

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.ДВ.01.03 Спецпрактикум по цифровому синтезу интегральных схем

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: Богатиков Евгений Васильевич

кандидат физико-математических наук,

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.2021

8. Учебный год: 2023-2024 Семестр: 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины: целями освоения учебной дисциплины являются:

- практическая реализация знаний в области цифровой электроники;
- применение знаний в области языков описания аппаратуры для разработки законченных устройств;
- формирование навыков полного цикла проектирования цифровых устройств.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение маршрута проектирования цифровых схем и основ работы со специализированным программным обеспечением;

- изучение способов реализации базовых цифровых функциональных узлов с помощью языков описания аппаратуры (HDL);
- изучение спецификации и способов реализации базовых интерфейсов передачи данных между цифровыми устройствами;
- формирование навыков верификации HDL-описаний цифровых схем;
- формирование навыков оптимизации цифровых устройств с учетом быстродействия, энергопотребления, используемой площади кристалла;
- формирование навыков конфигурирования программируемых логических интегральных схем.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, дисциплины по выбору. Для ее усвоения требуются знания, формируемые при освоении ОПОП в рамках курса Б.В.07 Современные цифровые архитектуры.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых действий ТД.4 «Подготовка предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов» трудовой функции А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований», трудовых действий ТД.2 «Проведение наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов» и ТД.4 «Составление отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов» трудовой функции А/02.5 «Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок» профессионального стандарта 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».

**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-2	Способен проводить отдельные виды исследований в рамках поставленных задач по стандартным методикам	ПК-2.2	Проводит лабораторный или компьютерный эксперимент в соответствии с установленными полномочиями, принимает участие в его планировании, составляет его описание и формулирует выводы	Уметь: - составлять план верификации цифровых устройств; - проводить функциональную верификацию цифровых устройств;
ПК-3	Способен обрабатывать, анализировать и оформлять результаты	ПК-3.3	Оформляет результаты лабораторного или компьютерного эксперимента в	Знать: - типы метрик верификации цифровых устройств; Уметь:

	исследований и разработок		соответствии с действующими требованиями	- вычислять уровень покрытия функциональной верификации цифрового устройства.
ПК-4	Способен принимать участие в разработке и исследованиях, а также эксплуатировать радиоэлектронные приборы и системы различного назначения	ПК-4.9	Производит оценку и анализ характеристик цифрового электронного блока	Уметь: - проводить статический временной анализ цифрового устройства.
		ПК-4.11	Синтезирует цифровые блоки с помощью специализированного программного обеспечения	Уметь: - проводить логический синтез цифровых устройств; - проводить синтез топологического представления цифровых устройств.
ПК-5	Способен разрабатывать и тестировать оригинальное программное обеспечение для решения задач в рамках профессиональной деятельности	ПК-5.1	Разрабатывает алгоритм функционирования компонентов программных продуктов, необходимых для решения профессиональных задач	Уметь: - разрабатывать архитектуру цифрового устройства.
		ПК-5.2	Создает программный код, используя современные среды разработки программных продуктов	Уметь: - разрабатывать RTL-описание цифровых устройств с помощью языков проектирования аппаратуры; - разрабатывать тестовые окружения цифровых устройств с помощью языков проектирования аппаратуры;
		ПК-5.3	Определяет и устраняет ошибки программного кода	Уметь: - проводить коррекцию временных характеристик цифрового устройства.

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

Форма промежуточной аттестации – зачет.

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы		Трудоемкость (часы)	
		Всего	По семестрам
			5 сем.
Аудиторные занятия,		50	50
в том числе:	лабораторные работы	50	50
Самостоятельная работа		58	58
Итого:		108	108

**13.1. Содержание дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>Лекции</b>		
1.1	Маршрут проектирования цифровых интегральных схем	-
1.2	Структурная схема микропроцессора	-
1.3	RTL-представление цифровых интегральных схем	-
1.4	Функциональная верификация RTL-описания цифровой интегральной схемы	-
1.5	Этап физического проектирования цифровой интегральной схемы	-
1.6	Реализация цифрового устройства на базе ПЛИС	-
<b>Лабораторные работы</b>		
2.1	Маршрут проектирования цифровых интегральных схем	Лабораторная работа №1. Изучение набора инструментов проектирования цифровых интегральных схем.
2.2	Структурная схема микропроцессора	Лабораторная работа №2. Разработка структурного описания микропроцессорного ядра. Лабораторная работа №3. Разработка системы команд микропроцессора.
2.3	RTL-представление цифровых интегральных схем	Лабораторная работа №4. Проектирование тракта данных микропроцессора. Лабораторная работа №5. Проектирование устройства управления микропроцессора.
2.4	Функциональная верификация RTL-описания цифровой интегральной схемы	Лабораторная работа №6. Разработка тестового окружения для RTL-описания микропроцессора. Лабораторная работа №7. Разработка плана верификации и проведение функциональной верификации. Лабораторная работа №8. Анализ временных характеристик проекта.
2.5	Этап физического проектирования цифровой интегральной схемы	Лабораторная работа №9. Синтез физического топологического представления микропроцессора Лабораторная работа №10. Физическая верификация проекта.
2.6	Реализация цифрового устройства на базе ПЛИС	Лабораторная работа №11. Разработка элементов управления и индикации. Лабораторная работа №12. Конфигурирование ПЛИС и тестирование проекта.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Маршрут проектирования цифровых интегральных схем	-	4	6	10

