

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующая кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники


подпись

(Меньшикова Т.Г.)
расшифровка подписи

05.06.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.02 Устройства беспроводной связи

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:
03.04.03 Радиофизика

2. Профиль подготовки: Микроэлектроника и полупроводниковые приборы

3. Квалификация (степень) выпускника: магистр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физики полупроводников и микроэлектроники

6. Составители программы: Богатиков Евгений Васильевич,
кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 04.06.2025

8. Учебный год: 2025-2026 **Семестр:** 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины: целью освоения учебной дисциплины является формирование специальных знаний об архитектуре и приемах программирования микроконтроллеров с интегрированными контроллерами беспроводной связи для разработки встроенных систем.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение архитектуры современных семейств микроконтроллеров с интегрированными контроллерами беспроводной связи;
- изучение программных средств для разработки встраиваемых систем с беспроводной связью;
- формирование навыков проектирования устройств на базе IoT-технологий;

- изучение основ программирования микроконтроллеров с применением операционных систем реального времени.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, дисциплины по выбору.

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-1	Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций	ПК-1.3	Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - средствами моделирования схем, имеющих в своем составе микроконтроллеры с интегрированными контроллерами беспроводной связи;
		ПК-1.4	Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструменты разработки программного обеспечения для встраиваемых систем (среды разработки, компиляторы, библиотеки, ОСРВ) <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обоснованно выбирать инструменты разработки встраиваемых систем. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - средствами разработки программного обеспечения для микроконтроллеров с интегрированными контроллерами беспроводной связи; - навыками применения операционных систем реального времени для разработки встраиваемых систем.

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
		2 сем.

Аудиторные занятия,		24	24
в том числе:	лекции	12	12
	лабораторные работы	12	12
Самостоятельная работа		84	84
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
Лекции		
1.1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ESP32	Организация памяти в ESP32. Матрица прерываний ESP32. Система тактирования в ESP32. Система ввода-вывода (GPIO). Система прямого доступа к памяти (DMA). Контроллеры передачи данных (SPI, UART). Управление доступом к среде передачи данных (MAC). Аппаратная поддержка криптографических алгоритмов. Встроенные АЦП/ЦАП.
1.2	Программные среды для работы с микроконтроллерами ESP32	Фреймворк ESP-IDF. Настройка окружения для программирования ESP32. Поддержка ESP32 в Arduino IDE. Система отладки для микроконтроллеров OpenOCD.
1.3	Введение в операционные системы реального времени	Назначение ОСРВ в микроконтроллерах. Базовые понятия: квант времени, задачи, состояния задач, приоритеты выполнения задач, планировщик задач, обмен данными между задачами, очереди, бинарные и счетные семафоры, мьютексы, критические секции, таймеры, вытесняющая и кооперативная многозадачность, работа с прерываниями.
1.4	Программирование микроконтроллеров ESP32 средствами FreeRTOS	Соглашение о типах данных и именах идентификаторов в FreeRTOS. API-функции для работы с задачами: создание задачи, передача параметров в задачу при создании, контроль времени выполнения, реализация задержек, динамическое изменение приоритета, уничтожение задач. API-функции для работы с очередями: создание очереди, запись элемента в очередь, отслеживание состояния очереди, использование очередей в обработчиках прерываний. API-функции для работы с семафорами: создание двоичного семафора, захват семафора, выдача семафора из обработчика прерывания, создание счетного семафора, работа с мьютексами, рекурсивные мьютексы, инверсия приоритетов и взаимная блокировка при использовании мьютексов, задачи-сторожа. Реализация программных таймеров.
1.5	Беспроводная передача данных в микроконтроллерах семейства ESP32	Библиотека Wi-Fi FreeRTOS. Инициализация устройства. Протоколы безопасности. Сканирование точек доступа. Подключение к точке доступа. Конфигурирование устройства.
Лабораторные работы		
2.1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ESP32	
2.2	Программные среды для работы с микроконтроллерами ESP32	Лабораторная работа №1. Настройка среды программирования для работы с ESP32
2.3	Введение в операционные системы реального	

	времени	
2.4	Программирование микроконтроллеров ESP32 средствами FreeRTOS	Лабораторная работа №2. Программирование GPIO. Лабораторная работа №3. Программирование интерфейса SPI. Лабораторная работа №4. Программирование АЦП.
2.5	Беспроводная передача данных в микроконтроллерах семейства ESP32	Лабораторная работа №5. Подключение к точке доступа Лабораторная работа № 6. Передача данных с использованием Wi-Fi.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ESP32	4	-	20	24
2	Программные среды для работы с микроконтроллерами ESP32	2	2	16	20
3	Введение в операционные системы реального времени	2	-	16	18
4	Программирование микроконтроллеров ESP32 средствами FreeRTOS	2	6	16	24
5	Беспроводная передача данных в микроконтроллерах семейства ESP32	2	4	16	22
Итого:		12	12	84	108
Итого по курсу					108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Устройства беспроводной связи» 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 лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнится, когда требуется.

Следует помнить, 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 соб-

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

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 развиваются 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.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных студентом 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 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 «Устройства беспроводной связи» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подготовку к лабораторным работам, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Устройства беспроводной связи» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 48 часов;
подготовка к лабораторным занятиям	- 12 часов;
подготовка к зачету	- 24 часа;
Итого - 84 часа.	

