

Минобрнауки России

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

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой  
Борисов Дмитрий Николаевич  
Кафедра информационных  
систем 21.04.2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.04.01 Программирование микроконтроллеров

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

09.03.02 Информационные системы и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:** Встраиваемые вычислительные системы и интернет вещей

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Бакалавриат

**4. Форма обучения:**Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

Кафедра информационных систем

**6. Составители программы:**

Савинков Андрей Юрьевич, д.т.н., профессор

**7. Рекомендована:** НМС факультета, протокол №5 от 10.03.2021

**8. Учебный год:**

2023-2024

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель: формирование необходимых компетенций в предметной области микроконтроллеров и технологий их программирования, в том числе с использованием операционных систем реального времени

Задачи учебной дисциплины:

- представить основы архитектуры и основные возможности современных микроконтроллеров
- рассмотреть общие подходы к программированию микроконтроллеров
- рассмотреть API операционной системы FreeRTOS
- познакомиться со стандартными библиотеками и интегрированными средами разработки для наиболее распространенных микроконтроллеров
- рассмотреть методы снижения энергопотребления микроконтроллеров

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:**

Учебная дисциплина относится к части блока Б1, формируемой участниками образовательных отношений

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

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ПК-4 Способен проводить анализ требований к программному обеспечению, выполнять работы по проектированию программного обеспечения	ПК-4.4 Описывает технологии обработки данных для возможности их использования в программной среде, включая вопросы параллельной обработки	Знает современное состояние развития и основные семейства микроконтроллеров, технологии разработки встроенного программного обеспечения для них и программно-аппаратные средства отладки
ПК-3 Способен выполнять работы по созданию (модификации) и сопровождению информационных систем	ПК-3.4 Разрабатывает код компонентов ИС и баз данных ИС	Имеет навыки разработки и отладки программ для микроконтроллеров, в том числе с использованием операционных систем реального времени
ПК-1 Способен проводить исследования на всех этапах жизненного цикла программных средств	ПК-1.3 Планирует отдельные стадии исследования или разработки при наличии поставленной задачи, выбирает или формирует программную среду для компьютерного моделирования и проведения экспериментов	Умеет осуществлять оптимальный выбор микроконтроллера, технологии программирования и программно-аппаратных средств отладки для решения поставленной задачи

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час:**

3/108

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет с оценкой, Контрольная работа

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Семестр 6	Всего
Аудиторные занятия	64	64
Лекционные занятия	32	32
Практические занятия	16	16
Лабораторные занятия	16	16

Вид учебной работы	Семестр 6	Всего
Самостоятельная работа	44	44
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	0	0
Часы на контроль		0
Всего	108	108

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Архитектура современных микроконтроллеров	Основные компоненты системы на кристалле (СнК): процессорное ядро, контроллер прерываний, тактовый генератор (RCC), память, EEPROM и периферийные устройства (GPIO, ADC, таймеры, часы реального времени, коммуникационные интерфейсы, специализированные вычислительные модули, сопроцессоры, радиочастотные приемопередатчики и т.п.)	
1.2	Тактовый генератор (RCC)	Источники тактовой частоты, PLL, тактирование периферийного оборудования на примере процессоров семейства STM32	
1.3	Контроллер прерываний	Вектор прерываний, приоритеты прерываний, источники прерываний в микроконтроллерах	

