


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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы

/Аверина Л.И./  
31.01.2024г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.03.02 Управляющие процессоры и ПЛИС в системах телеком-**  
**муникации**

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

*03.04.03 Радиофизика*

**2. Профиль подготовки/специализация:**

*Системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы*

**3. Квалификация выпускника: магистр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *базовая кафедра системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы*

**6. Составители программы:**

*Артёмов М. Л., доктор технических наук, доцент*

**7. Рекомендована:**

*НМС физического факультета 30.08.2021, № протокола: 8*

**8. Учебный год: 2025/2026**

**Семестр(ы): 3**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели и задачи курса заключаются в освоения принципов работы микроконтроллеров и ПЛИС, а также управляющих устройств на их основе в системах телекоммуникаций. В данном курсе рассматриваются основы программирования на языке Си современных 32х разрядных микроконтроллеров и основы программирования на языке VHDL ПЛИС фирмы Xilinx. Рассматриваются интерфейсы UART, SPI, CAN, модули аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования и др. Рассматриваются типовые схемы построения устройств управления.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина является курсом по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений. Целью изучения принципов построения и современных методов проектирования, получение практических навыков в разработке цифровых устройств на базе управляющих процессоров и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) в системах РЭБ.

## 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-4 | Способен проводить исследования, направленные на решение исследовательских задач в рамках реализации научного (научно-технического, инновационного) проекта в области профессиональной деятельности | ПК-4.4 | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования | Знать: состояние, возможности, перспективы развития программных технологий проектирования цифровых устройств на базе управляющих процессоров и ПЛИС<br><br>Уметь: применять достижения программных технологий проектирования цифровых устройств на базе управляющих процессоров и ПЛИС<br><br>Владеть: навыками программирования при проектировании цифровых устройств на базе управляющих процессоров и ПЛИС |

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 2/72.

Форма промежуточной аттестации - *зачёт*.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы                              | Трудоемкость |              |    |     |
|---|--------------|--------------|----|-----|
|   | Всего        | По семестрам |    |     |
|   |              | 3            |    | ... |
| Аудиторные занятия                              | 24           | 24           |    |     |
| в том числе:                                    | лекции       | 12           | 12 |     |
|   | практические | 12           | 12 |     |
|   | лабораторные |              |    |     |
| Самостоятельная работа                          | 48           | 48           |    |     |
| в том числе: курсовая работа (проект)           |              |              |    |     |
| Форма промежуточной аттестации (экзамен – час.) |              |              |    |     |
| Итого:  | 72           | 72           |    |     |

### 13.1. Содержание дисциплины

| п/п                            | Наименование раздела дисциплины   | Содержание раздела дисциплины  |
|--------------------------------|---|--|
| <b>1. Лекции</b>               |   |  |
| 1.1                            | Архитектура микроконтроллеров   | Классификация микроконтроллеров и области их применения. Архитектуры микроконтроллеров. Тактовый генератор. Система прерываний. Таймеры. Память, виды памяти. Регистры микроконтроллеров.  |
| 1.2                            | Система ввода-вывода микроконтроллеров.   | Порты ввода вывода общего назначения. Интерфейс UART. Интерфейс SPI. Интерфейс CAN. Модуль цифро-аналогового преобразования. Модуль аналого-цифрового преобразования.  |
| 1.3                            | Средства разработки.  | Использование языка Си для программирования контроллеров. Компилятор и среда разработки. Технологическая цепочка программирования микроконтроллеров. Программаторы и средства отладки.   |
| 1.4                            | Построение устройств управления в системах РЭБ  | Разновидности графических модулей вывода информации. Разновидности модулей ввода информации. Основные разновидности периферийных микросхем используемых в системах управления РЭБ.   |
| 1.5                            | Операционные системы  | Операционные системы реального времени на примере FreeRTOS. UNIX-подобные операционные системы на примере petaLinux.   |
| 1.6                            | Архитектура современных ПЛИС  | История развития ПЛИС. Область применения. Архитектура ПЛИС. Ресурсы ПЛИС: логические элементы, блочная память, модули ЦОС. Порты ввода вывода. Стандарты питания.   |
| 1.7                            | Подходы к проектированию ПЛИС   | Языки программирования ПЛИС. Переход от программы к файлу конфигурации. Конвейеры и уровни логики. Синхронное и асинхронное проектирование. Подходы к выбору ПЛИС.   |
| <b>2. Практические занятия</b> |   |  |
| 2.1                            | Порты ввода-вывода общего назначения, система прерываний и таймеров микроконтроллера. | Реализация и отладка программного обеспечения для микроконтроллера на языке Си, выполняющего управление скоростью мигания светодиода, путем изменения настроек таймера, по факту срабатывания прерывания от кнопки, подключенной к порту ввода вывода общего назначения. |
| 2.2                            | Интерфейс UART микроконтроллера.  | Реализация и отладка программного обеспечения для микроконтроллера на языке Си, выполняющего взаимодействие с ПЭВМ по интерфейсу UART (на физическом уровне RS-232).   |
| 2.3                            | Операционная система реального времени FreeRTOS.                                      | Реализация и отладка программного обеспечения для микроконтроллера на языке Си, выполняющего управление периферией микроконтроллера с использованием операционной системы реального времени FreeRTOS.  |
| 2.4                            | Делитель частоты на ПЛИС  | Реализация модуля деления частоты на VHDL. Разработка проекта, синтез устройства.  |
| 2.5                            | КИХ фильтр на ПЛИС  | Реализация проекта КИХ фильтра параллельной структуры на ПЛИС с фиксированными коэффициентами.   |
| 2.6                            | Генератор гармонического сигнала на ПЛИС  | Реализация перестраиваемого цифрового генератора гармонического сигнала на ПЛИС.   |

