



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Института электроэнергетики и  
электроники

\_\_\_\_\_ Р.Р. Гибадуллин

« 24 » февраля 2026г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Б1.В.ДЭ.01.02.03 Микропроцессоры в устройствах контроля**

---

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность  
(профиль) Цифровая автоматизация и роботизация в энергетике  
\_\_\_\_\_

Квалификация \_\_\_\_\_  
Магистр

г. Казань, 2026

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО
ТОЭ	Доцент, к.т.н.	Вассунова Ю.Ю.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра – разработчик «Теоретические основы электротехники»	28.01.2026	№7	Зав. кафедрой, д.т.н, профессор Садыков М.Ф.
Согласована	Выпускающая кафедра – «Теоретические основы электротехники»	28.01.2026	№7	Зав. кафедрой, д.т.н, профессор Садыков М.Ф.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	24.02.2025	№5	Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Гибадуллин Р.Р.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	24.02.2025	№6	Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Гибадуллин Р.Р.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов компетенций в области применения современных микропроцессорных систем и микроконтроллеров для построения интеллектуальных устройств контроля, автоматизации и роботизированных комплексов в энергетике

Задачами дисциплины являются:

- Изучение архитектуры и принципов функционирования современных микроконтроллеров .
- Освоение методов проектирования аппаратной части микропроцессорных устройств контроля параметров энергетических установок.
- Формирование практических навыков разработки программного обеспечения на языке С для задач цифрового управления, измерения и диагностики в энергетике.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен осуществлять эксплуатацию, развитие и цифровую трансформацию систем автоматизации и управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов	ПК-1.8 Способен выбирать метрологическое обеспечение для эксплуатации цифровых систем контроля качества электроэнергии

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. \_

Б1.В.01 Цифровые системы автоматизации и управления

Б1.В.02 Программируемые логические контроллеры автоматизированных систем

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. \_

Б1.В.ДЭ.01.02.01 Цифровое моделирование и создание цифровых двойников

Б2.В.02(П) Производственная практика (проектная)

Б2.В.03(Пд) Производственная практика (преддипломная)

Б3.01 Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			3		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	38	38		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,7	24	24		
Лекции	0,2	8	8		
Практические (семинарские) занятия	0,5	16	16		
Лабораторные работы					
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,3	84	84		
Проработка учебного материала	1,3	48	48		
Курсовой проект		-			
Курсовая работа		-			
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			-		

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. АРХИТЕКТУРА И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	16	2		2	12	ТК1	ПК-1.8.3 ПК-1.8.У ПК-1.8.В
Раздел 2. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ	30	4		8	18	ТК2	ПК-1.8.3 ПК-1.8.У ПК-1.8.В
Раздел 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И КОММУНИКАЦИЯ	26	2		6	18	ТК3	ПК-1.8.3 ПК-1.8.У ПК-1.8.В
Экзамен	36				36	ОМ	ПК-1.8.3 ПК-1.8.У ПК-1.8.В
<b>ИТОГО</b>	108	<b>8</b>		16	<b>84</b>		

### **3.3. Содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Тема 1.1. АРХИТЕКТУРА И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ**

Эволюция и классификация микропроцессорных средств для энергетики. Архитектура ядра ARM Cortex-M и подсистема памяти. Система тактирования и управления питанием

#### **Раздел 2. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

Тема 2.1. Организация ввода/вывода дискретных сигналов. Таймеры.

Порты ввода/вывода (GPIO): структура выходного каскада (push-pull, open-drain), режимы настройки (вход с подтяжкой, выход, альтернативная функция). Электрическое согласование, гальваническая развязка и защита цепей. Общая архитектура таймеров: предделитель, счетчик, регистры автоперезагрузки. Режимы работы таймеров: генерация прерываний по времени, входной захват (измерение частоты, длительности импульса), выходное сравнение (генерация импульсов заданной длительности), режим ШИМ (PWM).

Тема 2.2. Аналого-цифровое преобразование и датчики в энергетике. Генерация управляющих сигналов. Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) и компараторы. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП). Компараторы и защита. Управление силовыми ключами.

#### **Раздел 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И КОММУНИКАЦИЯ**

. Разработка алгоритмов управления и цифровая обработка сигналов (ЦОС). Промышленные интерфейсы связи и сетевые технологии. Инструментальные средства разработки и обеспечение надежности

### **3.4. Тематический план практических занятий**

Практическое занятие №1. Знакомство со средой разработки и проектирование простейших алгоритмов ввода/вывода

Практическое занятие №2. Работа с системными таймерами и прерываниями

Практическое занятие №3. Генерация сигналов с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)

Практическое занятие №4. Аналого-цифровое преобразование и визуализация данных.

Практическое занятие №5. Управление с обратной связью. ПИД-регулятор

Практическое занятие №6. Цифровая обработка сигналов. Фильтрация

Практическое занятие №7. Прямой доступ к памяти (DMA) и высокоскоростной сбор данных

Практическое занятие №8. Организация обмена данными по последовательному интерфейсу (UART/RS-485)

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

*«Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».*

### **3.6. Курсовой проект /курсовая работа**

*«Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».*

#### 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.8	<p>знать:</p> <p>Принципы построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схемотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для интеграции в системы контроля качества электроэнергии</p> <p>уметь:</p>	<p>Свободно владеет принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схемотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для интеграции в системы</p>	<p>В основном знает принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схемотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для интеграции в системы</p>	<p>Частично знает принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схемотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для интеграции в системы</p>	<p>Не знает принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схемотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для интеграции в системы</p>

		<p>Конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>Свободно умеет конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>В основном умеет конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>Не всегда умеет конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>Не умеет выполнять конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>
		<p><b>владеть:</b></p>				

		Навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче данных по промышленным сетям	Уверенно владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче	Владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче	Частично владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче	Не владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче
--	--	--	--	---	--	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

*Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.*

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### 5.1.1. Основная литература

1. Золкин, А. Л. Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления технологическими процессами : учебное пособие для вузов / А. Л. Золкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 160 с. — ISBN 978-5-507-52443-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/488963>

2. Смирнов, Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-1379-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211292>.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Добдин, С. Ю. Основы цифровой электроники и микропроцессорных систем: от теории к практике : учебное пособие для вузов / С. Ю. Добдин, А. В. Скрипаль. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 340 с. — ISBN 978-5-507-53863-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/513475>.

2. Шагурин, И. И. Микроконтроллеры и их применение в электронной аппаратуре :

учебное пособие / И. И. Шагурин, М. О. Мокрецов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 160 с. — ISBN 978-5-7262-1827-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75815>

3. Опадчий Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника. Полный курс : учебник для вузов / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; под ред. О. П. Глудкина. - Москва : Горячая Линия - Телеком, 2005. - 768 с. : ил. - ISBN 5-93517-002-7. - Текст : непосредственный.

4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Питер, 2007. - 751 с. : ил. - (Учебник для вузов). - ISBN 5-469-00816-9. - Текст : непосредственный.

5. Гетманов, В. Г. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В. Г. Гетманов. — 2-е изд. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 232 с. — ISBN 978-5-7262-1304-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75740>.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com/>)
2. ДК размещенный в LMS Moodle 3.03. Интернет тренажеры: [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru).

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Международная реферативная база данных ([http:// link.springer.com](http://link.springer.com)).
2. Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU" (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
3. Российская государственная библиотека (<http://www.rsl.ru>)
4. Энциклопедии, словари, справочники (URL: <http://www.rubricon.com>).