1.4	Таймеры	Формирование заданных временных интервалов, формирование сигнала ШИМ (PWM), счет импульсов, режим сравнения, поддержка энкодеров высокого разрешения, конфигурирование и режимы работы на примере процессоров семейства STM32	
1.5	Дискретные входы-выходы общего назначения (GPIO)	Назначение и возможности GPIO, конфигурирование и режимы работы GPIO на примере процессоров семейства STM32	
1.6	Аналоговые входы (ADC)	Назначение и возможности ADC, калибровка, однократное и непрерывное преобразование, конфигурирование и режимы работы на примере процессоров семейства STM32	
1.7	Интерфейсы UART / USART	Назначение и возможности UART / USART, конфигурирование и режимы работы на примере процессоров семейства STM32, поддержка LIN и RS485	
1.8	Интерфейсы SPI и I <sup>2</sup> C	Назначение и возможности интерфейсов SPI и I <sup>2</sup> C, конфигурирование и режимы работы на примере процессоров семейства STM32	
1.9	Интерфейс USB	Назначение и возможности интерфейса USB, конфигурирование и режимы работы на примере процессоров семейства STM32	
1.10	Часы реального времени (RTC)	Назначение и возможности часов реального времени, резервное электропитание (backup domain), backup-регистры на примере процессоров семейства STM32	

1.11	Встроенная энергонезависимая память микроконтроллера	Принципы работы со встроенной энергонезависимой памятью микроконтроллера, выравнивание данных, стирание и запись, технологии обновления встроенного программного обеспечения микроконтроллеров	
1.12	Операционная система FreeRTOS	API FreeRTOS: задачи (tasks), программные таймеры, средства и методы синхронизации, инструменты уведомления о событиях, очереди сообщений и обмен данными Стандарт CMSIS (Common Microcontroller Software Interface Standard)	
1.13	Методы снижения энергопотребления	Режимы энергопотребления микроконтроллера, управление энергопотреблением, приемы снижения энергопотребления	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Инструменты разработки и отладки встроенного ПО	Инструменты для микроконтроллеров семейства STM32 (STMicroelectronics): генератор проектов STM32CubeMx, интегрированная среда разработки STM32CubeIDE Инструменты для микроконтроллеров семейства CC13xx (Texas Instruments): интегрированная среда разработки Code Composer Studio, программа SmartRF Studio, программа Sensor Controller Studio	
2.2	Библиотека HAL для микроконтроллеров семейства STM32	Изучение основных функций библиотеки, работа с периферийным оборудованием микроконтроллеров семейства STM32 с использованием HAL	

2.3	Библиотека Driver Library для микроконтроллеров семейства CC13xx	Изучение основных функций библиотеки, работа с периферийным оборудованием микроконтроллеров семейства CC13xx с использованием Driver Library	
<b>3.</b> <b>Лабораторные работы</b>			
3.1	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32	Использование STM32CubeMX для создания проекта, сборка проекта и запись его в память микроконтроллера	
3.2	Обработка прерываний на микроконтроллере семейства STM32	Настройка контроллера прерываний, настройка GPIO в качестве входа запроса прерывания	
3.3	Работа с ADC на микроконтроллере семейства STM32	Настройка ADC, получение и обработка данных ADC	
3.4	Работа с интерфейсом UART / USART на микроконтроллере семейства STM32	Настройка UART, передача и прием данных через UART	
3.5	Разработка встроенного ПО для операционной системы FreeRTOS на микроконтроллере семейства STM32	Реализация многопоточного приложения с использованием функций FreeRTOS (синхронизация задач, обработка событий, обмен данными, программные таймеры) и встроенного периферийного оборудования микроконтроллера (ADC, таймеры, backup-регистры, UART, USB, контроллер DMA и др.)	

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

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
-------	-----------------------------	--------------------	----------------------	----------------------	------------------------	-------

1	Архитектура современных микроконтроллеров	2			1	3
2	Тактовый генератор (RCC)	1			1	2
3	Контроллер прерываний	2			1	3
4	Таймеры	4			1	5
5	Дискретные входы-выходы общего назначения (GPIO)	1			1	2
6	Аналоговые входы (ADC)	1			1	2
7	Интерфейсы UART / USART	2			1	3
8	Интерфейсы SPI и I <sup>2</sup> C	3			1	4
9	Интерфейс USB	2			1	3
10	Часы реального времени (RTC)	2			1	3
11	Встроенная энергонезависимая память микроконтроллера	2			1	3
12	Операционная система FreeRTOS	8			4	12
13	Методы снижения энергопотребления	2			1	3
14	Инструменты разработки и отладки встроенного ПО		8		8	16

