

Минобрнауки России

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



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Борисов Дмитрий Николаевич  
Кафедра информационных систем

10.04.2024

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.03.01 Основы программирования микроконтроллеров

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

09.04.02 Информационные системы и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Информационные технологии и компьютерные науки для цифровой экономики

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

Магистратура

**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:**

рекомендована НМС ФКН 05.03.2024, протокол № 5

**8. Учебный год:**

2025-2026

**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:**

Дисциплина по выбору

**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-1 Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий.	ПК-1.1 Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Знает архитектуру микроконтроллеров, назначение принципы работы встроенных периферийных устройств микроконтроллера, интерфейсы микроконтроллеров, методы снижения энергопотребления микроконтроллеров, архитектуру и основные инструменты операционной системы FreeRTOS
ПК-1 Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий.	ПК-1.2 Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Умеет находить эффективное применение микроконтроллеров для решения прикладных задач
ПК-1 Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий.	ПК-1.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Имеет практический опыт применения микроконтроллеров для решения прикладных задач
ПК-2 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники	ПК-2.1 Знает основные методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программных продуктов и программных комплексов, их сопровождения, администрирования и развития (эволюции)	Знает основные возможности инструментальных средств для разработки встроенного программного обеспечения микроконтроллеров
ПК-2 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники	ПК-2.2 Умеет использовать методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программного продукта	Умеет использовать инструментальные средства и измерительные приборы для разработки и отладки встроенного программного обеспечения микроконтроллеров
ПК-2 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках,	ПК-2.3 Имеет практический опыт применения указанных выше методов и технологий	Имеет практический опыт разработки и отладки встроенного программного обеспечения микроконтроллеров

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники		
ПК-3 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования	ПК-3.1 Владеет современными методами разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования	Знает основные алгоритмы обработки сигналов и автоматического регулирования в системах микропроцессорного управления
ПК-3 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования	ПК-3.2 Умеет разрабатывать и реализовывать алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования	Умеет эффективно применять алгоритмы обработки сигналов и автоматического регулирования при решении прикладных задач с использованием микроконтроллеров
ПК-3 Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования	ПК-3.3 Имеет практический опыт разработки и реализации алгоритмов на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования	Имеет практический опыт разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач с использованием микроконтроллеров