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Пользовательская операционная система Windows 10.
2. ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента LMS Moodle. Современное программное обеспечение. <https://download.moodle.org/releases/latest/>
3. Система поиска информации в сети интернет Браузер Chrome
4. Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PD Adobe Acrobat "ИРБИС 64 (модульная поставка): АРМ «Читатель», АРМ "Книговыдача

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видекамеры, программное

Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное
-----------------------------	---

## **6. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www/kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляют обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию

устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **7. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

### *Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

### *Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

### *Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
по дисциплине

**Б1.В.ДЭ.01.02.03 Микропроцессоры в устройствах контроля**

Направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность  
(профиль)

Цифровая автоматизация и роботизация в энергетике

Квалификация

Магистр



# 1. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.8	знать:				
Способен осуществлять эксплуатацию, развитие и цифровую трансформацию систем автоматизации и управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергообъектов	Способен выбирать метрологическое обеспечение для эксплуатации цифровых систем контроля качества электроэнергии	Принципы построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схмотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для	Свободно владеет принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схмотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для	В основном знает принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схмотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для	Частично знает принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схмотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для	Не знает принципами построения архитектуры современных микроконтроллеров, методы организации тактирования и управления питанием; структуру и режимы работы периферийных модулей, используемых для измерения параметров электрической сети; физические основы и схмотехнические решения согласования, гальванической развязки и защиты цепей ввода/вывода, а также типы промышленных интерфейсов связи и протоколов для
			уметь:			

		<p>Конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>Свободно умеет конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>В основном умеет конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>Не всегда умеет конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>	<p>Не умеет выполнять конфигурировать систему тактирования и периферийные модули микроконтроллера для решения задач контроля электроэнергетических величин; разрабатывать алгоритмы первичной цифровой обработки сигналов; обоснованно выбирать схемы сопряжения и интерфейсы связи для обеспечения заданной точности, надежности и функциональности устройства</p>
		<p><b>владеть:</b></p>				

		Навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче данных по промышленным сетям	Уверенно владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче данных по промышленным сетям	Владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче данных по промышленным сетям	Частично владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче данных по промышленным сетям	Не владеет навыками проектирования законченных узлов систем контроля на базе микроконтроллера: от выбора элементной базы и конфигурации периферии в среде разработки до реализации алгоритмов измерения параметров качества электроэнергии и обеспечения их достоверности при передаче данных по промышленным сетям
--	--	--	---	--	---	---

Оценка **«Отлично»** выставляется студенту, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой.

Оценка **«Хорошо»** выставляется студенту, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендуемой учебной программой.

Оценка **«Удовлетворительно»** выставляется студенту, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимом для дальнейшей учебы, справился с выполнением заданий, знаком с основной литературой.

Оценка **«Неудовлетворительно»** выставляется студенту, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы

## 2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру	Комплект тестовых заданий
Контрольная работа (КнТР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

### **3. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

#### **Текущий контроль ТК1:**

Проверяемая компетенция: **ПК-1.8.3, ПК-1.8.У, ПК-1.8.В**

#### **ТЕСТ**

1. Какой критерий является определяющим при выборе архитектуры микроконтроллера (например, ARM Cortex-M) для устройства контроля качества электроэнергии, предназначенного для анализа высших гармоник до 40-го порядка?

- A. Максимальная тактовая частота ядра
- B. Наличие математического сопроцессора (FPU) и производительность АЦП
- C. Количество портов ввода/вывода
- D. Наличие энергонезависимой памяти

Правильный ответ: B

2. Какое преимущество обеспечивает использование ядер ARM Cortex-M в современных микроконтроллерах для энергетики по сравнению с устаревшими CISC-архитектурами?

- A. Упрощенная система команд и снижение энергопотребления
- B. Более высокое напряжение питания для помехоустойчивости
- C. Отсутствие необходимости в тактовом генераторе
- D. Возможность работы без кварцевого резонатора

Правильный ответ: A

3. Для решения задачи синхронизации измерений в цифровой подстанции (стандарт IEEE 1588) критически важным является наличие в микроконтроллере...

- A. ...большого объема Flash памяти.
- B. ...интерфейса Ethernet с аппаратной поддержкой временных меток.
- C. ...аналогового компаратора.
- D. ... 8-битного таймера.

Правильный ответ: B

4. Что из перечисленного относится к "метрологическому обеспечению" при выборе микроконтроллера для системы контроля электроэнергии (согласно ПК-1.8)?

- A. Наличие лицензированной среды разработки

- B. Разрядность и частота дискретизации встроенного АЦП
- C. Количество выводов корпуса
- D. Популярность бренда производителя

Правильный ответ: B

5. К какому классу микропроцессорных средств относятся устройства, предназначенные для жесткого управления в реальном времени (например, защита энергооборудования)?
- A. Универсальные микропроцессоры (General Purpose CPU)
  - B. Сигнальные процессоры (DSP)
  - C. Микроконтроллеры (MCU)
  - D. Программируемые логические интегральные схемы (FPGA)

Правильный ответ: C

6. Какой компонент архитектуры ARM Cortex-M отвечает за приоритетное распределение обработки прерываний от периферийных модулей, критичных для контроля сети (например, переполнение таймера или завершение измерения АЦП)?
- A. Memory Protection Unit (MPU)
  - B. Floating Point Unit (FPU)
  - C. Nested Vectored Interrupt Controller (NVIC)
  - D. Direct Memory Access (DMA)

Правильный ответ: C

7. Для чего предназначена подсистема прямого доступа к памяти (DMA) в микроконтроллере при измерении параметров электрической сети?
- A. Для увеличения тактовой частоты ядра
  - B. Для передачи данных из АЦП в оперативную память без участия ядра, разгружая процессор для вычислений
  - C. Для защиты памяти от несанкционированного доступа
  - D. Для эмуляции последовательного порта

Правильный ответ: B

8. Какая шина в архитектуре ARM Cortex-M обычно используется для соединения ядра с высокоскоростной периферией, такой как таймеры и контроллеры прерываний?
- A. Системная шина (System Bus)
  - B. Шина ввода/вывода (I/O Bus)
  - C. Шина данных АЦП
  - D. Шина отладки (Debug Bus)

Правильный ответ: A

9. Благодаря какой особенности архитектуры ARM Cortex-M обеспечивается детерминизм и предсказуемость времени запуска обработчика прерывания, что критично для систем реального времени?
- A. Конвейерная архитектура
  - B. Векторизованные прерывания с фиксированным временем входа
  - C. Наличие кэш-памяти
  - D. Использование внешней SDRAM

Правильный ответ: B

10. Если в устройстве контроля качества электроэнергии используется сложный алгоритм цифровой обработки сигналов (БПФ), то выбор микроконтроллера с ядром Cortex-M4 или M7 предпочтительнее, чем Cortex-M0+, из-за наличия...

- A. ...большого количества таймеров.
- B. ...блока вычислений с плавающей запятой (FPU) и DSP-инструкций.
- C. ...пониженного энергопотребления.
- D. ...5-вольтовых входов.

Правильный ответ: B

11. Какой элемент системы тактирования микроконтроллера позволяет получить тактовую частоту ядра выше частоты кварцевого резонатора (например, 168 МГц из 8 МГц)?

- A. Делитель частоты (Prescaler)
- B. Сторожевой таймер (WDT)
- C. Фазовая автоподстройка частоты (PLL)
- D. Генератор на RC-цепочке

Правильный ответ: C

12. Для прецизионного измерения частоты сети 50 Гц с помощью таймера, точность тактовой частоты микроконтроллера должна быть...

- A. ...как можно ниже для экономии энергии.
- B. ...высокой и стабильной, чтобы минимизировать погрешность измерения.
- C. ...кратной 50 Гц.
- D. ...нестабильной для усреднения шумов.

Правильный ответ: B

13. С какой целью при проектировании системы контроля энергопотребления используется внутренний высокочастотный RC-генератор (HSI) вместо внешнего кварца?

- A. Для повышения точности тактирования
- B. Для снижения стоимости и упрощения схемы (экономия места на плате)
- C. Для увеличения тактовой частоты
- D. Для гальванической развязки

Правильный ответ: B

14. Что произойдет с работой устройства контроля, если тактировать АЦП от низкоточного внутреннего генератора при измерении параметров, требующих высокой точности (согласно ПК-1.8)?

- A. Повысится скорость преобразования
- B. Увеличится погрешность дискретизации, что приведет к неверному расчету параметров сети
- C. АЦП выйдет из строя
- D. Уменьшится энергопотребление

Правильный ответ: B

15. Какой периферийный блок микроконтроллера обычно тактируется от низкочастотного генератора (LSE на 32.768 кГц) и позволяет вести подсчет реального времени даже в спящем режиме?

- A. SysTick timer
- B. Real-Time Clock (RTC)
- C. Сторожевой таймер (IWDG)
- D. ШИМ-таймер

Правильный ответ: B

16. Для чего в устройстве контроля качества электроэнергии, работающем периодически (например, автономный регистратор), используются режимы пониженного энергопотребления (Sleep, Stop) микроконтроллера?

