

Минобрнауки России

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

УТВЕРЖДАЮ



Заведующий кафедрой  
Борисов Дмитрий Николаевич  
Кафедра информационных систем

05.03.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.04 Применение микроконтроллеров в технологии интернет вещей

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

09.04.02 Информационные системы и технологии

**2. Профиль подготовки:**

Анализ и синтез информационных систем

**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:**

НМС ФКН, протокол No 5 от 05.03.2025

**8. Учебный год:**

2025-2026

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

Цель: формирование необходимых компетенций для эффективного использования микроконтроллеров в технологиях интернета вещей  
Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть возможности современных микроконтроллеров в технологиях интернета вещей
- рассмотреть методы получения и обработки измерений физических величин с использованием микроконтроллеров
- рассмотреть подходы к реализации коммуникационных протоколов интернета вещей с использованием микроконтроллеров
- рассмотреть подходы к решению задач автоматического регулирования с использованием 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 проектировать архитектуру программного средства	ПК-4.1 Умеет определять состав компонентов программного средства	Знает современное состояние развития и основные семейства микроконтроллеров, технологии разработки встроенного программного обеспечения для них и программно-аппаратные средства отладки Умеет осуществлять оптимальный выбор микроконтроллера, рабочих алгоритмов, технологии программирования и программно-аппаратных средств отладки
ПК-4 Способен проектировать архитектуру программного средства	ПК-4.2 Умеет определять способы взаимодействия между программными подсистемами программного средства	Знает и умеет применять средства синхронизации и межзадачного взаимодействия операционных систем реального времени

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

4/144

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Семестр 2	Всего
Аудиторные занятия	48	48
Лекционные занятия	16	16
Практические занятия		0
Лабораторные занятия	32	32
Самостоятельная работа	60	60
Курсовая работа		0
Промежуточная аттестация	36	36
Часы на контроль	36	36
Всего	144	144

**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	Возможности современных микроконтроллеров в устройствах интернета вещей	Вычислительное ядро современных микроконтроллеров, встроенное периферийное оборудование современных микроконтроллеров, встроенные механизмы снижения	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
		энергопотребления, типичные задачи, решаемые микроконтроллерами в системах интернета вещей	
1.2	Операционная система реального времени 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)	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
1.3	Коммуникационные интерфейсы микроконтроллера	GPIO, ADC/DAC, UART/USART, I2C, SPI, CAN, USB	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
1.4	Аппаратные таймеры в составе микроконтроллеров	Возможности таймеров: формирование однократных и периодических временных интервалов, тактирование АЦП, формирование ШИМ, измерение длительности временных интервалов, поддержка энкодеров высокого разрешения	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
1.5	Реализация коммуникационных протоколов интернета вещей	Modbus, LIN, CAN, 1-Wire, беспроводная передача данных	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
1.6	Системы автоматического регулирования с использованием микроконтроллеров	Получение и обработка измерений физических величин, скользящее среднее (SMA, WMA, EMA), фильтр Калмана, ПИД-регулятор	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
1.7	Методы снижения энергопотребления	Приемы снижения энергопотребления микроконтроллера при использовании радиоканала	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
<b>3. Лабораторные работы</b>			
3.1	Знакомство с микроконтроллером	Использование STM32CubeMX для	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
	семейства STM32 и средствами разработки для него	создания проекта, сборка проекта с использованием STM32CubeIDE, запись программы в память микроконтроллера и отладка программы с использованием программатора ST-LINK	
3.2	Знакомство с операционной системой FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства STM32	Создание задач и программных таймеров, синхронизация задач, очереди сообщений	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
3.3	Работа с таймерами микроконтроллера семейства STM32	Формирование однократных и периодических временных интервалов, тактирование АЦП, формирование ШИМ, измерение длительности временных интервалов	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
3.4	Работа с периферией микроконтроллера семейства STM32	Конфигурирование и использование GPIO, ADC, UART, SPI	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
3.5	Работа с АЦП на микроконтроллере семейства STM32	Калибровка АЦП, настройка непрерывного преобразования по событию таймера и обработка измерений методом скользящего среднего	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
3.6	Работа с протоколом 1-Wire	Инициализация и периодическое получение данных измерения температуры с цифрового датчика типа DS18B20	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
3.7	Реализация протокола Modbus RTU на микроконтроллере семейства STM32	Реализация обобщенной поддержки функций: 1 - чтение значений из нескольких регистров флагов (Read Coil Status) 2 - чтение значений из нескольких дискретных входов (Read Discrete Inputs) 3 - чтение значений из нескольких регистров хранения (Read Holding Registers) 4 - чтение значений из нескольких регистров ввода (Read Input Registers)	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>
3.8	Реализация ПИД-регулятора на	Поддержание заданного значения температуры за	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
	микроконтроллере семейства STM32	счет управления ШИМ	
3.9	Использование режимов экономии энергии на микроконтроллере семейства STM32	Перевод микроконтроллера в спящий режим с периодическим пробуждением по таймеру для проверки контролируемых параметров	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=17571</a>