**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 4	Всего
Аудиторные занятия	36	36
Лекционные занятия	12	12
Практические занятия		0
Лабораторные занятия	24	24
Самостоятельная работа	72	72
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.)	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.2	Тактовый генератор (RCC)	Источники тактовой частоты, PLL, тактирование периферийного оборудования на примере процессоров семейства STM32	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.3	Контроллер прерываний	Вектор прерываний, приоритеты прерываний, источники прерываний в микроконтроллерах	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.4	Таймеры	Формирование заданных временных интервалов, формирование сигнала ШИМ (PWM), счет импульсов, конфигурирование и режимы работы на примере процессоров семейства STM32	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.5	Дискретные входы-выходы общего назначения (GPIO)	Назначение и возможности GPIO, конфигурирование и режимы работы GPIO на примере процессоров семейства STM32	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.6	Аналоговые входы (ADC)	Назначение и возможности ADC, калибровка, однократное и непрерывное	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
		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	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
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	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.9	Интерфейс USB	Назначение и возможности интерфейса USB, конфигурирование и режимы работы на примере процессоров семейства STM32	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.10	Часы реального времени (RTC)	Назначение и возможности часов реального времени, резервное электропитание (backup domain), backup-регистры на примере процессоров семейства STM32	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.11	Встроенная энергонезависимая память микроконтроллера	Принципы работы со встроенной энергонезависимой памятью микроконтроллера, выравнивание данных, стирание и запись, технологии обновления встроенного программного обеспечения микроконтроллеров	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.12	Операционная система FreeRTOS	API FreeRTOS: задачи (tasks), программные таймеры, средства и методы синхронизации, инструменты уведомления о событиях, очереди	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
		сообщений и обмен данными Стандарт CMSIS (Common Microcontroller Software Interface Standard)	
1.13	Методы снижения энергопотребления	Режимы энергопотребления микроконтроллера, управление энергопотреблением, приемы снижения энергопотребления	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
1.14	Системы автоматического регулирования с использованием микроконтроллеров	Получение и обработка измерений физических величин, медианный фильтр, скользящее среднее (SMA, WMA, EMA), фильтр Калмана, ПИД-регулятор	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32	Использование STM32CubeMX для создания проекта, сборка проекта и запись его в память микроконтроллера	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.2	Обработка прерываний на микроконтроллере семейства STM32	Настройка контроллера прерываний, настройка GPIO в качестве входа запроса прерывания	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.3	Работа с таймером на микроконтроллере семейства STM32	Настройки таймера, формирование заданных временных интервалов, формирование ШИМ, измерение длительности импульса, измерение периода и скважности последовательности импульсов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.4	Работа с ADC на микроконтроллере семейства STM32	Настройка ADC, получение и обработка данных ADC	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.5	Работа с интерфейсом UART/USART на микроконтроллере семейства STM32	Настройка UART, передача и прием данных через UART	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.6	Работа с интерфейсом I <sup>2</sup> C на микроконтроллере	Настройка I <sup>2</sup> C, передача и прием данных через I <sup>2</sup> C	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
	семейства STM32		
3.7	Работа с интерфейсом SPI на микроконтроллере семейства STM32	Настройка SPI, передача и прием данных через SPI	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.8	Работа с интерфейсом USB на микроконтроллере семейства STM32	Настройка USB, передача и прием данных через USB	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.9	Знакомство с основными возможностями FreeRTOS	Программные таймеры, очереди сообщений, сигналы, флаги, механизмы синхронизации	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>
3.10	Разработка комплексной программы для микроконтроллера с использованием операционной системы FreeRTOS на примере микроконтроллера 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.)	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=24165</a>

### 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	1			2	3
2	Тактовый генератор (RCC)	1			2	3
3	Контроллер прерываний	1			4	5
4	Таймеры	1			6	7
5	Дискретные входы-выходы общего назначения (GPIO)	1			2	3
6	Аналоговые входы (ADC)	1			4	5
7	Интерфейсы UART/USART	1			2	3
8	Интерфейсы SPI и I <sup>2</sup> C				3	3
9	Интерфейс USB	1			2	3
10	Часы реального времени (RTC)	1			2	3

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
11	Встроенная энергонезависимая память микроконтроллера				3	3
12	Операционная система FreeRTOS	1			4	5
13	Методы снижения энергопотребления	1			1	2
14	Системы автоматического регулирования с использованием микроконтроллеров	1			3	4
15	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32			2	2	4
16	Обработка прерываний на микроконтроллере семейства STM32			2	2	4
17	Работа с таймером на микроконтроллере семейства STM32			2	6	8
18	Работа с ADC на микроконтроллере семейства STM32			2	2	4
19	Работа с интерфейсом UART/USART на микроконтроллере семейства STM32			2	2	4
20	Работа с интерфейсом I <sup>2</sup> C на микроконтроллере семейства STM32			2	2	4
21	Работа с интерфейсом SPI на микроконтроллере семейства STM32			2	2	4
22	Работа с интерфейсом USB на микроконтроллере семейства STM32			2	2	4
23	Знакомство с основными возможностями FreeRTOS			2	2	4
24	Разработка комплексной программы для микроконтроллера с использованием операционной системы FreeRTOS на			6	10	16



№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
	примере микроконтроллера семейства STM32					
		12	0	24	72	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 и на сервере Moodle ВГУ moodle.vsu.ru. Во время самостоятельной работы студенты используют электроннобиблиотечные системы, доступные на портале Зональной Библиотеки ВГУ по адресу 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

а) основная литература:

№ 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, 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-1	ПК-1.1	Собеседование, Контрольная работа
2	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32 Обработка прерываний на микроконтроллере семейства STM32 Работа с таймером на микроконтроллере семейства STM32 Работа с ADC на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом UART/USART на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом I <sup>2</sup> C на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом SPI на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом USB на микроконтроллере семейства STM32 Знакомство с основными возможностями FreeRTOS	ПК-1	ПК-1.2	Лабораторные работы
3	Разработка комплексной программы для	ПК-1	ПК-1.3	Лабораторные работы

