №3. Представление инструкций микропроцессора в машинном коде
Лабораторная работа №4. Построение функций с использованием логических элементов ПЛИС
Лабораторная работа №5. Разработка и моделирование HDL-описаний базовых цифровых блоков
Лабораторная работа №6. Цифровой синтез и конфигурирование ПЛИС на примере управления работой семисегментного индикатора.

Оценка освоения компетенций обучающимися во время прохождения спецкурса осуществляется по следующим критериям:

- уровень профессиональной подготовки;
- ответы на контрольные вопросы.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой научно-практической деятельности.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к зачету

1. Дизъюнктивная и конъюнктивная форма представления логических функций.
2. Аксиомы булевой алгебры.
3. Теоремы одной переменной: идентичность, нулевой элемент, идемпотентность, инволюция, дополнительность.
4. Теоремы нескольких переменных: коммутативность, ассоциативность, дистрибутивность.
5. Теоремы нескольких переменных: поглощение, склеивание, согласованность, теорема де Моргана.
6. Упрощение логических функций с помощью карт Карно.
7. Элементный базис цифровых схем.
8. Построение логических элементов по таблице истинности.
9. Минимизация аппаратных затрат при реализации логических функций.
10. Правила перемещения инверсии.
11. X и Z-состояния в реальных цифровых схемах.
12. Временные характеристики логических элементов.
13. Базовые комбинационные блоки: мультиплексоры, дешифраторы.
14. Базовые комбинационные блоки: арифметические сумматоры.
15. Элементы последовательностной логики: защелки и триггеры, регистры.
16. Синхронные и асинхронные схемы. Понятие динамической дисциплины.
17. Конечные автоматы Мура и конечные автоматы Мили.
18. Понятие архитектуры микропроцессора. Архитектуры набора команд RISC и CISC.
19. Конвейеризация в RISC и CISC архитектурах.
20. Краткий обзор архитектур: RISC-V, ARM, x86, MIPS.
21. Инструкции и операнды команд, представленные в машинных кодах.
22. Организация памяти микропроцессоров.
23. Режимы адресации операндов команд.
24. Вызовы функций и организация стека.
25. Однотактная, многотактная и конвейерная микроархитектуры.
26. Тракты данных в различных микроархитектурах.
27. Анализ производительности микроархитектуры.
28. Области применения и классификация ПЛИС. Современные семейства ПЛИС.
29. Структура логических элементов ПЛИС.
30. Таблицы преобразований (LUT).
31. Периферийные устройства ПЛИС.
32. Понятие последовательных и параллельных операторов в языках проектирования аппаратуры.
33. Механизм воспроизведения модельного времени в языках проектирования аппаратуры.
34. Поведенческое и структурное HDL-описание.
35. Функциональная верификация HDL-описаний.
36. HDL-описание базовых логических элементов.

На основании выполнения обучающимся программы курса и с учетом критериев оценки итогов освоения курса выставляется: «зачтено»/«не зачтено».

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

- оценка «зачтено» выставляется при полном соответствии работы обучающихся всем вышеуказанным показателям: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объеме. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ООП;

- оценка «не зачтено» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой курса.