

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО  
Директор института  
магистратуры

к.э.н., доцент  Ярмоленко И. В.

« 28 »  2019 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики,  
информационных технологий и  
управляющих систем

к.т.н, доцент  А. В. Белоусов

« 28 »  2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ**

направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика механизмов и технологических комплексов

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

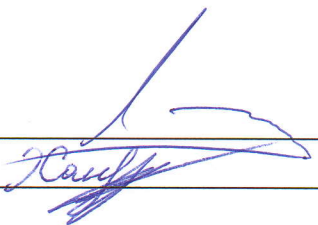
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2019

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – Магистратура по направлению подготовки 13.04.02, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018г. №147;

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2019 году.

Составители: канд. техн. наук \_\_\_\_\_ А. С. Солдатенков  
\_\_\_\_\_  А. С. Ханзаров

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 18 » мая 20 19 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ А. В. Белоусов

« 18 » мая 20 19 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 28 » мая 20 19 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ А. Н. Семернин

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональная Проектная	ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей	ПКВ-1.1. Способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства	<p><b>Знания</b> архитектуры современных микропроцессорных систем, организации памяти и подсистем прерываний, систем команд 32-х разрядных процессоров ARM Cortex-M3; особенностей микроконтроллера Milandr 1986BE9X.</p> <p><b>Умения</b> создания программы на языках C/C++ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X; программирования и настройки периферийных модулей и подсистем прерываний, микроконтроллера Milandr 1986BE9X для реализации систем управления.</p> <p><b>Навыки</b> работы со средой программирования Keil uVision, включая создание, тестирование и отладку программ микропроцессорных систем управления электроприводом на языке программирования C/C++.</p>
	ПКВ-2. Способен разрабатывать проектную и конструкторскую документацию систем электроснабжения и электроэнергетических сетей	ПКВ-2.1. Способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности	<p><b>Знания</b> схемотехнических решений в области регулируемого электропривода на базе асинхронных двигателей, двигателей постоянного тока и шаговых двигателей; особенностей применения современных 32-разрядных микропроцессорных систем на базе процессоров Cortex-M3.</p> <p><b>Умения</b> подбирать микроконтроллеры для решения прикладных задач в области управления электроприводом в соответствии с требованиями; формировать управляющие сигналы для реализации системы управления электродвигателем заданного типа; реализовывать на микроконтроллере алгоритмы численных методов для построения систем управления регулируемым электроприводом.</p> <p><b>Навыки</b> организации автоматизированных систем управления электроприводами различных типов с применением микроконтроллеров Milandr 1986BE9X в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПКВ-1.** Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Схемотехника
2	Микропроцессорные системы
3	Системы автоматизированного проектирования электроприводов
4	Управление распределенными энергосистемами
5	Автоматизация инженерных систем зданий
6	Теория оптимизации
7	Нейро-нечеткое управление в электроприводе
8	Производственная научно-исследовательская работа
9	Теория электропривода,
10	Энергосбережение средствами электропривода
11	Цифровые системы управления электроприводов
12	Производственная проектная практика
13	Производственная преддипломная практика
14	Учебная практика по получению первичных навыков работы с программным обеспечением применительно к области (сфере) профессиональной деятельности

**2. Компетенция ПКВ-2.** Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Энергосбережение средствами электропривода
2	Бизнес-планирование в энергетике
3	Микропроцессорные системы
4	Системы автоматизированного проектирования электроприводов
5	Производственная преддипломная практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации \_\_\_\_\_ экзамен (3 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
лекции	17	17
лабораторные	34	34
практические	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	72	72
Экзамен	36	36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