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
	микроконтроллера с использованием операционной системы FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства STM32			
4	Операционная система FreeRTOS Знакомство с микроконтроллером семейства STM32	ПК-2	ПК-2.1	Собеседование
5	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32 Обработка прерываний на микроконтроллере семейства STM32 Работа с таймером на микроконтроллере семейства STM32 Работа с ADC на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом UART/USART на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом I <sup>2</sup> C на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом SPI на микроконтроллере семейства STM32 Работа с интерфейсом USB на микроконтроллере семейства STM32 Знакомство с основными возможностями FreeRTOS	ПК-2	ПК-2.2	Лабораторные работы
6	Разработка комплексной программы для микроконтроллера с использованием операционной системы FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства STM32	ПК-2	ПК-2.3	Лабораторные работы
7	Системы автоматического регулирования с использованием микроконтроллеров	ПК-3	ПК-3.1	Собеседование, Контрольная работа
8	Разработка комплексной программы для микроконтроллера с использованием операционной системы FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства STM32	ПК-3	ПК-3.2	Лабораторные работы
9	Разработка комплексной программы для микроконтроллера с использованием операционной системы FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства STM32	ПК-3	ПК-3.3	Лабораторные работы

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.

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине

#### **Компетенция ПК-1**

##### Задания закрытого типа

- 1) В составе современного микроконтроллера может быть представлено следующее периферийное оборудование
  - a) Модуль вычисления CRC
  - b) Микрофон
  - c) Аналогово-цифровой преобразователь
  - d) Интерфейс USB
  - e) Жесткий диск
  - f) Радиомодем
- 2) Энергопотребление устройства на основе микроконтроллера может быть снижено за счет
  - a) Снижения тактовой частоты процессора и периферии до минимально достаточной
  - b) Повышения тактовой частоты процессора до максимально возможной
  - c) Отказа от постоянного опроса периферии в цикле и переход к работе по прерываниям с включением спящего режима процессора при отсутствии текущих задач
  - d) Переключения незадействованных линий GPIO в режим с минимальным энергопотреблением (например, в режим аналогового входа для микроконтроллеров STM32)
  - e) Уменьшения размера стека задач
- 3) Встроенный контроллер прерываний (NVIC) в ядрах ARM семейства Cortex-M
  - a) Не поддерживает приоритеты прерываний
  - b) Поддерживает фиксированные приоритеты прерываний
  - c) Поддерживает настраиваемые приоритеты прерываний
- 4) Выберите правильное утверждение
  - a) Каждое аппаратное прерывание в ARM Cortex-M вызвано аппаратным событием (event)
  - b) Каждое аппаратное событие в ARM Cortex-M вызывает прерывание
- 5) Предварительный делитель (prescaler) таймера позволяет
  - a) Понизить частоту тактирования таймера
  - b) Повысить разрядность счетчика таймера
  - c) Использовать таймер вместо АЦП
- 6) Отметьте возможные функции таймера микроконтроллера
  - a) Формирование заданных временных интервалов
  - b) Формирование сигнала ШИМ
  - c) Поддержка инкрементальных энкодеров высокого разрешения
  - d) Тактирование интерфейса USB

7) Интерфейс  $i^2s$  предназначен

- a) Для низкоскоростной передачи небольших блоков данных между интегральными схемами на одной плате
- b) Для беспроводной связи между устройствами в сенсорных сетях
- c) Для передачи видео высокого разрешения между MCU и видеокамерой
- d) Для передачи отсчетов звукового сигнала между MCU и звуковыми кодеками

8) Интерфейс SPI предназначен

- a) Для беспроводной передачи данных и выхода в Интернет
- b) Для передачи видео высокого разрешения
- c) Для связи MCU с другими интегральными схемами, обычно расположенными на той же плате (память, расширители портов и т.п.)
- d) Для передачи высококачественного звука