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

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Возможности современных микроконтроллеров в устройствах интернета вещей	2				2
2	Операционная система реального времени FreeRTOS	2			4	6
3	Коммуникационные интерфейсы микроконтроллера	2			4	6
4	Аппаратные таймеры в составе микроконтроллеров	2			2	4
5	Реализация коммуникационных протоколов интернета вещей	4			4	8
6	Системы автоматического регулирования с использованием микроконтроллеров	2			4	6
7	Методы снижения энергопотребления	2			2	4
8	Знакомство с микроконтроллером семейства STM32 и средствами разработки для него			2	4	6
9	Знакомство с операционной системой FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства STM32			2	4	6
10	Работа с таймерами микроконтроллера семейства STM32			4	4	8

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
11	Работа с периферией микроконтроллера семейства STM32			4	4	8
12	Работа с АЦП на микроконтроллере семейства STM32			4	4	8
13	Работа с протоколом 1-Wire на микроконтроллере семейства STM32			4	4	8
14	Реализация протокола Modbus RTU на микроконтроллере семейства STM32			6	6	12
15	Реализация ПИД-регулятора на микроконтроллере семейства STM32			4	6	10
16	Использование режимов экономии энергии на микроконтроллере семейства STM32			2	4	6
		16	0	32	60	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	Баланов, А. Н. IoT-решения: принципы, примеры, перспективы : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. - Санкт-Петербург : Лань, 2024. - 280 с. - ISBN 978-5-507-49095-0

б) дополнительная литература:

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

[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)

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	Возможности современных микроконтроллеров в устройствах интернета вещей Коммуникационные интерфейсы микроконтроллера Методы снижения энергопотребления	ПК-4	ПК-4.1	Собеседование
	Работа с таймерами микроконтроллера семейства STM3 Работа с периферией микроконтроллера семейства STM32 Работа с АЦП на микроконтроллере семейства STM32	ПК-4	ПК-4.1	Лабораторные работы
2	Операционная система реального времени FreeRTOS Коммуникационные интерфейсы микроконтроллера Аппаратные таймеры в составе микроконтроллеров Реализация коммуникационных	ПК-4	ПК-4.2	Собеседование

№ п/п	Разделы дисциплины (модули)	Код компетенции	Код индикатора	Оценочные средства для текущей аттестации
	протоколов интернета вещей Системы автоматического регулирования с использованием микроконтроллеров			
3	Знакомство с операционной системой FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства SRM32 Работа с протоколом 1-Wire Реализация протокола Modbus RTU на микроконтроллере семейства STM32 Использование режимов экономии энергии на микроконтроллере семейства STM32	ПК-4	ПК-4.2	Лабораторные работы

Промежуточная аттестация

Форма контроля – Экзамен

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Собеседование

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

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Текущий контроль успеваемости выполняется по лабораторным работам.

#### Темы лабораторных работ для 1-й текущей аттестации

1. Знакомство с микроконтроллером семейства STM32 и средствами разработки для него
2. Знакомство с операционной системой FreeRTOS на примере микроконтроллера семейства SRM32
3. Работа с таймерами микроконтроллера семейства STM32
4. Работа с периферией микроконтроллера семейства STM32
5. Работа с АЦП на микроконтроллере семейства STM32

#### Темы лабораторных работ для 2-й текущей аттестации

1. Работа с протоколом 1-Wire на микроконтроллере семейства STM32
2. Реализация протокола Modbus RTU на микроконтроллере семейства STM32
3. Реализация ПИД-регулятора на микроконтроллере семейства STM32
4. Использование режимов экономии энергии на микроконтроллере семейства STM32