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

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (часов) |              |              |                        |       |
|-------|--|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
|       |  | Лекции               | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1     | Архитектура микроконтроллеров          | 2                    |              |              | 6                      | 8     |
| 2     | Система ввода-вывода микро-            | 2                    | 3            |              | 8                      | 13    |

|   |  |    |    |  |    |    |
|---|--|----|----|--|----|----|
|   | контроллеров.                                  |    |    |  |    |    |
| 3 | Средства разработки.                           | 2  | 3  |  | 8  | 13 |
| 4 | Построение устройств управления в системах РЭБ | 1  |    |  | 4  | 5  |
| 5 | Операционные системы                           | 2  | 3  |  | 8  | 13 |
| 6 | Архитектура современных ПЛИС                   | 1  |    |  | 6  | 7  |
| 7 | Подходы к проектированию ПЛИС                  | 2  | 3  |  | 8  | 13 |
|   | Итого:   | 12 | 12 |  | 48 | 72 |

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

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой, выполнение практических и лабораторных работ.

**Лекции** представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. Рекомендуется записывать не каждое слово лектора, а постараться записать его основную мысль, используя понятные сокращения.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

**Практические занятия** позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо разобрать лекцию по соответствующей теме и ознакомиться с соответствующим разделом литературы. При выполнении лабораторных и практических работ необходимо обращать внимание на особенности функционирования исследуемых устройств. Подготовка к защите работ должна включать повторение лекционного материала и работу с предлагаемой учебной литературой. Перечень контрольных вопросов к защите приводится в методических указаниях к лабораторной работе. При оформлении пояснительной записки следует придерживаться правил ЕСКД.

**Самостоятельная работа** студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к практическим и лабораторным работам, зачетам и экзаменам.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. Для проверки знания по изученной теме необходимо ответить на контрольные вопросы, выдаваемые преподавателем на лекциях в конце изучения соответствующего раздела. При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы.

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

а) основная литература:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | Новиков Ю. В. Основы микропроцессорной техники (2-е изд.) Новиков Ю. В., Скоробогатов П. К., Москва НОУ «Интуит», 2016.                  |
| 2     | Васильев А.Е. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 304 с.: ил.                           |
| 3     | Водовозов А. М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А.М. Водовозов – М. Инфа-Инженерия, 2016. -164с.               |
| 4     | Гуров, В.В. Архитектура микропроцессоров: учебное пособие / В.В. Гуров М. Интернет-университет информационных технологий, 2010. – 272 с. |
| 5     | Максфилд К. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца.- М.: Издательский дом «Додека-XXI», 2007.-408 с.:ил.                            |
| 6     | Потехин Д.С., Тарасов И.Е. Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС.- М.: Горячая линия Телеком, 2007. – 248.: ил.     |
| 7     | Бибило П.Н., Авдеев Н.А. VHDL. Эффективное использование при проектировании цифровых систем. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006.- 344 с.: ил.         |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник  |
|-------|---|
| 1     | Узрюмов, Е. П. Цифровая схемотехника : учеб. пособие для вузов / Е.П. Узрюмов. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. |
| 2     | Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е., Проектирование цифровых систем на VHDL- СПб.: БХВ-Петербург, 2003. -576с.: ил.                          |

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

| № п/п | Ресурс  |
|-------|---|
| 7.    | Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского госуниверситета : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xsl+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?Init+elib.xml,simple_elib.xsl+rus</a> |
| 8.    | Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457</a>  |
| 9.    | Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308</a>   |
| 10.   | Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1307</a>  |
| 11.   | Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1306</a>   |

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

| № п/п | Источник |
|-------|----------|
|       |          |
|       |          |

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

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе образовательного портала "Элек-

тронный университет ВГУ" по адресу edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютер HP ProDeck 40065 DM/Монитор ЖК 22 Beng BL 2283 – 14 шт.