9) Интерфейс  $i^2c$  предназначен для

- a) Связи между интегральными схемами внутри электронных приборов для соединения низкоскоростных периферийных компонентов с MCU
- b) Передачи высококачественного многоканального звука между MCU и внешним аудиокодеком
- c) Передачи цифровых данных на значительные расстояния в системах промышленной автоматике в условиях сильных электромагнитных помех
- d) Передачи видео высокого разрешения в реальном времени между MCU и внешней видеокамерой

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	a, c, d, f
2	a, c, d
3	c
4	a
5	a
6	a, b, c
7	d
8	c
9	a

Задания открытого типа

- 1) Какое максимальное количество выводов GPIO может быть одновременно настроено для работы с внешними прерываниями в микроконтроллерах семейства STM32
- 2) Какой максимальный коэффициент деления может быть установлен для 16-битного предварительного делителя (precaler) в микроконтроллерах STM32

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1	16
2	65536

Задания с развёрнутым ответом

- 1) Чем микроконтроллер отличается от микропроцессора

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	Микроконтроллер сочетает в одном кристалле микропроцессор (MPU), память (RAM и ROM), интерфейсы (GPIO, UART, ...), другие периферийные устройства и представляет собой универсальный самодостаточный однокристалльный микрокомпьютер

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся точно описал отличие микроконтроллера от микропроцессора	3 балла
Обучающийся точно описал отличие микроконтроллера от микропроцессора. Ответ содержит незначительные неточности	2 балла
Обучающийся недостаточно точно описал отличие микроконтроллера от микропроцессора. Ответ не содержит грубых ошибок или неточностей	1 балл
Обучающийся недостаточно точно описал отличие микроконтроллера от микропроцессора. Ответ содержит грубые ошибки и неточности	0 баллов

### Компетенция ПК-2

#### Задания закрытого типа

- 1) Применение операционной системы при разработке встроенного программного обеспечения позволяет
  - a) Повысить производительность вычислений
  - b) Увеличить объем доступной памяти
  - c) Упростить разработку ПО за счет поддержки многозадачности
  - d) Упростить разработку ПО за счет применения языка программирования высокого уровня
- 2) Программа STM32CubeMX позволяет
  - a) Сконфигурировать выводы микроконтроллера с автоматическим обнаружением конфликтов
  - b) Включить и сконфигурировать необходимое периферийное оборудование микроконтроллера
  - c) Написать код обработчика прерываний
  - d) Сгенерировать С-код инициализации микроконтроллера
- 3) Операционная система FreeRTOS реализует поддержку
  - a) Вытесняющей многозадачности на основе приоритетов
  - b) Корпоративной многозадачности
  - c) Не поддерживает многозадачность
- 4) Операционная система FreeRTOS предоставляет следующие средства синхронизации задач
  - a) Рекурсивный мьютекс
  - b) Считающий семафор
  - c) Блокировка читатель-писатель
  - d) Бинарный семафор
  - e) Барьер синхронизации

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	c
2	a, b, d
3	a, b

4	a, b, d
---	---------

#### Задания открытого типа

- 1) Какие состояния задачи определены в системе FreeRTOS
- 2) Какое максимальное число приоритетов прерываний может поддерживать контроллер прерываний NVIC в микропроцессорах ARM Cortex-M

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1	Выполнение (Running), Готовность (Ready), Блокировка (Blocked), Приостановлена (Suspended)
2	32

#### Задания с развёрнутым ответом

- 1) Опишите преимущества и недостатки использования операционной системы типа FreeRTOS при реализации проекта на микроконтроллере

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	Использование операционной системы, прежде всего, упрощает реализацию параллельных потоков управления в программном обеспечении. Поддержка параллельных потоков позволяет провести декомпозицию общей функции управления на простые процедуры, за счет чего достигается ускорение написания кода, упрощение отладки и существенно снижается риск сохранения в программе необнаруженных ошибок. Также операционная система реализует функции уведомления потоков о событиях, синхронизацию потоков и обмен данными между ними, обеспечивает поддержку критических секций. Операционная система реализует программные таймеры для отложенного или периодического вызова процедур. В качестве недостатка использования операционной системы можно отметить небольшое дополнительное потребление памяти и вычислительного ресурса, но обычно преимущества использования операционной системы оказываются более весомыми.