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-4**

#### Задания закрытого типа

- 1) В системах интернета вещей микроконтроллеры могут использоваться для
  - а) Измерения параметров аналоговых сигналов с использованием встроенных АЦП и обработка результатов измерений
  - б) Формирования сигналов ШИМ с заданными параметрами

- c) Получения и обработки данных с цифровых датчиков через различные интерфейсы (1-wire,  $i^2c$ , SPI и др.)
  - d) Управления исполнительными устройствами через цифровые интерфейсы (CAN, SPI, UART и др.)
  - e) Высокопроизводительных распределенных вычислений в реальном времени
  - f) Хранения во встроенной энергонезависимой памяти больших объемов данных
- 2) Интерфейс  $i^2c$  предназначен для
- a) Связи между интегральными схемами внутри электронных приборов для соединения низкоскоростных периферийных компонентов с MCU
  - b) Передачи цифровых данных на значительные расстояния в условиях сильных помех
  - c) Машин-машинного взаимодействия между подвижными объектами в системах интернета вещей
- 3) По линии 1-Wire к микроконтроллеру можно подключить
- a) Датчик температуры
  - b) Электронный ключ для аутентификации субъекта доступа
  - c) Датчик влажности воздуха
  - d) Адаптер для подключения промышленного датчика с интерфейсом 4-20мА
- 4) Протокол 1-Wire используется для
- a) Организации двунаправленной шины для низкоскоростной передачи небольших объемов данных между устройствами
  - b) Для передачи видеопотока в системах видеонаблюдения
  - c) Для удаленного управления с низкой задержкой передачи данных
  - d) Для передачи энергии по одному проводу
- 5) Отметьте верные утверждения относительно микроконтроллеров семейства STM32L
- a) Построены на основе процессорных ядер семейства ARM Cortex-M
  - b) Имеют встроенные аппаратные таймеры с широким набором возможностей (генерация ШИМ, поддержка энкодеров и др.)
  - c) Не имеют MMU и не поддерживают виртуальную память
  - d) Ориентированы на минимальное энергопотребление
  - e) Имеют встроенный модем
  - f) Ориентированы на максимальную производительность
- 6) В системах интернета вещей аппаратный таймер микроконтроллера может быть использован для
- a) Формирования сигнала ШИМ с программируемыми параметрами
  - b) Измерения периода и скважности последовательности импульсов
  - c) Формирования сигналов для управления шаговыми двигателями
  - d) Формирования одиночных импульсов заданной длительности
- 7) В некоторых микроконтроллерах семейства STM32 интерфейс UART может иметь аппаратную поддержку следующих возможностей
- a) Работа в режиме LIN-шины
  - b) Управление приемопередатчиком RS-485
  - c) Работа в режиме CAN-шины
  - d) Работа в режиме USB

- 8) Отметьте верные утверждения относительно микроконтроллера TI CC1310
- a) Построен на основе процессорного ядра ARM Cortex-M3
  - b) Построен на основе процессорного ядра ARM Cortex-M7
  - c) Содержит встроенный радиомодем
  - d) Содержит встроенный малопотребляющий сопроцессор для работы с датчиками (Sensor Controller Engine)
  - e) Содержит встроенный сопроцессор для вычислений с плавающей точкой
  - f) Содержит встроенные часы реального времени
- 9) Технология LBT в радиоканале позволяет
- a) Дождаться освобождения радиоканала перед началом передачи, чтобы не создавать помех другим устройствам
  - b) Дождаться освобождения радиоканала перед началом передачи, чтобы избежать помех со стороны других устройств
  - c) Установить строгую очередность передачи данных устройствами
  - d) Повысить чувствительность приемника
- 10) Технология WOR в радиоканале интернета вещей позволяет
- a) Сократить энергопотребление устройства за счет включения приемника только при обнаружении радиосигнала
  - b) Повысить чувствительности приемника
  - c) Повысить скорости передачи данных
  - d) Снизить уровня помех для других устройств
- 11) Программа STM32CubeMX позволяет
- a) Сконфигурировать выводы микроконтроллера семейства STM32c автоматическим обнаружением конфликтов
  - b) Сконфигурировать выводы микроконтроллера семейства TI CC131x с автоматическим обнаружением конфликтов
  - c) Включить и сконфигурировать необходимое периферийное оборудование микроконтроллера семейства STM32
  - d) Отладить работу обработчика прерываний таймера
  - e) Сгенерировать код для SCE микроконтроллера TI CC1310
- 12) SmartRF Studio позволяет
- a) Сконфигурировать встроенный радиомодем микроконтроллера TI CC1310
  - b) Оптимизировать работу модуля Wi-Fi в ноутбуке
  - c) Рассчитать дальность передачи данных в радиоканале
  - d) Сконфигурировать Sensor Controller Engine микроконтроллера TI CC1310
  - e) Сконфигурировать модуль Bluetooth мобильного телефона
- 13) Отметьте, какие из перечисленных ниже решений могут быть использованы для снижения энергопотребления при реализации устройства интернета вещей на микроконтроллере
- a) Отключение не задействованной периферии микроконтроллера
  - b) Динамическое снижение тактовой частоты процессора до минимально возможной в зависимости от текущей задачи