- A. Для увеличения тактовой частоты при пробуждении
- B. Для сохранения данных при сбое питания
- C. Для продления срока службы автономного питания (батарей) в периоды бездействия
- D. Для защиты от короткого замыкания

Правильный ответ: C

17. Какой метод управления питанием позволяет отключать тактирование неиспользуемых периферийных модулей (таймеров, интерфейсов) для снижения динамического энергопотребления?

- A. Понижение напряжения питания ядра
- B. Тактирование периферии через PLL
- C. Периферийное тактирование с отдельными выключателями (Peripheral Clock Gating)
- D. Использование сторожевого таймера

Правильный ответ: C

18. В какой режим питания необходимо перевести микроконтроллер, чтобы при сохранении содержимого оперативной памяти и регистров максимально снизить потребление, но быстро выйти из него по внешнему событию (например, для фиксации аварии в сети)?

- A. Режим сна (Sleep Mode)
- B. Режим остановки (Stop Mode) с пробуждением по EXTI
- C. Режим выключения (Shutdown Mode) с потерей данных
- D. Рабочий режим (Run Mode)

Правильный ответ: B

19. Согласно ПК-1.8, выбор микроконтроллера с низким энергопотреблением в активном режиме (мкА/МГц) важен для...

- A. ...обеспечения гальванической развязки.
- B. ...снижения нагрева устройства в герметичном корпусе и повышения надежности.
- C. ...поддержки протокола Modbus.
- D. ...увеличения скорости АЦП.

Правильный ответ: B

20. Какой блок микроконтроллера позволяет вывести ядро из режима пониженного энергопотребления при обнаружении критического изменения параметра сети (например, превышения порога напряжения на компараторе)?

- A. Контроллер прерываний (NVIC), принимающий сигнал от пробуждаемой периферии
- B. DMA-контроллер
- C. Видео-контроллер
- D. Блок теневых регистров

Правильный ответ: A

21. Что понимается под "архитектурой" микроконтроллера при его выборе для задач энергетики?

- A. Тип корпуса и расположение выводов
- B. Организация аппаратных средств (система команд, память, набор периферии, шины) и принципы их взаимодействия
- C. Цвет и маркировка чипа
- D. Версия программного обеспечения отладчика

Правильный ответ: B

22. Почему для промышленных устройств контроля энергетики (ПК-1.8) часто выбирают микроконтроллеры с расширенным температурным диапазоном (-40°C ... +105°C)?
- A. Для возможности разгона процессора
  - B. Для обеспечения стабильной работы в тяжелых условиях эксплуатации (на улице, в цеху)
  - C. Это удешевляет производство
  - D. Для работы от пониженного напряжения

Правильный ответ: B

23. Какое свойство подсистемы памяти микроконтроллера напрямую влияет на возможность реализации сложных алгоритмов ЦОС (например, БПФ на 1024 точки с двойной точностью)?
- A. Тип памяти (Flash или EEPROM)
  - B. Объем оперативной памяти (SRAM)
  - C. Наличие байта защиты памяти
  - D. Возможность записи Flash во время выполнения программы

Правильный ответ: B

24. Согласно предоставленному описанию "Уметь", для чего специалисту необходимо уметь конфигурировать систему тактирования?
- A. Для изменения цвета светодиода на отладочной плате
  - B. Для обеспечения требуемой производительности измерительного тракта (АЦП, таймеры)
  - C. Для переименования файлов в проекте
  - D. Для подключения к Wi-Fi

Правильный ответ: B

25. Владение методикой выбора микроконтроллера на основе анализа требований (ПК-1.8) подразумевает умение...
- A. ...паять микросхемы с большим количеством выводов.
  - B. ...соотносить параметры сети (частоту дискретизации, разрядность) с характеристиками ядра и периферии MCU.
  - C. ...написать игру для микроконтроллера.
  - D. ...провести тендер на поставку оборудования.

Правильный ответ: B

26. Для сопряжения микроконтроллера (3.3В) с внешним реле (5В или 12В) и обеспечения гальванической развязки в цепи управления необходимо применить:
- A. Делитель напряжения на резисторах
  - B. Оптопару и силовой ключ
  - C. Прямое подключение к выводу GPIO
  - D. Усилитель на операционном усилителе

Правильный ответ: B

27. Какой тип промышленного интерфейса, поддерживаемый многими микроконтроллерами ARM Cortex-M, чаще всего используется для организации распределенных сетей сбора данных на подстанциях (например, для связи с интеллектуальными датчиками)?
- A. I2C
  - B. SPI
  - C. RS-485 (на базе UART + драйвер)
  - D. 1-Wire

Правильный ответ: C

28. Наличие интерфейса CAN (или CAN-FD) в микроконтроллере для энергетики является преимуществом, так как позволяет:
- A. Подключать клавиатуру и мышь.
  - B. Интегрировать устройство в бортовые сети автоматики и системы управления двигателями.
  - C. Выводить изображение на монитор.
  - D. Создать веб-сервер на устройстве.

Правильный ответ: B

29. Какая задача решается с помощью гальванической развязки цепей ввода/вывода микроконтроллера в устройстве контроля сети?
- A. Увеличение скорости обработки данных
  - B. Защита дорогостоящей микропроцессорной части от высоковольтных импульсов и помех со стороны "поля"
  - C. Согласование уровней логических сигналов
  - D. Фильтрация высокочастотных гармоник

Правильный ответ: B

30. Если в техническом задании на систему контроля (ПК-1.8) требуется обеспечить "достоверность при передаче данных по промышленным сетям", то при выборе микроконтроллера следует обратить внимание на наличие:
- A. ...аппаратной поддержки CRC (циклического избыточного кода) для коммуникационных периферийных модулей.
  - B. ...большого количества светодиодов на отладочной плате.
  - C. ...цветного ЖК-дисплея.
  - D. ...звукового пьезоизлучателя.

Правильный ответ: A

### **Текущий контроль ТК2:**

Проверяемая компетенция: **ПК-1.8.3, ПК-1.8.У, ПК-1.8.В**

#### **ТЕСТ**

1. Какой режим выходного каскада GPIO (push-pull или open-drain) необходимо выбрать для подключения к линии I2C, чтобы обеспечить монтажное "И"?
- A. Push-pull, чтобы линия всегда имела низкий импеданс
  - B. Open-drain с внешним подтягивающим резистором к питанию
  - C. Push-pull с внутренней подтяжкой к земле
  - D. Режим аналогового входа

Правильный ответ: B

2. В чем заключается основное отличие режима выходного каскада push-pull от open-drain?
- A. В push-pull транзисторы могут коммутировать только постоянный ток
  - B. В push-pull выход активно управляется и на "1", и на "0"; в open-drain активное управление только на "0" (высокий импеданс на "1")
  - C. Push-pull требует обязательного внешнего резистора
  - D. Open-drain может работать только на нагрузку 5В

Правильный ответ: B

3. Для чего при конфигурации вывода GPIO как входа с подтяжкой (Input with pull-up) используется внутренний резистор?
- A. Для увеличения скорости переключения

- В. Для защиты от электростатического разряда
- С. Для фиксации логического уровня на входе при разомкнутой внешней цепи (исключение "болтающегося" входа)
- Д. Для согласования волнового сопротивления линии

Правильный ответ: С

4. Какое устройство обязательно применяется для гальванической развязки цепей управления силовыми ключами от низковольтной микропроцессорной части в энергетическом оборудовании?
- А. Делитель напряжения
  - В. Трансформатор тока
  - С. Оптопара или цифровой изолятор
  - Д. Стабилитрон

Правильный ответ: С

5. С какой целью в цепях дискретного ввода от контактов реле (медленно меняющиеся сигналы) применяют триггер Шмитта или программный антидребезг?
- А. Для увеличения амплитуды сигнала
  - В. Для подавления высокочастотных гармоник
  - С. Для исключения ложных срабатываний из-за дребезга контактов
  - Д. Для гальванической развязки

Правильный ответ: С

6. Какую функцию выполняет оптрон в схеме управления силовым ключом (например, IGBT или MOSFET)?
- А. Усиливает ток для открытия ключа
  - В. Преобразует переменное напряжение в постоянное
  - С. Обеспечивает гальваническую развязку управляющей цепи и силовой цепи
  - Д. Служит датчиком тока

Правильный ответ: С

7. Если вывод GPIO микроконтроллера (3.3В) необходимо подключить к 5-вольтовой логической схеме, какой режим и схема согласования являются корректными?
- А. Open-drain с подтяжкой к 5В (если вывод толерантен к 5В)
  - В. Прямое подключение push-pull выхода 3.3В к входу 5В
  - С. Push-pull с подтяжкой к 3.3В
  - Д. Только через трансформатор

Правильный ответ: А

8. Какую основную задачу решает применение гальванической развязки в устройствах контроля энергосетей?
- А. Снижение энергопотребления
  - В. Защита микроконтроллера и персонала от высокого напряжения и мощных помех
  - С. Увеличение тактовой частоты
  - Д. Преобразование интерфейса RS-485 в USB

Правильный ответ: В

9. Какой регистр таймера определяет максимальное значение счета, по достижении которого счетчик сбрасывается в ноль (для режима ШИМ или периодических прерываний)?
- А. Регистр предделителя (Prescaler)
  - В. Регистр состояния (SR)

- C. Регистр автоперезагрузки (Auto-Reload Register — ARR)
- D. Регистр захвата (Capture Register)

Правильный ответ: C

10. Какова функция предделителя (prescaler) в составе таймера?