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся точно описал преимущества и недостатки использования операционной системы для проекта на основе микроконтроллера.	3 балла
Обучающийся точно описал преимущества и недостатки использования операционной системы для проекта на основе микроконтроллера. Ответ содержит незначительные неточности	2 балла
Обучающийся недостаточно точно описал преимущества и недостатки использования операционной системы для проекта на основе микроконтроллера. Ответ не содержит грубых ошибок или неточностей	1 балл
Обучающийся недостаточно точно описал преимущества и недостатки использования операционной системы для проекта на	0 баллов

основе микроконтроллера. Ответ содержит грубые ошибки и неточности	
--	--

### Компетенция ПК-3

#### Задания закрытого типа

- 1) Алгоритм ПД-регулирования формирует управляющее воздействие на основе
  - a) Измеренного значения ошибки регулирования
  - b) Измеренного значения ошибки регулирования и ее производной по времени
  - c) Измеренного значения ошибки регулирования и ее первообразной по времени
  - d) Измеренного значения ошибки регулирования, ее производной и первообразной по времени
- 2) Работа медианного фильтра основана
  - a) На вычислении среднего арифметического значения по отсчетам входных сигналов в окне фильтра
  - b) На вычислении среднего геометрического значения по отсчетам входных сигналов в окне фильтра
  - c) На выборе одного из отсчетов входных сигналов в окне фильтра
  - d) На оценке максимального правдоподобия
- 3) Фильтр Калмана предназначен
  - a) Для подавления шума в звуковых сигналах
  - b) Для защиты от помех в радиоканале
  - c) Для формирования оценок заданных параметров
  - d) Для защиты от дребезга контактов в кнопках и контактных датчиках

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	c
2	a, b, d
3	c

#### Задания открытого типа

- 1) Напишите формулу для вычисления скользящего среднего  $s$  по отсчетам сигнала  $x_n$  с экспоненциальным взвешиванием с параметром  $\alpha$

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1	$s = \alpha s + (1 - \alpha)x_n$

#### Задания с развёрнутым ответом

- 1) Опишите принцип формирования сигнала ШИМ с использованием аппаратного таймера в микроконтроллерах STM32

Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	Аппаратные таймеры могут формировать сигнал ШИМ за счет сравнения текущего значения регистра счетчика (CNT) с числом, записанным в регистре сравнения (CCR). При достижении счетчиком значения в регистре сравнения, уровень сигнала на выходе ШИМ изменяется. Уровень сигнала на выходе ШИМ определяется настройками, для определенности будем предполагать, что уровень сигнала на выходе ШИМ устанавливается в 0 при выполнении условия $CNT \geq CCR$ . Значение счетчика будет инкрементироваться на каждом импульсе



	<p>тактового сигнала таймера до достижения значения, записанного в регистр автоматической перезагрузки (ARR), после чего счетчик сбрасывается, уровень сигнала на выходе ШИМ устанавливается в 1 и цикл формирования импульса ШИМ начинается заново. Таким образом, значение в регистре ARR определяет период ШИМ, а значение в регистре CCR – заполнение. Заполнение ШИМ в процентах можно определить по формуле <math>CCR/ARR*100</math>, при этом заполнение ШИМ не может превысить 100%, даже если <math>CCR &gt; ARR</math></p>
--	--

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся точно описал принципы формирования сигнала ШИМ с использованием аппаратного таймера	3 балла
Обучающийся точно описал принципы формирования сигнала ШИМ с использованием аппаратного таймера. Ответ содержит незначительные неточности	2 балла
Обучающийся недостаточно точно описал принципы формирования сигнала ШИМ с использованием аппаратного таймера. Ответ не содержит грубых ошибок или неточностей	1 балл
Обучающийся недостаточно точно описал принципы формирования сигнала ШИМ с использованием аппаратного таймера. Ответ содержит грубые ошибки и неточности	0 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 через интерфейс UART. Текущие значения измеренных величин должны передаваться по запросу через интерфейс UART.

### 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