- c) Отключение тактирования процессора (переход в спящий режим) с пробуждением по прерываниям
  - d) Отключение прерывания главного таймера операционной системы в режиме простоя, когда нет активных задач (tickless mode)
  - e) Повышение тактовой частоты интерфейсов для сокращения времени обмена
  - f) Отказ от семафоров и использование только spin-блокировок для синхронизации задач
- 14) Отметьте преимущества, которые дает использование операционной системы при разработке ПО для микроконтроллера
- a) Поддержка многозадачности
  - b) Инструменты для синхронизации задач и передачи данных между ними
  - c) Программные таймеры
  - d) Экономия памяти
  - e) Повышение производительности вычислений
- 15) Отметьте основные недостатки протокола Modbus
- a) Не предусмотрена аутентификация устройств и шифрование данных
  - b) Ведомое устройство не может инициировать начало передачи
  - c) Ограниченный набор типов и форматов данных
  - d) Сложность реализации
- 1) Какие преимущества могут быть получены в автономном устройстве интернета вещей с питанием от батареи при использовании микроконтроллера TI CC1310
- a) Снижение сложности и габаритов устройства за счет встроенного радиомодема
  - b) Существенное снижение энергопотребления устройства за счет использования сопроцессора SCE
  - c) Повышение точности измерений за счет высокой разрядности АЦП
  - d) Ускорение вычислений с плавающей точкой за счет использования встроенного сопроцессора FPE

#### Ответы на вопросы

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

14	a, b, c
15	a, b
16	a, b

#### Задания открытого типа

- 1) Какая максимальная разрядность АЦП в микроконтроллерах семейства STM32
- 2) Какая разрядность у АЦП в составе SCE микроконтроллера TI CC1310
- 3) С помощью встроенного таймера микроконтроллера необходимо реализовать ШИМ для управления яркостью лампы. Требуется обеспечить не менее 100 уровней яркости от нулевой (выключено) до максимальной при частоте мерцаний не ниже 400 Гц. Какая минимальная частота тактирования таймера должна быть использована? Ответ выразить в килогерцах (кГц).
- 4) Чему равна стандартная частота тактирования (CLK) интерфейса  $i^2c$ ? Ответ выразите в кГц

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ
1	12
2	12
3	40
4	100

#### Задания с развёрнутым ответом

- 1) Опишите основные принципы протокола Modbus RTU
- 2) Опишите подходы к реализации программной защиты от дребезга контактов при подключении к микроконтроллеру кнопок и контактных датчиков
- 3) Опишите основные методы снижения энергопотребления устройства интернета вещей при использовании радиоканала
- 4) Опишите типовую модель использования сопроцессора Sensor Controller Engine (SCE) микроконтроллера TI CC1310 для снижения энергопотребления

#### Ответы на вопросы

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	Протокол Modbus RTU предназначен для передачи данных между электронными модулями в системах промышленной автоматике, умного дома и интернета вещей. Работает по принципу ведущий-ведомый, при этом к линии Modbus RTU могут подключаться несколько ведомых устройств, различаемых по адресам. Ведомое устройство представлено как набор адресуемых регистров, которые может читать и записывать ведущее устройство. Размерность регистра 16 бит или 1 бит, в зависимости от типа регистра. В одном запросе можно записать или прочитать несколько регистров, но весь объем передаваемых данных должен располагаться в одном пакете размером не более 256 октетов, включая адреса и другие служебные поля. Всего в адресном пространстве ведомого устройства может быть до 216 регистров каждого типа. Посредством чтения и записи регистров можно получать данные и управлять ведомыми устройствами.