- A. Хранение максимального значения счета
- B. Деление тактовой частоты перед подачей на счетчик для увеличения диапазона измерения времени
- C. Формирование ШИМ-сигнала
- D. Захват внешнего события

Правильный ответ: B

11. Для измерения периода входного сигнала (например, частоты сети 50 Гц) таймер необходимо настроить в режим:

- A. Выходного сравнения (Output Compare)
- B. ШИМ (PWM)
- C. Входного захвата (Input Capture)
- D. Сторожевого таймера

Правильный ответ: C

12. Какой алгоритм используется для измерения длительности импульса (например, управляющего сигнала с датчика) с помощью входного захвата?

- A. Измерение разницы значений счетчика между фронтом и спадом сигнала
- B. Подсчет количества переполнений таймера за период
- C. Использование АЦП для измерения напряжения
- D. Настройка компаратора и ЦАП

Правильный ответ: A

13. В чем суть режима выходного сравнения (Output Compare)?

- A. Запись значения таймера во внешний регистр по событию
- B. Формирование события (изменение уровня на пине, прерывание) при достижении счетчиком заданного значения
- C. Генерация сигнала с постоянной скважностью
- D. Запуск АЦП

Правильный ответ: B

14. Какие два основных регистра таймера задают параметры ШИМ-сигнала: период и длительность импульса (коэффициент заполнения)?

- A. Prescaler и Counter
- B. Auto-Reload Register (ARR) и Capture/Compare Register (CCR)
- C. Control Register 1 (CR1) и Control Register 2 (CR2)
- D. DMA Register и Interrupt Register

Правильный ответ: B

15. При измерении частоты сигнала с энкодера с помощью входного захвата, предделитель таймера выбирается таким образом, чтобы:

- A. Частота дискретизации была максимальной
- B. Таймер не переполнялся за максимально возможный период измеряемого сигнала
- C. Таймер переполнялся как можно чаще
- D. Предделитель был отключен для точности

Правильный ответ: В

16. Какой режим таймера позволяет генерировать сигнал для управления яркостью светодиода или скоростью двигателя постоянного тока?

- A. Режим входного захвата
- B. Режим ШИМ (PWM)
- C. Режим сброса по внешнему событию
- D. Режим тайм-безы (времени)

Правильный ответ: В

17. Какую задачу выполняет регистр автоперезагрузки (ARR) в режиме генерации прерываний по времени?

- A. Хранит текущее значение счетчика
- B. Определяет период счета (через сколько тактов счетчик переполнится и сгенерирует прерывание)
- C. Включает или отключает тактирование таймера
- D. Управляет полярностью выходного сигнала

Правильный ответ: В

18. Какой параметр АЦП согласно ПК-1.8 является определяющим для возможности анализа высших гармоник в сети (до 40-го порядка, ~2 кГц для сети 50 Гц) согласно теореме Котельникова?

- A. Разрядность АЦП
- B. Частота дискретизации должна быть не менее 4 кГц
- C. Наличие встроенного усилителя
- D. Напряжение опорного источника

Правильный ответ: В

19. Что означает 12-битная разрядность АЦП?

- A. АЦП может измерять напряжение до 12В
- B. Диапазон входного сигнала разбивается на 4096 дискретных уровней
- C. АЦП имеет 12 каналов
- D. Частота дискретизации составляет 12 кГц

Правильный ответ: В

20. Для чего в современных микроконтроллерах применяется режим синхронного запуска нескольких АЦП от одного таймера?

- A. Для увеличения разрядности преобразования
- B. Для одновременной выборки тока и напряжения в трехфазных системах
- C. Для экономии энергии
- D. Для калибровки датчиков температуры

Правильный ответ: В

21. Какую функцию выполняет аналоговый компаратор, встроенный в микроконтроллер, в задачах защиты энергооборудования?

- A. Усиливает сигнал с датчика тока
- B. Сравнивает входное напряжение с пороговым и может аппаратно отключить ШИМ при превышении порога (аварийное отключение)
- C. Преобразует цифровой сигнал в аналоговый для осциллографа
- D. Фильтрует высшие гармоники

Правильный ответ: В

22. Какое преимущество дает использование встроенного компаратора с возможностью асинхронного пробуждения (из режима STOP) при превышении порога тока?
- A. Повышение точности измерения
  - B. Возможность вывести ядро из сна только при возникновении аварии, экономя энергию в штатном режиме
  - C. Увеличение частоты ШИМ
  - D. Гальваническая развязка сигнала

Правильный ответ: B

23. Для чего в системе управления силовым инвертором используется ЦАП?
- A. Для измерения обратной связи по току
  - B. Для формирования аналогового опорного сигнала (уставки) или задания смещения для компаратора
  - C. Для гальванической развязки цепей управления
  - D. Для тактирования таймеров

Правильный ответ: B

24. Как компаратор взаимодействует с модулем ШИМ для реализации токовой защиты "на лету" без участия процессора?
- A. Через прерывание
  - B. Выход компаратора напрямую подключен к входу аварийного отключения (Break/Fault) ШИМ-таймера
  - C. Через программную остановку ШИМ по результатам опроса компаратора
  - D. Через DMA

Правильный ответ: B

25. Что такое гистерезис компаратора и для чего он нужен?
- A. Способность работать при низком напряжении
  - B. Разность между порогами срабатывания и отпускания для подавления шумов и дребезга сигнала
  - C. Время задержки срабатывания
  - D. Коэффициент усиления

Правильный ответ: B

Блок 5. Управление силовыми ключами и интеграция

26. Какая функция таймера критически важна при управлении полумостовой схемой (два ключа) для исключения сквозных токов?
- A. Высокая частота ШИМ
  - B. Программируемое время "мертвой зоны" (Dead-time)
  - C. Режим входного захвата
  - D. 32-битная разрядность

Правильный ответ: B

27. Для управления трехфазным асинхронным двигателем требуется генерация 6 ШИМ-сигналов (3 пары). Какой таймер для этого необходим?
- A. Простой базовый таймер
  - B. Продвинутый таймер (Advanced Timer) с поддержкой комплементарных выходов и dead-time
  - C. Сторожевой таймер
  - D. Системный таймер (SysTick)

Правильный ответ: B

28. С какой целью в цепях управления мощной нагрузкой применяют драйверы затворов MOSFET/IGBT?

- A. Для гальванической развязки
- B. Для обеспечения достаточного тока для быстрого заряда/разряда емкости затвора силового ключа
- C. Для измерения тока стока
- D. Для понижения напряжения питания микросхемы

Правильный ответ: B

29. При возникновении короткого замыкания на выходе инвертора сигнал с датчика тока поступает на компаратор, который мгновенно блокирует ШИМ. Это пример реализации:

- A. Цифровой фильтрации
- B. Аппаратной защиты (Fault handling) без участия ядра
- C. Пропорционально-интегрального регулятора
- D. Режима захвата

Правильный ответ: B

30. Согласно ПК-1.8, при выборе микроконтроллера для системы контроля, где требуется одновременно оцифровывать токи и напряжения всех трех фаз для вычисления мощности, ключевым требованием к АЦП будет:

- A. Наличие одного высокоскоростного канала
- B. Наличие нескольких АЦП с возможностью одновременной (синхронной) выборки
- C. Встроенный термодатчик
- D. Наличие режима пониженного энергопотребления

Правильный ответ: B

**Текущий контроль ТКЗ:**  
**Проверяемая компетенция: ПК-1.8.3, ПК-1.8.У, ПК-1.8.В**

**ТЕСТ**

1. Для анализа гармонического состава напряжения в электрической сети (качества электроэнергии) наиболее часто применяется следующий алгоритм цифровой обработки сигналов:

- A. КИХ-фильтр (FIR)
- B. Быстрое преобразование Фурье (БПФ / FFT)
- C. ПИД-регулятор
- D. Алгоритм кубической интерполяции

Правильный ответ: B

2. Какой параметр окна БПФ (количество точек) напрямую влияет на разрешающую способность по частоте при анализе гармоник?