15	Библиотека HAL для микроконтроллеров семейства STM32		4		4	8
16	Библиотека Driver Library для микроконтроллеров семейства CC13xx		4		4	8
17	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32			2	1	3
18	Обработка прерываний на микроконтроллере семейства STM32			2	1	3
19	Работа с ADC на микроконтроллере семейства STM32			2	1	3
20	Работа с интерфейсом UART / USART на микроконтроллере семейства STM32			2	1	3
21	Разработка встроенного ПО для операционной системы FreeRTOS на микроконтроллере семейства STM32			8	8	16
		32	16	16	44	108

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

Дисциплина требует работы с файлами-презентациями лекций и соответствующими главами рекомендованной основной литературы, а также, обязательного выполнения всех лабораторных заданий в компьютерном классе.

Самостоятельная работа проводится в компьютерных классах ФКН с использованием методических материалов расположенных на учебно-методическом сервере ФКН [fs.cs.vsu.ru/library](http://fs.cs.vsu.ru/library) и на сервере Moodle ВГУ [moodle.vsu.ru](http://moodle.vsu.ru). Во время самостоятельной работы студенты используют электроннобиблиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru). Часть заданий может быть выполнена вне аудиторий на домашнем компьютере, после копирования методических указаний и необходимого ПО с учебно-методического сервера ФКН.



При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

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

№ п/п	Источник
1	Сервер STM32 Education // URL: <a href="https://www.st.com/content/st_com/en/support/learning/stm32-education/stm32-step-by-step.html">https://www.st.com/content/st_com/en/support/learning/stm32-education/stm32-step-by-step.html</a>
2	TI-RTOS 2.20 for CC13xx/CC26xx SimpleLink™ Wireless MCUs Getting Started Guide // URL: <a href="https://www.ti.com/lit/pdf/spruhu7">https://www.ti.com/lit/pdf/spruhu7</a>

**б) дополнительная литература:**

№ п/п	Источник
1	Официальный сайт FreeRTOS // URL: <a href="https://www.freertos.org/">https://www.freertos.org/</a>
2	Справочник по CMSIS-RTOS API // URL: <a href="https://www.keil.com/pack/doc/CMSIS/RTOS/html/group__CMSIS__RTOS.html">https://www.keil.com/pack/doc/CMSIS/RTOS/html/group__CMSIS__RTOS.html</a>

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы:**

№ п/п	Источник
1	Библиотека ВГУ, <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>
2	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library
3	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ", <a href="http://edu.vsu.ru">http://edu.vsu.ru</a>

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

№ п/п	Источник
1	Сервер учебно-методических материалов ФКН, \\fs.cs.vsu.ru\Library
2	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ", <a href="http://edu.vsu.ru">http://edu.vsu.ru</a>

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

Лекции-визуализации с демонстрацией иллюстративных и графических материалов, анимации, блок-схем алгоритмов и примеров исходного кода, демонстрацией выполнения команд операционной системой, лабораторные работы.

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru), а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Лекционная аудитория, оснащенная видеопроектором.
2. Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, оснащенный видеопроектором, компьютерами с ОС Windows с установленными инструментами разработки для микроконтроллеров STM32 и отладочными платами на базе MCU STM32.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
1	Архитектура современных микроконтроллеров Тактовый генератор (RCC) Контроллер прерываний Таймеры Дискретные входы-выходы общего назначения (GPIO) Аналоговые входы (ADC) Интерфейсы UART / USART Интерфейсы SPI и I <sup>2</sup> C Интерфейс USB Часы реального времени (RTC) Встроенная энергонезависимая память микроконтроллера Операционная система FreeRTOS Методы снижения энергопотребления	ПК-4	ПК-4.4	Собеседование
2	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32 Обработка прерываний на микроконтроллере семейства STM32 Работа с ADC на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом UART / USART на микроконтроллере семейства STM32 Разработка встроенного ПО для операционной системы FreeRTOS на микроконтроллере семейства STM32	ПК-3	ПК-3.4	Лабораторная работа