Набор UND R3 Starter Kit с Bluetooth модулем ZS-040 и контроллером – 15 шт.

---

### 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.    | Архитектура микроконтроллеров                  | ПК-4.4         | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования |                      |
| 2.    | Система ввода-вывода микроконтроллеров.        | ПК-4.4         | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования | Практические задания |
| 3     | Средства разработки.                           | ПК-4.4         | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования | Практические задания |
| 4     | Построение устройств управления в системах РЭБ | ПК-4.4         | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования |                      |
| 5     | Операционные системы                           | ПК-4.4         | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования | Практические задания |
| 6     | Архитектура современных ПЛИС                   | ПК-4.4         | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах автоматизации научного исследования |                      |
| 7     | Подходы к проектированию ПЛИС                  | ПК-4.4         | Владеет базовыми знаниями о методах и средствах ав-                                 | Практические задания |

| № п/п   | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства         |
|---|--|----------------|-------------------------------------|----------------------------|
|   |  |                | томатизации научного исследования   |                            |
| Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт |  |                |                                     | Перечень вопросов к зачёту |

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

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практические задания.

Перечень практических заданий:

1. Реализация и отладка программного обеспечения для микроконтроллера на языке Си, выполняющего управление скоростью мигания светодиода путем изменения настроек таймера, по факту срабатывания прерывания от кнопки, подключенной к порту ввода вывода общего назначения.
2. Реализация и отладка программного обеспечения для микроконтроллера на языке Си, выполняющего взаимодействие с ПЭВМ по интерфейсу UART (на физическом уровне RS-232).
3. Реализация и отладка программного обеспечения для микроконтроллера на языке Си, выполняющего управления периферией микроконтроллера с использованием операционной системы реального времени FreeRTOS.
4. Реализация модуля деления частоты на VHDL. Разработка проекта, синтез устройства.
5. Реализация проекта КИХ фильтра параллельной структуры на ПЛИС с фиксированными коэффициентами.
6. Реализация перестраиваемого цифрового генератора гармонического сигнала на ПЛИС.

Практические задания выполняются студентами как в аудиториях, так и самостоятельно. Результаты предоставляются преподавателю. Переход к выполнению следующего практического задания возможен только при условии успешной сдачи предыдущей.

За практическое задание студент получает оценку «зачтено», если может продемонстрировать процесс проектирования системы связи, расчёт её основных характеристик, дать физическое объяснения поученным результатам и внести в программу модификации по требованию преподавателя.

### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачёту, вопросы к экзамену.

Перечень вопросов к зачёту:

1. Задачи, решаемые с помощью аппаратуры радиомониторинга и формирования сигналов. Особенности построения аппаратуры.
2. Примеры пространственно-многоканальных систем радиомониторинга, многоканальный обнаружитель-пеленгатор.
3. Принципы и особенности формирования помеховых сигналов.
4. Многоканальный прием и преобразование аналоговых сигналов в цифровые. Ключевые операции ЦОС.
5. Синхронизация, дискретизация и фильтрация. Параметры частотно-временного представления данных.

6. Роль весовых функций при спектральном анализе и их основные параметры. Оконная обработка.
7. Аппаратные цифровые фильтры, процессоры БПФ. Масштабирование сигналов.
8. Анализ параметров АЦП. Характеристики частотной избирательности.
9. Методы переноса и преобразования спектров. Цифровое гетеродинирование.
10. Квадратурная обработка узкополосных модулированных радиосигналов.

Зачёт проводится в виде устного ответа на вопросы, заданные преподавателем из списка вопросов к зачёту.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом теории цифровой связи;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-балльная шкала: «зачет», «незачет».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

| Критерии оценивания компетенций  | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок   |
|--|--------------------------------------|----------------|
| <i>Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, частично умеет применять теоретические знания для решения практических задач</i> | <i>Пороговый уровень</i>             | <i>Зачет</i>   |
| <i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач</i>   | –                                    | <i>Незачет</i> |