- A. Тип окна (Ханнинга, Хэмминга)
- B. Частота дискретизации, деленная на количество точек БПФ
- C. Разрядность АЦП
- D. Напряжение опорного источника

Правильный ответ: B

3. Согласно теореме Котельникова (Найквиста), для корректного восстановления сигнала и анализа гармоник до 20-го порядка (1000 Гц при частоте сети 50 Гц) частота дискретизации должна быть:

- A. Равна 1000 Гц
- B. Менее 500 Гц
- C. Более 2000 Гц (строго выше удвоенной максимальной частоты)
- D. Точно 50 Гц

Правильный ответ: C

4. Какой эффект возникает при дискретизации сигнала, если его частота превышает половину частоты дискретизации (нарушение теоремы Котельникова)?

- A. Увеличение амплитуды сигнала
- B. Эффект наложения спектров (алиасинг), приводящий к появлению ложных низкочастотных гармоник
- C. Полное подавление сигнала
- D. Фазовый сдвиг на 180 градусов

Правильный ответ: B

5. С какой целью перед подачей сигнала на АЦП в системах контроля качества электроэнергии устанавливают аналоговый фильтр нижних частот (ФНЧ)?

- A. Для усиления полезного сигнала
- B. Для гальванической развязки
- C. Для подавления частот выше половины частоты дискретизации (антиалиасинговый фильтр)
- D. Для выделения постоянной составляющей

Правильный ответ: C

6. Для вычисления действующего значения (RMS) напряжения за период промышленной частоты (50 Гц) необходимо:

- A. Измерить амплитудное значение и умножить на 0.707
- B. Возвести в квадрат каждый отсчет за период, вычислить среднее, извлечь квадратный корень
- C. Просуммировать все отсчеты и разделить на их количество
- D. Измерить частоту сигнала

Правильный ответ: B

7. Что такое "окно" (например, окно Ханна) в контексте БПФ и для чего оно применяется?

- A. Аппаратный фильтр на входе АЦП
- B. Весовая функция, умножаемая на сигнал для уменьшения утечки спектра (спектральных боковых лепестков)
- C. Программная задержка сигнала
- D. Способ синхронизации АЦП и таймера

Правильный ответ: B

8. При разработке алгоритма ПИД-регулятора для поддержания напряжения, что означает дифференциальная (D) составляющая?

- A. Реагирует на величину ошибки
- B. Реагирует на накопленную ошибку во времени
- C. Реагирует на скорость изменения ошибки (прогнозирует будущее отклонение)
- D. Отвечает за калибровку датчика

Правильный ответ: C

9. Для чего в алгоритмах управления силовыми ключами используется "мертвое время" (dead-time)?
- A. Для увеличения выходной мощности
  - B. Для предотвращения сквозных токов через ключи в полумостовой схеме
  - C. Для синхронизации с сетью
  - D. Для измерения обратной связи по току

Правильный ответ: B

10. Какой промышленный интерфейс связи является наиболее распространенным для организации распределенных систем сбора данных на подстанциях благодаря высокой помехоустойчивости и большой длине линии?
- A. I2C
  - B. SPI
  - C. RS-485
  - D. 1-Wire

Правильный ответ: C

11. Какой протокол, работающий поверх RS-485, чаще всего используется в промышленной автоматизации и энергетике для обмена данными между устройствами по схеме "ведущий-ведомый"?
- A. Modbus RTU
  - B. HTTP
  - C. USB
  - D. MQTT

Правильный ответ: A

12. Каково основное назначение интерфейса SPI?
- A. Подключение нескольких устройств по двухпроводной линии
  - B. Высокоскоростная синхронная связь между микросхемами на одной плате (например, с внешним АЦП или дисплеем)
  - C. Организация сетей удаленного доступа
  - D. Подключение клавиатуры и мыши

Правильный ответ: B

13. Сколько проводов минимально требуется для организации шины I2C (без учета земли)?
- A. 1 (данные)
  - B. 2 (линия данных SDA и линия тактов SCK)
  - C. 3 (MOSI, MISO, SCK)
  - D. 4 (A, B, Z, GND)

Правильный ответ: B

14. Для интеграции устройства контроля качества электроэнергии в современную цифровую подстанцию согласно стандарту МЭК 61850, критически важно наличие интерфейса:
- A. RS-232
  - B. Ethernet (100BASE-TX или 1000BASE-T)
  - C. USB 2.0
  - D. Bluetooth

Правильный ответ: B

15. В чем заключается роль терминаторных резисторов (согласующих нагрузок) на концах линии RS-485?

- A. Для увеличения скорости передачи
- B. Для уменьшения энергопотребления
- C. Для согласования волнового сопротивления линии и предотвращения отражений сигнала
- D. Для гальванической развязки

Правильный ответ: C

16. Какой интерфейс использует дифференциальную пару проводов (CAN\_H и CAN\_L) и широко применяется в промышленности и на транспорте благодаря высокой надежности и помехоустойчивости?
- A. UART
  - B. CAN
  - C. I2S
  - D. JTAG

Правильный ответ: B

17. Какая информация передается в кадре протокола Modbus RTU для обеспечения целостности данных?
- A. Идентификатор производителя
  - B. Контрольная сумма (CRC)
  - C. Временная метка
  - D. Приоритет сообщения

Правильный ответ: B

18. Какова основная функция среды разработки (IDE), такой как STM32CubeIDE или Keil uVision?
- A. Паять микросхемы на плату
  - B. Редактировать код, компилировать проект и загружать прошивку в микроконтроллер
  - C. Проектировать принципиальные электрические схемы
  - D. Моделировать трехфазные сети

Правильный ответ: B

19. Для чего используется программатор-отладчик (например, ST-Link, J-Link) при разработке устройств на микроконтроллерах?
- A. Для подачи питания на плату
  - B. Для загрузки программы во Flash-память и пошаговой отладки кода (точки останова, просмотр переменных)
  - C. Для измерения тока потребления
  - D. Для генерации тактовой частоты

Правильный ответ: B

20. Что такое HAL (Hardware Abstraction Layer) в контексте программирования микроконтроллеров STM32?
- A. Язык программирования низкого уровня
  - B. Библиотека, предоставляющая высокоуровневый API для упрощения конфигурации периферии без прямого доступа к регистрам
  - C. Программа для 3D-моделирования плат
  - D. Протокол промышленной сети

Правильный ответ: B

21. Какой инструмент в среде STM32CubeIDE позволяет визуально сконфигурировать тактирование, GPIO и периферию, автоматически сгенерировав инициализирующий код?

- A. Текстовый редактор
- B. STM32CubeMX (графический конфигуратор)
- C. Компилятор GCC
- D. Терминал отладки

Правильный ответ: B

22. Для чего используется окно "Watch" (список наблюдения) в отладчике?

- A. Для просмотра потребляемой мощности
- B. Для отслеживания текущих значений переменных в реальном времени во время выполнения программы
- C. Для измерения частоты ШИМ
- D. Для настройки цвета светодиодов

Правильный ответ: B

23. Что такое точка останова (breakpoint) при отладке?

- A. Место в программе, где выполнение останавливается для анализа состояния микроконтроллера
- B. Инструкция для завершения программы
- C. Команда перезагрузки микроконтроллера
- D. Функция энергосбережения

Правильный ответ: A

24. Какой модуль микроконтроллера предназначен для автоматического сброса системы в случае "зависания" программы (бесконечного цикла, сбоя)?