2	Структурная схема микропроцессора	-	8	10	18
3	RTL-представление цифровых интегральных схем	-	10	12	22
4	Функциональная верификация RTL-описания цифровой интегральной схемы	-	12	14	26
5	Этап физического проектирования цифровой интегральной схемы	-	8	8	16
6	Реализация цифрового устройства на базе ПЛИС	-	8	8	16
	Итого:	-	50	58	108
	Итого по курсу				108

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

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

Метод преподавания – проблемный, форма обучения – групповая, форма общения – интерактивная. Обязательное посещение лабораторных занятий и текущих аттестаций.

Подготовка к лабораторным занятиям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лабораторных 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 вспомнится, когда требуется.

Следует помнить, что через лабораторное занятие постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью. Самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности. Она обеспечивает 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 студента 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 студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов 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 студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Результат обучения и самостоятельной работы студента 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 студента при изучении курса «Спецпрактикум по цифровому синтезу интегральных схем» включает в себя:

- изучение теоретических основ курса - 22 часа;
- подготовка отчетов о выполнении лабораторных работ - 36 часов;

Итого - 58 часов.

## 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] / 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.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Поляков А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры / А. К. Поляков. – М. : Солон-пресс, 2003. – 313 с.
5	Степаненко И. П. Основы микроэлектроники: учебное пособие для вузов / И.П. Степаненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 488 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
6	Open Circuit Design <URL: <a href="http://opencircuitdesign.com/">http://opencircuitdesign.com/</a> >
7	OpenLANE <URL: <a href="https://openlane-docs.readthedocs.io/en/rtd-develop/#&gt;">https://openlane-docs.readthedocs.io/en/rtd-develop/#&gt;</a> >
8	SkyWater SKY130 PDK <URL: <a href="https://skywater-pdk.readthedocs.io/en/main/&gt;">https://skywater-pdk.readthedocs.io/en/main/&gt;</a> >

**16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	Язык Verilog и проектирование цифровых устройств на ПЛИС: учебно-методическое пособие / сост.: Е. В. Богатиков, А. Н. Шебанов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. – 60 с.
2	Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем: учебно-методическое пособие. Ч. 1 / сост. : А.В. Тучин, Е.Н. Бормонтов, К.Г. Пономарев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. – 110 с.
3	Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем : учебно-методическое пособие. Ч. 2 / сост.: А. В. Тучин, А. Н. Шебанов, Е. Н. Бормонтов. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. – 37 с.

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:**

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лаборатория вычислительных систем и математического моделирования кафедры ФППиМЭ:

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.

**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	Маршрут проектирования цифровых интегральных схем	ПК-4	ПК-4.11	Лабораторная работа №1
2	Структурная схема микропроцессора	ПК-5	ПК-5.1	Лабораторные работы №2,3
3	RTL-представление цифровых интегральных схем	ПК-5 ПК-4	ПК-5.2 ПК-4.11	Лабораторные работы №4,5
4	Функциональная верификация RTL-описания цифровой интегральной схемы	ПК-2 ПК-3 ПК-5	ПК-2.2 ПК-3.3 ПК-5.3	Лабораторные работы №6-8
5	Этап физического проектирования цифровой интегральной схемы	ПК-4 ПК-5	ПК-4.9 ПК-5.2	Лабораторные работы №9,10
6	Реализация цифрового устройства на базе ПЛИС	ПК-4	ПК-4.9	Лабораторные работы №11,12

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Лабораторные работы №1-12

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью результатов выполнения лабораторных работ.

#### Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Изучение набора инструментов проектирования цифровых интегральных схем.

Лабораторная работа №2. Разработка структурного описания микропроцессорного ядра.

Лабораторная работа №3. Разработка системы команд микропроцессора.

Лабораторная работа №4. Проектирование тракта данных микропроцессора.

Лабораторная работа №5. Проектирование устройства управления микропроцессора.

Лабораторная работа №6. Разработка тестового окружения для RTL-описания микропроцессора.

Лабораторная работа №7. Разработка плана верификации и проведение функциональной верификации.

Лабораторная работа №8. Анализ временных характеристик проекта.

Лабораторная работа №9. Синтез физического топологического представления микропроцессора

Лабораторная работа №10. Физическая верификация проекта.

Лабораторная работа №11. Разработка элементов управления и индикации.

Лабораторная работа №12. Конфигурирование ПЛИС и тестирование проекта.

### 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине – *зачет*. Оценка за освоение дисциплины определяется ведущим дисциплину преподавателем как экспертом.

Для промежуточной аттестации используются результаты защиты отчетов о выполнении лабораторных работ.

На основании выполнения обучающимся программы спецкурса и с учетом критериев оценки итогов освоения спецкурса 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 спецкурса.