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
---------------------	-------------------------

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся правильно описал назначение и основы организации протокола Modbus RTU.	3 балла
Обучающийся правильно описал назначение и основы организации протокола Modbus RTU. Ответ содержит незначительные неточности	2 балла
Обучающийся не точно описал назначение и основы организации протокола Modbus RTU. Ответ не содержит грубых ошибок или неточностей	1 балл
Обучающийся не точно описал назначение и основы организации протокола Modbus RTU. Ответ содержит грубые ошибки и неточности	0 баллов

Номер вопроса	Ответ (буква)
2	<p>Дребезг – неконтролируемое случайное многократное замыкание-размыкание контактов при изменении состояние механического переключателя. Дребезг контактов наблюдается у подавляющего большинства механических переключателей, кроме ртутных и некоторых типов переключателей со сдвижными контактами, например, галетных переключателей. Длительность дребезга контактов зависит от конструкции и габаритов переключателя и для типичных переключателей в устройствах интернета вещей составляет несколько миллисекунд. При подключении контактного датчика, кнопки или переключателя к входу микроконтроллера, из-за дребезга при каждом срабатывании датчика или кнопки будет фиксироваться множественное переключение, что приведет к некорректной работе устройства.</p> <p>При использовании микроконтроллера защита от дребезга контактов может быть реализована программно, без усложнения аппаратной части устройства. Существует два основных подхода к реализации программной защиты от дребезга контактов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) отложенная проверка состояния контакта;</li> <li>2) непрерывный мониторинг состояния контакта до завершения переходного процесса (дребезга).</li> </ol> <p>В обоих случаях состояние контакте определяется в программе дополнительной булевой переменной вместо прямого чтения с регистра ввода GPIO.</p> <p>На входе GPIO, к которому подключен контактный датчик, настраивается режим запроса внешних прерываний по любому изменению уровня сигнала.</p> <p>При первом подходе при возникновении прерывания EXTI по каналу подключения переключателя запускается однократный таймер с таймаутом длительностью несколько миллисекунд, но заведомо превосходящим длительность дребезга контактов используемого переключателя. На время выдержки таймера прерывание EXTI по каналу переключателя маскируется. После срабатывания таймера новое значение переменной состояния контакта устанавливается по состоянию регистра ввода GPIO, флаг запроса прерывания очищается (скорее всего, он был установлен из-за дребезга) и прерывания снова разрешаются. Так как выдержка таймера измеряется миллисекундами, целесообразно использовать программный таймер.</p> <p>При втором подходе при возникновении прерывания EXTI по каналу подключения переключателя запускается периодический таймер с периодом порядка 10-100 мкс, так чтобы длительность дребезга составляла бы порядка 10 периодов таймера. Прерывания EXTI по каналу подключения датчика маскируются. При каждом срабатывании таймера из регистра ввода GPIO считывается состояние переключателя и сравнивается с предыдущим состоянием, на прошлом периоде таймера. Если полученное состояние такое же, как и было на предыдущем периоде, то проверка полагается успешной. При</p>

	<p>этом подсчитывается число успешных проверок. Если состояние контакта изменилось, то счетчик успешных проверок очищается. Если счетчик успешных проверок достиг порогового значения, обычно 3-7, то таймер останавливается, флаг запроса прерывания очищается (скорее всего, он был установлен из-за дребезга) и прерывания снова разрешаются. Переменная состояния контакта устанавливается по результату последней проверки. Поскольку период таймера в этом способе составляет менее 1 мс, требуется задействовать аппаратный таймер, что можно отнести к недостаткам данного подхода, поскольку число аппаратных таймеров микроконтроллера ограничено. С другой стороны данный алгоритм имеет меньшую латентность и автоматически приспосабливается к изменению продолжительности дребезга, например, из-за изменения условий окружающей среды.</p>
--	---

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся точно и достаточно полно описал возможные решения реализации программной защиты от дребезга контактов	3 балла
Обучающийся достаточно полно описал возможные решения реализации программной защиты от дребезга контактов. Ответ содержит незначительные неточности.	2 балла
Обучающийся в целом описал возможные решения реализации программной защиты от дребезга контактов. Ответ не содержит грубых ошибок и неточностей.	1 балл
Обучающийся не описал возможные решения реализации программной защиты от дребезга контактов. Ответ содержит грубые ошибки или неточности.	0 баллов