- A. АЦП
- B. Таймер общего назначения
- C. сторожевой таймер (Independent Watchdog — IWDG)
- D. Контроллер прерываний NVIC

Правильный ответ: C

25. Согласно ПК-1.8, обеспечение достоверности при передаче данных по промышленным сетям достигается, в том числе, использованием:

- A. Самых коротких кабелей
- B. Контроля четности или подсчета циклического избыточного кода (CRC) в кадрах данных
- C. Максимальной скорости передачи
- D. Только экранированных кабелей без заземления

Правильный ответ: B

26. Что обеспечивает блок защиты памяти (Memory Protection Unit — MPU) в ядрах Cortex-M?

- A. Физическую защиту корпуса от вскрытия
- B. Защиту критичных областей памяти (например, области кода) от случайной записи или выполнения кода из данных RAM
- C. Защиту от перенапряжения на выводах питания
- D. Резервное копирование регистров

Правильный ответ: B

27. С какой целью при проектировании печатной платы с микроконтроллером рекомендуется устанавливать блокировочные (керамические) конденсаторы рядом с выводами питания?

- A. Для защиты от статического электричества
- B. Для сглаживания импульсных помех по питанию, возникающих при переключении транзисторов ядра

- C. Для понижения напряжения питания
- D. Для индикации включения питания

Правильный ответ: B

28. Почему в ответственных устройствах контроля энергетики не рекомендуется использовать внутренний RC-генератор для тактирования ядра, если нет жестких ограничений по стоимости?
- A. Он потребляет слишком много энергии
  - B. Его частотная стабильность (точность) ниже, чем у внешнего кварцевого резонатора, что влияет на точность измерения времени
  - C. Он работает только при напряжении 5В
  - D. Он не позволяет использовать ШИМ

Правильный ответ: B

29. Какой механизм повышает надежность при обновлении прошивки "на лету" (в полевых условиях) в устройствах контроля?
- A. Обновление только по интерфейсу JTAG
  - B. Использование двух банков памяти (загрузчик + основная программа) с возможностью отката при сбое
  - C. Увеличение тактовой частоты во время записи Flash
  - D. Отключение всех прерываний на время записи

Правильный ответ: B

30. Что такое программный "антидребезг" (debounce) при опросе механических кнопок или контактов реле?
- A. Программная фильтрация (задержка опроса) для исключения ложных срабатываний из-за дребезга контактов
  - B. Усиление сигнала с кнопки
  - C. Подключение подтягивающего резистора программными средствами
  - D. Формирование прерывания по нажатию

Правильный ответ: A

## Контрольная работа (КнТР)

Задача 1.1. Выбор микроконтроллера для регистратора качества электроэнергии

Условие: Необходимо разработать устройство для регистрации параметров трехфазной сети, которое должно анализировать гармоники до 25-го порядка (макс. частота 1250 Гц) по трем каналам напряжения и трем каналам тока одновременно с разрядностью 12 бит.

Задание: Рассчитайте минимальную суммарную частоту дискретизации АЦП. Исходя из полученных требований, обоснуйте выбор микроконтроллера: требуется ли наличие нескольких АЦП с одновременной выборкой (dual sample-and-hold) или достаточно одного быстрого АЦП с мультиплексированием? Ответ обоснуйте расчетами.

Задача 1.2. Настройка системы тактирования для прецизионных измерений

Условие: Для измерения отклонения частоты сети с точностью  $\pm 0.01$  Гц необходимо тактировать таймер захвата от источника с минимальной погрешностью.

Задание: Сравните два варианта тактирования: 1) внутренний RC-генератор (HSI) с точностью  $\pm 1\%$  и 2) внешний кварцевый резонатор (HSE) 8 МГц с точностью  $\pm 50$  ppm. Рассчитайте, какую абсолютную погрешность измерения периода (в мкс) внесет каждый из вариантов при измерении одного периода сети 50 Гц. Сделайте вывод о допустимости использования внутреннего генератора согласно ПК-1.8.

### Задача 1.3. Расчет производительности ядра для ЦОС

Условие: Алгоритм вычисления БПФ на 256 точек требует выполнения 1024 операций типа "умножение с накоплением" (MAC) за период дискретизации. Частота дискретизации сигнала — 4 кГц. Тактовая частота ядра — 72 МГц. Одна MAC-операция занимает 4 такта.

Задание: Рассчитайте загрузку ядра (в %) на выполнение только БПФ. Успеет ли ядро выполнить расчет, или потребуется математический сопроцессор (FPU) / DSP-расширения? .

### Задача 1.4. Настройка PLL для получения требуемой частоты

Условие: Микроконтроллер тактируется от кварца 8 МГц. Для работы ядра на частоте 168 МГц, а шины периферии (APB) — на 42 МГц, используется блок ФАПЧ (PLL) с коэффициентами деления/умножения.

Задание: Предложите конфигурацию PLL (коэффициент умножения N, коэффициент деления до PLL M, делитель на выходе PLL P и Q), зная, что частота на выходе PLL рассчитывается как  $F_{PLL} = F_{IN} / M * N / P$ . Учтите, что входная частота PLL должна лежать в диапазоне 1-2 МГц, а выходная — до 168 МГц.

### Задача 1.5. Расчет энергопотребления автономного регистратора

Условие: Автономный регистратор работает в цикле: 1 секунда — активный режим (потребление 50 мА), 59 секунд — режим STOP (потребление 50 мкА). Напряжение питания — 3.3 В.

Задание: Рассчитайте средний ток потребления устройства. Оцените время работы от батареи емкостью 2000 мА·ч.

### Задача 1.6. Выбор типа памяти под задачу

Условие: Необходимо буферизировать массив из 1024 отсчетов АЦП (разрядность 12 бит) перед отправкой по Modbus. Данные обновляются с частотой 10 кГц.

Задание: Какой минимальный объем ОЗУ (SRAM) требуется для хранения одного такого буфера в байтах? Рассчитайте, сколько времени потребуется для заполнения буфера.

### Задача 1.7. Конфигурирование системы прерываний

Условие: В системе есть два источника прерываний: АЦП (завершение преобразования) с высокими требованиями к реальному времени и таймер (переполнение) для обслуживания дисплея. NVIC поддерживает приоритеты от 0 (наивысший) до 15.

Задание: Назначьте приоритеты прерываниям. Обоснуйте выбор, учитывая, что потеря отсчета АЦП критична, а задержка обновления дисплея недопустима, но менее критична.

### Задача 1.8. Обоснование применения DMA

Условие: АЦП генерирует 4000 отсчетов в секунду. Обработка одного прерывания от АЦП в ядре занимает 200 тактов (включая сохранение контекста и копирование данных). Тактовая частота — 80 МГц.

Задание: Рассчитайте нагрузку на ядро от обработки прерываний АЦП. Предложите способ снижения нагрузки с помощью DMA (Direct Memory Access) и оцените, как изменится загрузка ядра .

## Раздел 2. Периферийные устройства для задач контроля и управления

### Задача 2.1. Настройка GPIO для управления твердотельным реле

Условие: Для управления твердотельным реле (SSR) постоянного тока на 5 В используется выход микроконтроллера (3.3 В). Ток управления реле составляет 10 мА. Максимальный ток вывода GPIO — 8 мА.

Задание: Предложите схему согласования (транзисторный ключ). Рассчитайте номинал базового/затворного резистора. Нарисуйте схему подключения.

### Задача 2.2. Расчет оптронной развязки дискретного входа

Условие: На дискретный вход устройства контроля (с оптроном) подается напряжение 24 В постоянного тока от промышленного контроллера. Ток через светодиод оптрона должен составлять 5 мА. Прямое падение напряжения на светодиоде — 1.2 В.

Задание: Рассчитайте номинал токоограничивающего резистора, который необходимо установить последовательно с оптроном. Выберите ближайший номинал из стандартного ряда E24.

Задача 2.3. Конфигурация таймера для точного измерения частоты сети

Условие: Тактовая частота таймера — 1 МГц. На вход захвата подается сигнал частотой 50 Гц с сети (после формирования меандра).

Задание: Рассчитайте, какое значение будет записано в регистр захвата при измерении периода (в тактах). Какова разрешающая способность измерения периода в секундах? Рассчитайте погрешность измерения частоты.

Задача 2.4. Настройка ШИМ для управления нагревателем

Условие: Таймер тактируется частотой 1 МГц. Необходимо сгенерировать ШИМ-сигнал с частотой 1 кГц. Регистр автоперезагрузки (ARR) имеет значение 1000.