3	Инструменты разработки и отладки встроенного ПО Библиотека HAL для микроконтроллеров семейства STM32 Библиотека Driver Library для микроконтроллеров семейства CC13xx	ПК-1	ПК-1.3	Контрольная работа
---	--	------	--------	--------------------

Промежуточная аттестация

Форма контроля - Зачет с оценкой, Контрольная работа

Оценочные средства для промежуточной аттестации

1. Собеседование
2. Контрольная работа

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

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Текущий контроль успеваемости выполняется по лабораторным работам.

По каждой выполненной работе должен быть предоставлен отчет, включающий исходный код разработанных программ и описание полученных результатов. По отчету преподаватель вправе задать дополнительные вопросы для уточнения уровня понимания материала. Лабораторная работа оценивается максимум в 100 баллов.

### **20.2 Промежуточная аттестация**

#### **Задание для контрольной работы**

Написать встроенное приложение для микроконтроллера семейства STM32, которое измеряет уровень сигнала одновременно на 4 аналоговых входах с частотой 48000 измерений в секунду и вычисляет среднеквадратическое значение сигнала по каждому каналу с усреднение скользящим окном за T миллисекунд (рекомендуется использовать экспоненциально взвешенное скользящее среднее (EWMA)). Параметр T должен устанавливаться AT-командой через интерфейс UART. Формат команды AT+T=<t\_ms>. Текущие значения измеренных величин должны передаваться по запросу через интерфейс UART. Формат запроса AT+LEVEL<n>? где n - номер канала [1-8]. Формат ответа +LEVEL<n>:<l> где n - номер канала, l - средний уровень сигнала

#### **Вопросы к собеседованию**

1. Основные компоненты современной системы на кристалле, реализующей микроконтроллер
2. Тактовый генератор микроконтроллера (RCC)
3. Контроллер прерываний
4. Встроенные таймеры микроконтроллера
5. ШИМ (PWM)
6. сторожевой таймер (watchdog)
7. Дискретные входы-выходы общего назначения (GPIO)
8. Встроенный АЦП микроконтроллера, калибровка и способы получения данных
9. Коммуникационные интерфейсы микроконтроллера
10. Часы реального времени (RTC), резервное электропитание (backup domain), backup-регистры микроконтроллера
11. Встроенная энергонезависимая память микроконтроллера
12. Основные возможности операционной системы FreeRTOS
13. Задачи FreeRTOS, создание и удаление, приоритет задачи, стек задачи
14. Семафоры FreeRTOS, бинарные и считающие семафоры

15. Мьютексы FreeRTOS, рекурсивные мьютексы
16. Очереди сообщений FreeRTOS
17. Механизмы ожидания событий и уведомления задач о наступлении событий в FreeRTOS
18. Таймеры FreeRTOS
19. Стандарт CMSIS (Common Microcontroller Software Interface Standard)
20. Методы снижения энергопотребления микроконтроллеров

#### **Описание технологии проведения**

Контрольная работы выполняется на компьютере и на проверку предоставляется проект STM32CubeIDE. Выполнение контрольной работы оценивается по 100 бальной шкале. При ошибках в выполнении задания, выборе неоптимального решения или при не полном выполнении оценка снижается.

#### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. При оценивании результатов промежуточной аттестации используется количественная шкала оценок. Оценки за лабораторные работы, контрольную работу и собеседование суммируются и результат нормируется к 100 бальной шкале. Полученное значение определяет уровень сформированности компетенций и итоговую оценку (достаточный – удовлетворительно, хорошо, отлично или недостаточный – неудовлетворительно) согласно следующей шкале:

- оценка «отлично» - 90..100 баллов
- оценка «хорошо» - 70...89 баллов
- оценка «удовлетворительно» - 50..69 баллов
- оценка «неудовлетворительно» - 0..49 баллов