Номер вопроса	Ответ (буква)
3	<p>1. Минимизация использования передатчика.</p> <p>Передатчик является наиболее мощным потребителем энергии в радиомодеме, поэтому его использование должно быть сведено к минимуму. Протокол связи должен включать передатчик на минимальное время только при необходимости передачи новых данных (многократной передачи одних и тех же данных следует избегать).</p> <p>2. Использование дежурного приема (WOR).</p> <p>В режиме дежурного приема работает только система обнаружения преамбулы сообщения, остальные системы приемника (слежение за частотой, демодулятор, декодер и т.п.) отключены, но они автоматически включаются при обнаружении преамбулы.</p> <p>3. Использование приема по расписанию.</p> <p>Приемник полностью отключен и включается в режиме дежурного приема только во время действия окна приема (промежутка времени, в течение которого возможна передача данных). Требуется синхронизация часов всех взаимодействующих устройств.</p>

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся правильно указал основные методы снижения энергопотребления при использовании радиоканала.	3 балла
Обучающийся правильно указал основные методы снижения энергопотребления при использовании радиоканала. Ответ	2 балла

содержит незначительные неточности.	
Обучающийся отметил только отдельные методы снижения энергопотребления при использовании радиоканала. Ответ не содержит грубых ошибок и неточностей.	1 балл
Обучающийся отметил только отдельные методы снижения энергопотребления при использовании радиоканала. Ответ содержит грубые ошибки или неточности.	0 баллов

Номер вопроса	Ответ (буква)
1	<p>Sensor Controller Engine (SCE) – это сверхэкономичный сопроцессор в составе микроконтроллера. Он имеет доступ к части периферийных устройств (GPIO, ADC), также имеет встроенный таймер.</p> <p>Идея использования SCE для снижения энергопотребления состоит в том, чтобы остановить (перевести в спящий режим) основной процессор и периодически контролировать состояние входов микроконтроллера и помочь SCT. Если сигналы на входах микроконтроллера выходят за установленные пределы или обнаруживается срабатывание какого-либо внешнего датчика, SCE активирует основной процессор для обработки события.</p>

Критерии оценивания	Шкала оценок (в баллах)
Обучающийся точно и достаточно полно описал типовую модель использования SCE TI CC1310 для снижения энергопотребления.	3 балла
Обучающийся достаточно полно описал типовую модель использования SCE TI CC1310 для снижения энергопотребления. Ответ содержит незначительные неточности.	2 балла
Обучающийся недостаточно точно и полно описал типовую модель использования SCE TI CC1310 для снижения энергопотребления. Ответ не содержит грубых ошибок или неточностей.	1 балл
Обучающийся не описал типовую модель использования SCE TI CC1310 для снижения энергопотребления. Ответ содержит грубые ошибки или неточности.	0 баллов

## 20.2 Промежуточная аттестация

### Вопросы к собеседованию

1. Возможности современных микроконтроллеров в устройствах интернета вещей
2. Встроенное периферийное оборудование современных микроконтроллеров
3. Встроенные таймеры микроконтроллера
4. Формирование ШИМ (PWM) с использованием встроенного аппаратного таймера.
5. Сторожевой таймер (watchdog)
6. Дискретные входы-выходы общего назначения (GPIO)
7. Встроенный АЦП микроконтроллера, калибровка и способы получения данных
8. Коммуникационные интерфейсы микроконтроллера
9. Протокол Modbus
10. Протокол 1-Wire
11. Базовые технические решения для реализации радиоканала в системах интернета вещей
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**

Собеседование производится в форме устного ответа на заданный вопрос. При необходимости преподаватель может задавать уточняющие вопросы. Ответ оценивается по 100 бальной шкале.

#### Примеры КИМ для экзамена

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Возможности современных микроконтроллеров в устройствах интернета вещей.
2. Формирование ШИМ (PWM) с использованием встроенного аппаратного таймера.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Встроенное периферийное оборудование современных микроконтроллеров.
2. Базовые технические решения для реализации радиоканала в системах интернета вещей.

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Встроенный АЦП микроконтроллера, калибровка и способы получения данных.
2. Задачи FreeRTOS, создание и удаление, приоритет задачи, стек задачи.

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Методы снижения энергопотребления микроконтроллеров.
2. Очереди сообщений FreeRTOS.

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины, осуществляется в ходе двух текущих и промежуточной аттестаций. При оценивании результатов промежуточной аттестации используется количественная шкала оценок. Оценки за текущие аттестации и собеседование на экзамене 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