Задание: Рассчитайте значение регистра сравнения (CCR) для коэффициента заполнения (duty cycle) 25%, 50% и 75%. Какая частота ШИМ получится фактически? Почему частота не равна 1 кГц?

Задача 2.5. Расчет предделителя таймера для генерации 1 секунды

Условие: Ядро микроконтроллера тактируется частотой 72 МГц. Таймер (TIM2) подключен непосредственно к шине APB (72 МГц) и имеет 32-битный счетчик. Необходимо получить прерывание по переполнению таймера ровно 1 раз в секунду.

Задание: Рассчитайте значения предделителя (PSC) и регистра автоперезагрузки (ARR). Учтите, что частота таймера  $F_{tim} = F_{clk} / (PSC+1)$ , а период переполнения  $T = (ARR+1) / F_{tim}$ .

Задача 2.6. Режим входного захвата для измерения скважности

Условие: На вход захвата подан ШИМ-сигнал с частотой 100 Гц. Таймер тактируется 1 МГц. По фронту захвачено значение 500, по спаду — 750.

Задание: Рассчитайте период сигнала (в мкс), длительность импульса и коэффициент заполнения (в %).

Задача 2.7. Расчет частоты дискретизации АЦП для контроля ВГ

Условие: Согласно ГОСТ, для анализа высших гармоник (ВГ) до 40-го порядка необходимо подавлять частоты выше 2 кГц.

Задание: Определите минимальную частоту дискретизации АЦП по теореме Котельникова. Какой частоте дискретизации это соответствует в кГц? Ответ обоснуйте.

Задача 2.8. Конфигурация АЦП в режиме инъекции

Условие: Основной цикл опрашивает 8 каналов АЦП последовательно. При возникновении аварийного события (сигнал с компаратора) необходимо срочно измерить один критический канал (ток фазы А), прервав текущее преобразование.

Задание: Опишите, как настроить АЦП в режиме "инжектированного" (injected) преобразования для решения этой задачи без потери основных данных.

Задача 2.9. Проектирование защиты на компараторе

Условие: Максимально допустимое напряжение на входе АЦП — 3.3 В. При превышении порога 3.0 В необходимо аппаратно заблокировать ШИМ-выходы.

Задание: Рассчитайте делитель напряжения для подачи контролируемого сигнала на вход компаратора, если опорное напряжение компаратора формируется внутренним ЦАП, установленным на значение 2.5 В. Нарисуйте схему включения компаратора с гистерезисом.

Задача 2.10. Формирование синусоиды с помощью ЦАП

Условие: Необходимо сгенерировать синусоидальный сигнал частотой 50 Гц с помощью ЦАП. Частота обновления ЦАП — 1 кГц.

Задание: Рассчитайте количество точек на период синусоиды. Создайте таблицу значений для ЦАП (массив) на один период для 8-битного ЦАП (диапазон 0-255).

Задача 2.11. Управление силовым ключом с "мертвым временем"

Условие: В полумостовой схеме управления используются комплементарные ШИМ-сигналы для верхнего и нижнего ключа.

Задание: Объясните, зачем необходимо "мертвое время" (dead-time). Рассчитайте настройки таймера, если тактовая частота таймера 72 МГц, а требуемое мертвое время — 1 мкс.

Задача 2.12. Электрическое согласование линии связи

Условие: Длина линии связи по RS-485 составляет 500 метров. Волновое сопротивление витой пары — 120 Ом.

Задание: Требуется ли устанавливать терминальные резисторы? Если да, то какого номинала и где именно они должны располагаться? Ответ поясните с точки зрения защиты от отражений сигнала.

Раздел 3. Проектирование систем контроля и коммуникация

Задача 3.1. Реализация скользящего среднего (ЦОС)

Условие: АЦП выдает зашумленный сигнал. Частота дискретизации — 1 кГц.

Задание: Напишите на псевдокоде или Си функцию для реализации фильтра скользящего среднего с окном 4 отсчета. Рассчитайте, насколько (во сколько раз) такой фильтр подавляет высокочастотные шумы (оцените ослабление на частоте Найквиста) .

Задача 3.2. Расчет параметров БПФ

Условие: Выполняется БПФ для 1024 точек сигнала, оцифрованного с частотой 3200 Гц.

Задание: Рассчитайте разрешающую способность по частоте (ширину одного бина) в Гц. Какова максимальная частота, отображаемая на спектре (частота Найквиста)?

Задача 3.3. Разработка пакета данных для Modbus

Условие: Устройство должно передавать по Modbus RTU текущее напряжение (2 байта, float), ток (2 байта, float) и флаги состояния (1 байт).

Задание: Сформируйте запрос от Master'a к Slave'y (ID=1) на чтение этих 5 байт, начиная с адреса 0x100. Напишите структуру PDU (Protocol Data Unit) запроса. Рассчитайте ожидаемый размер ответа от Slave'a в байтах .

Задача 3.4. Конфигурация UART для Modbus RTU

Условие: Стандартная скорость для Modbus RTU — 9600 бит/с. Кадр: 8 бит данных, 1 стоп-бит, без четности.

Задание: Рассчитайте время передачи одного байта (в мс). Оцените минимальное время между запросом и ответом (timeout), если ответ содержит 10 байт.

Задача 3.5. Оценка загрузки шины CAN

Условие: Скорость CAN-шины — 125 кбит/с. Каждое устройство передает один 8-байтовый кадр данных каждые 10 мс. Служебная информация кадра CAN (арбитраж, контроль, CRC) составляет примерно 34 бита.

Задание: Рассчитайте полную длину одного кадра в битах. Если в сети 10 устройств, рассчитайте загрузку шины (в %).

Задача 3.6. Выбор интерфейса для подключения внешнего АЦП

Условие: Необходимо подключить внешний высокоскоростной АЦП (24 бита, частота дискретизации 100 кГц) к микроконтроллеру.

Задание: Обоснуйте выбор интерфейса из трех вариантов: I2C, SPI, UART. Какой интерфейс обеспечит требуемую скорость передачи данных (рассчитайте минимальную скорость в бит/с) и почему?

Задача 3.7. Настройка сторожевого таймера (IWDG)

Условие: Основной цикл программы выполняется за 50-100 мс. При зависании программы необходимо перезагрузить микроконтроллер не позднее чем через 200 мс.

Задание: Рассчитайте настройки независимого сторожевого таймера (IWDG), тактируемого от внутреннего генератора 40 кГц, чтобы период сброса составлял примерно 150-200 мс. С каким периодом необходимо "кормить" собаку в цикле?

#### Задача 3.8. Расчет CRC для Modbus

Условие: Для кадра Modbus RTU используется контрольная сумма CRC-16 (Modbus). Алгоритм: начальное значение 0xFFFF.

Задание: Вручную (или на псевдокоде) рассчитайте CRC для двухбайтового сообщения: 0x01 0x03. Пр продемонстрируйте понимание принципа расчета .

#### Задача 3.9. Реализация антидребезга (Debounce)

Условие: К входу GPIO подключена механическая кнопка. Длительность дребезга контактов может достигать 15 мс.

Задание: Опишите алгоритм программного антидребезга с использованием таймера. Напишите псевдокод обработчика прерывания по изменению на пине (EXTI) или функции опроса, который будет исключать ложные срабатывания.

#### Задача 3.10. Проектирование отказоустойчивого приложения с Watchdog

Условие: В приложении есть несколько задач. Одна из них (тяжелое вычисление) может заблокировать выполнение других на 300 мс.

Задание: Предложите стратегию использования независимого (IWDG) и оконного (WWDG) сторожевых таймеров, чтобы система перезагружалась при полном зависании, но не перезагружалась при длительной, но штатной вычислительной нагрузке. Где лучше "сбрасывать" watchdog?

