

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: Информационные системы в телекоммуникациях

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:

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 |
|------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1. Лекции | | | |
| 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 ² C | Назначение и возможности интерфейсов SPI и I ² 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 | |
| 2. Практические занятия | | | |
| 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 | |
| 3. Лабораторные работы | | | |
| 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 ² 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 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

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

б) дополнительная литература:

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

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

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

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", http://edu.vsu.ru |

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 ² 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