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Васильев А.Е. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений : [учебное пособие для студ. вузов] / А.Е. Васильев .— СПб : БХВ-Петербург, 2008 .— 298 с.
2	Ли П. Архитектура интернета вещей / Ли П. , пер. с анг. М. А. Райтмана. - Москва : ДМК Пресс, 2020. - 454 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Береснев А. Л. Разработка и макетирование микропроцессорных систем : учебное пособие / А.Л. Береснев, М.А. Береснев .— Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2016 .— 108 с.
4	Мясников В. И. Операционные системы реального времени : лабораторный практикум / В.И. Мясников ; Поволжский государственный технологический университет .— Иошкар-Ола : ПГТУ, 2016 .— 140 с.
5	Новиков Ю. В. Основы микропроцессорной техники : учебное пособие / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов .— 3-е изд., испр. — М. : Интернет-Университет Информ. Технологий : Бином. Лаборатория знаний, 2006 .— 357 с.
6	Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах / А.В. Белов .— СПб : Наука и техника, 2005 .— 255 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник		
7	FreeRTOS Documentation https://www.freertos.org/Documentation/RTOS_book.html		<URL:
8	ESP-IDF Programming Guide	<URL: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/	

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Богатиков Е. В. Разработка встраиваемых систем на базе микроконтроллеров серии 1986ВЕ9х с использованием FreeRTOS : учебно-методическое пособие / Е. В. Богатиков, А. Н. Шебанов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020 .— 47 с.

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

№ п/п	Источник
1	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
2	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
3	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционные занятия проводятся в мультимедийном кабинете кафедры ФППиМЭ, оснащённым стационарным мультимедийным проектором AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт., экран, с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Для проведения лабораторных работ необходим компьютерный класс с лицензионным программным обеспечением - лаборатория вычислительных систем и математического моделирования, оснащенная сервером 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 с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и с лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; программный комплекс для ЭВМ – MathWorks Total Academic Headcoun, Университетская лицензия, договор 3010-07/01-19 от 09.01.19; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

Аудитория для самостоятельной работы студентов оснащена сервером 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 с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ и лицензионным программным обеспечением: Microsoft Windows 7, Windows 10, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; ПО Kaspersky Endpoint Security, договор 3010-07/04-20 от 27.01.2020.

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	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Введение в архитектуру микроконтроллеров семейства ESP32	ПК-1	ПК-1.4	Перечень вопросов
2	Программные среды для работы с микроконтроллерами ESP32	ПК-1	ПК-1.3	Отчет о выполнении лабораторной работы №1
3	Введение в операционные системы реального времени	ПК-1	ПК-1.4	Перечень вопросов
4	Программирование микроконтроллеров ESP32 средствами FreeRTOS	ПК-1	ПК-1.4	Отчет о выполнении лабораторной работы №2,3,4
5	Беспроводная передача данных в микроконтроллерах семейства ESP32	ПК-1	ПК-1.4	Отчет о выполнении лабораторной работы №5,6
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 оценки отчетов о выполнении лабораторных работ.

Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Настройка среды программирования для работы с ESP32

Лабораторная работа №2. Программирование GPIO.

Лабораторная работа №3. Программирование интерфейса SPI.

Лабораторная работа №4. Программирование АЦП.

Лабораторная работа №5. Подключение к точке доступа

Лабораторная работа №6. Передача данных с использованием Wi-Fi.

Примерный перечень вопросов для текущего контроля успеваемости

1. Перечислите регистры, отвечающие за конфигурирование GPIO в микроконтроллерах серии ESP32.
2. В чем заключается отличие между режимами работы GPIO push-pull и open-drain?
3. Какой режим работы цифрового выхода позволяет согласовать логические уровни цифровых устройств и каким образом (изобразите схему подключения)?
4. Какой режим работы цифрового выхода не допускает работы на общую нагрузку и почему?
5. Изобразите передаточную характеристику триггера Шмитта.
6. Для каких целей используются триггеры Шмитта в цифровых входах микроконтроллеров?

7. Изобразите схему аппаратного подавления дребезга контактов.
8. Что такое «JTAG»?
9. В чем заключается преимущество использования внешнего источника тактовых импульсов перед внутренним RC-генератором?
10. Какая информация хранится в HEX-файле?
11. Каким образом включается тактирование порта в микроконтроллерах серии ESP32?
12. Как при помощи побитовых операций инвертировать значение требуемого бита?
13. Как при помощи побитовых операций установить в «1» значение требуемого бита?
14. Как при помощи побитовых операций сбросить в «0» значение требуемого бита?
15. Какой API-функцией FreeRTOS запускается задача?
16. В чем заключается эффект инверсии приоритетов при использовании мьютексов?

20.2 Промежуточная аттестация

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

Перечень вопросов к зачету

1. Организация памяти в ESP32.
2. Матрица прерываний ESP32.
3. Система тактирования в ESP32.
4. Система ввода-вывода (GPIO) в ESP32.
5. Система прямого доступа к памяти (DMA) в ESP32.
6. Контроллер передачи данных SPI в ESP32.
7. Контроллер передачи данных UART в ESP32.
8. Управление доступом к среде передачи данных (MAC) в ESP32.
9. Аппаратная поддержка криптографических алгоритмов в ESP32.
10. Встроенный АЦП в ESP32.
11. Встроенный ЦАП в ESP32.
12. Средства фреймворка ESP-IDF.
13. Система отладки для микроконтроллеров.
14. Базовые понятия ОСРВ: квант времени, задачи, состояния задач, приоритеты выполнения задач, планировщик задач.
15. Базовые понятия ОСРВ: очереди, бинарные и счетные семафоры, мьютексы.
16. Базовые понятия ОСРВ: критические секции, таймеры, вытесняющая и кооперативная многозадачность, работа с прерываниями.
17. API-функции FreeRTOS для работы с задачами.
18. API-функции FreeRTOS для работы с очередями.
19. API-функции FreeRTOS для работы с семафорами.
20. Библиотека Wi-Fi FreeRTOS.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения практических работ.

Каждому обучающемуся задаются вопросы по всем разделам спецкурса.

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.

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.