### **Для промежуточной аттестации :**

#### **ОМ1**

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Охарактеризуйте эволюцию микропроцессорных средств для энергетики. Какие классы микроконтроллеров применяются в современных устройствах контроля качества электроэнергии?
2. Перечислите основные критерии выбора микроконтроллера для системы контроля параметров электрической сети (частота дискретизации, набор измеряемых величин, точность). Поясните связь с метрологическим обеспечением (ПК-1.8).
3. Опишите архитектуру ядра ARM Cortex-M. Какие основные компоненты входят в состав ядра и как они взаимодействуют?
4. Поясните назначение и принцип работы блока NVIC (Nested Vectored Interrupt Controller) в микроконтроллерах ARM Cortex-M. Почему важна приоритизация прерываний в системах реального времени?
5. Как организована подсистема памяти в микроконтроллерах ARM Cortex-M? Опишите иерархию памяти: Flash, SRAM, кэш (при наличии), шины.
6. Объясните роль блока FPU (Floating Point Unit) и DSP-расширений при реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов. В каких задачах контроля энергетики их применение обязательно?
7. Что такое система тактирования микроконтроллера? Перечислите основные источники тактового сигнала (HSI, HSE, LSI, LSE) и их назначение.
8. Как работает блок ФАПЧ (PLL)? Для чего он используется и какие параметры необходимо задать при его конфигурации?
9. Приведите пример расчета настроек PLL для получения тактовой частоты ядра 168 МГц из внешнего кварца 8 МГц.
10. Какие режимы управления питанием существуют в современных микроконтроллерах (Sleep, Stop, Standby)? Опишите их особенности и области применения в автономных регистраторах.

11. Что такое тактирование периферии (Peripheral Clock Gating) и как оно влияет на энергопотребление?
12. Объясните принцип работы DMA (Direct Memory Access). В каких задачах (например, при сборе данных с АЦП) использование DMA критически важно и почему?
13. Как выбрать микроконтроллер для устройства, работающего в тяжёлых промышленных условиях (температура, вибрация)? Какие параметры необходимо учитывать?
14. Каким образом архитектура ARM Cortex-M обеспечивает детерминизм обработки прерываний и почему это важно для систем реального времени?
15. Опишите процесс загрузки микроконтроллера: от подачи питания до выполнения основной программы (векторная таблица, сброс, стек).
16. Раздел 2. Периферийные устройства для задач контроля и управления
17. Тема 2.1. Организация ввода/вывода дискретных сигналов. Таймеры
18. Опишите структуру выходного каскада порта GPIO в режимах push-pull и open-drain. Приведите примеры, когда целесообразно использовать каждый из этих режимов.
19. Для чего используются внутренние подтягивающие резисторы (pull-up/pull-down) на входах GPIO? Как они конфигурируются?
20. Какие схемотехнические решения применяются для электрического согласования выходов микроконтроллера (3,3 В) с нагрузкой, работающей от 5 В или 24 В?
21. Объясните необходимость гальванической развязки в цепях дискретного ввода/вывода для энергетического оборудования. Приведите примеры устройств развязки (оптопары, цифровые изоляторы).
22. Какие методы защиты входных цепей микроконтроллера от перенапряжения и импульсных помех используются? Нарисуйте типовую схему защиты входа.
23. Опишите общую архитектуру таймера общего назначения: предделитель, счётчик, регистры автоперезагрузки (ARR), регистры сравнения/захвата (CCR).
24. Как рассчитать значения предделителя и регистра автоперезагрузки для получения заданной частоты прерываний по времени? Приведите пример.
25. В чём суть режима входного захвата (Input Capture)? Как с его помощью измерить период и длительность импульса входного сигнала?
26. Какой алгоритм применяется для измерения частоты сети (50 Гц) с помощью входного захвата? Оцените точность измерения при тактовой частоте таймера 1 МГц.
27. Объясните режим выходного сравнения (Output Compare). Как с его помощью генерировать импульсы заданной длительности?
28. Как работает режим ШИМ (PWM)? Какие регистры определяют период и коэффициент заполнения? Приведите формулу расчёта.
29. Для управления яркостью светодиода требуется ШИМ с частотой 1 кГц и коэффициентом заполнения 30%. Таймер тактируется частотой 72 МГц. Рассчитайте значения ARR и CCR.
30. Что такое "мёртвое время" (dead-time) при управлении полумостовыми схемами? Как его настроить в продвинутом таймере?
31. Опишите работу таймера в режиме одновибратора. Где такой режим может применяться?
32. Перечислите основные характеристики АЦП: разрядность, частота дискретизации, тип преобразования (SAR, Sigma-Delta). Как они влияют на метрологические возможности системы контроля?
33. Сформулируйте теорему Котельникова (Найквиста). Как выбрать частоту дискретизации для анализа высших гармоник до 40-го порядка (сеть 50 Гц)?
34. Какие режимы работы АЦП существуют (однократный, непрерывный, сканирующий, инжектированный)? В каких случаях они применяются?
35. Для чего необходима одновременная (синхронная) выборка нескольких каналов АЦП в трёхфазных системах? Как это реализовать с помощью таймера?
36. Объясните принцип работы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Приведите примеры использования ЦАП в устройствах энергетики (формирование уставок, сигналов управления).
37. Какова роль аналогового компаратора в системах защиты? Опишите схему аппаратной блокировки ШИМ при превышении порога тока.
38. Что такое гистерезис компаратора и зачем он нужен?
39. Какие типы силовых ключей (MOSFET, IGBT) используются в энергетике? Какие требования предъявляются к цепям управления затворами?

40. Почему для управления верхним ключом в полумосте часто требуется драйвер с "плавающим" питанием (bootstrap)?
41. Опишите типовую структуру измерительного канала: датчик (трансформатор тока/напряжения) → согласующий усилитель → фильтр → АЦП. Для чего нужен антиалиасинговый фильтр?
42. Как обеспечить гальваническую развязку аналоговых сигналов? Какие компоненты для этого применяются (изолирующие усилители, АЦП с изоляцией)?
43. Цифровая обработка сигналов (ЦОС)
44. Какие алгоритмы ЦОС используются для расчёта действующего значения (RMS) напряжения переменного тока? Напишите формулу для дискретного случая.
45. Объясните суть быстрого преобразования Фурье (БПФ). Как с его помощью выделить гармонические составляющие сигнала?
46. Что такое "спектральная утечка" и какие оконные функции (Ханна, Хэмминга) применяются для её уменьшения?
47. Как рассчитать разрешающую способность по частоте (ширину бина) при выполнении БПФ? Приведите пример для  $N=1024$  и  $F_s=3200$  Гц.
48. Опишите структуру цифрового фильтра (например, КИХ-фильтра) и его применение для подавления помех.
49. Промышленные интерфейсы связи и сетевые технологии
50. Сравните интерфейсы SPI и I2C: количество линий, скорость, топология, область применения. Для подключения каких периферийных устройств (внешний АЦП, память, датчики) какой интерфейс предпочтительнее?
51. Охарактеризуйте интерфейс RS-485: дифференциальная передача, топология, длина линии, согласующие резисторы. Почему он широко применяется в промышленности?
52. Опишите протокол Modbus RTU: физический уровень (RS-485), режимы передачи, структуру кадра (адрес, функция, данные, CRC). Как организован обмен "ведущий-ведомый"?
53. Какие интерфейсы используются в современных цифровых подстанциях (МЭК 61850)? Требования к скорости и надёжности.
54. В чём особенности интерфейса CAN? Как он обеспечивает надёжность и арбитраж доступа?
55. Инструментальные средства разработки и обеспечение надёжности
56. Какие современные среды разработки (IDE) применяются для программирования микроконтроллеров ARM Cortex-M? Назовите основные этапы компиляции и загрузки проекта.
57. Что такое HAL (Hardware Abstraction Layer) и как он упрощает программирование? В чём преимущества и недостатки использования HAL по сравнению с прямым доступом к регистрам?
58. Как с помощью STM32CubeMX сконфигурировать тактирование, GPIO и периферию? Опишите процесс генерации кода.
59. Для чего используются программаторы-отладчики (ST-Link, J-Link)? Какие возможности отладки они предоставляют (точки останова, пошаговое выполнение, просмотр переменных)?
60. Объясните принцип работы независимого сторожевого таймера (IWDG). Как его настроить и где в программе следует его "сбрасывать"?
61. Какие программные и аппаратные методы защиты от сбоев питания (brownout) существуют?
62. Что такое антидребезг (debounce) и как его реализовать программно (с использованием таймера или конечного автомата)?
63. Для чего применяется блок MPU (Memory Protection Unit) в ядрах Cortex-M? Приведите пример защиты критичных областей памяти.
64. Как обеспечить достоверность данных при передаче по промышленным сетям? Роль контрольных сумм (CRC) и их расчёт.
65. Какие факторы необходимо учитывать при проектировании печатной платы с микроконтроллером для повышения помехоустойчивости (развязка питания, топология заземления, экранирование)?