##### Курс 2 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общая структура микропроцессорных систем					
1.1	Структурная схема микропроцессорных систем. Процессор ARM Cortex-M3, Версии архитектуры, Области применения процессора Cortex-M3	1			4
2. Архитектура процессоров Cortex M3 и структура памяти					
2.1	Регистры общего назначения; указатели стека; регистр связи; счётчик команд; регистры специального назначения; регистры состояния программы; регистр управления; Режимы работы процессора: пользовательский и привилегированный. Переключение режимов работы; Стек; Основные стековые операции: загрузка и извлечения; Реализация стека; два стека;	2	2		4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
2.2	Исключения; Типы исключений Приоритеты исключений; Таблица векторов. Выход из исключения; Исключения отказов. Отказы шины; Отказы системы управления памятью. Отказы программы; Тяжёлые отказы; Обработка отказов;	2	1		6
2.3	<b>Прерывания; Последовательность обработки прерываний/исключений; Входы прерываний и отложенная обработка прерываний; Выборка вектора; Обновление регистров; Вложенные прерывания; «Цепочная» обработка прерываний. «Опоздавшие» исключения; Контроллер вложенных векторных прерываний и управление прерываниями</b>	2	1		6
2.4	Система памяти; основные особенности системы памяти; карта памяти; атрибуты доступа к памяти; права доступа; Операции побитового доступа; обращение к неворованным данным	2	1		6
2.5	Особенности реализации Cortex M3. Конвейер. Подробная блок-схема. Интерфейсные шины: I-code, D-code, системная шина, внешняя шина; Типичная схема подключения процессора, виды сброса и сигналы сброса; цикл сброса.	2			6
<b>3. Периферийные модули</b>					
3.1	Тактирование микроконтроллера; Порты ввода/вывода: режимы работы, настройка и прерывания; Таймеры: функции, режимы работы, настройка и прерывания; Режимы ШИМ для управления двигателями переменного и постоянного тока	2	2	2	8
3.2	Аналого-цифровой преобразователь (АЦП): режимы работы, настройка и прерывания; Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП): режимы работы и настройка. Контроллер прямого доступа памяти (ПДП): режимы работы, настройка и прерывания.		4	8	12
3.3	Универсальный асинхронный/синхронный приемопередатчик: режимы работы, настройка и прерывания; последовательный периферийный интерфейс: режимы работы, настройка и прерывания;		2	4	8
<b>4. Схемотехника автоматизированных систем управления электроприводом на базе микропроцессорных систем</b>					
4.1.	Схемотехнические решения для микропроцессорных систем управления двигателями переменного и постоянного тока в устройствах с двойным преобразованием энергии. Особенности управления транзисторами в мостовых схемах при подаче	2			2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	управляющих импульсов от микроконтроллера. Каналы управления инверторами на базе транзисторов				
4.2.	Схемотехнические решения для микропроцессорных систем управления двигателями переменного и постоянного тока в преобразователях с непосредственной связью с сетью. Особенности управления тиристорами в мостовых схемах при подаче управляющих импульсов от микроконтроллера. Каналы управления мостовых схем на базе тиристорov.		2		4
4.3.	Схемотехнические решения для построения каналов обратной связи то току, напряжению, скорости и положению. Каналы обратной связи по току и напряжению без гальванической развязки и с гальванической развязкой в цепях постоянного и переменного тока. Преимущества и недостатки гальванической развязки. Особенности подключения цифровых и аналоговых датчиков скорости и положения к микроконтроллеру.	2			2
4.4.	Схемотехнические решения для построения коммуникационных интерфейсов RS232 и RS485. Специализированные интерфейсные микросхемы. Методы защиты и гальванической развязки.		2		4
	ВСЕГО	17	17	34	72

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Архитектура процессоров Cortex M3 и структура памяти	Интегрированная среда разработки Keil. Использование стека при вызове подпрограмм.	2	2
		Настройка тактирования шин процессора. Работа с исключениями. Работа с прерываниями.	2	2
		Работа с памятью	1	1
2	Периферийные модули	Настройка и работа с портами ввода/вывода.	2	2
		Настройка и работа с таймером	2	2
		Настройка и работа с АЦП и ЦАП	2	2
		Настройка и работа с Универсальным	2	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
		асинхронным/синхронным приемопередатчиком. Настройка и работа с последовательным периферийным интерфейсом		
3	Схемотехника автоматизированных систем управления электроприводом на базе микропроцессорных систем	Схемотехника микропроцессорных систем управления двигателями с тиристорными регуляторами напряжения	2	2
		Схемотехнические решения для построения коммуникационных интерфейсов RS232 и RS485.	2	2
ВСЕГО			17	17

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Периферийные модули	Настройка и работа с портами ввода/вывода. Вывод информации на ЖК-экран	4	4
		Настройка и работа с таймером. Динамический вывод информации на светодиодную панель	4	4
		Определения положения и измерение скорости с помощью цифрового датчика скорости.	4	4
		Настройка таймера в режиме ШИМ для управления инверторами и драйверами шаговых двигателей	4	4
		Система импульсно-фазового управления в мостовых тиристорных схемах.	6	6
		Оцифровка аналогового сигнала и фильтрация сигнала.	4	4
		Генерирование аналогового сигнала заданной формы	4	4
		Связь персонального компьютера с микроконтроллером.	4	4
ВСЕГО			34	34

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа предусмотрена учебным планом в 3 семестре и нацелена на закрепление навыков реализации систем управления и организации автоматизированных систем управления электроприводами двигателей с применением микроконтроллеров. Целями курсовой работы являются:

– закрепление знаний по микропроцессорным элементам и системам управления электроприводов, выполненных на базе микроконтроллеров;



- приобретение навыков проектирования, выбора элементов и составления электрических схем систем электроприводов;
- знакомство с составом электрооборудования, последовательностью выбора элементов современного электропривода;
- практическая реализация программного обеспечения и проверка работоспособности микропроцессорной системы управления, выполненной на базе 32-разрядных микроконтроллеров Milandr 1986BE9X.

Перечень тем курсовых работ:

- Разработка микропроцессорной системы управления шагового электропривода подачи станка с ЧПУ.
- Разработка микропроцессорной системы управления электропривода на базе ДПТ с НВ.
- Разработка микропроцессорной системы управления электропривода на базе асинхронного двигателя.

Объем курсовой работы – 15 - 25 стр. пояснительной записки и графический материал в виде принципиальной электрической схемы электропривода (формат А1). Пояснительная записка должна быть выполнена с учетом требований стандарта БГТУ им. В.Г. Шухова, оформлена на листах формата А4, должна содержать титульный лист, оглавление, задание на курсовое проектирование, основную часть, список литературы, а также приложения. Программа должна быть написана на языке C/C++, выполнена для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X, а ее работоспособность продемонстрирована преподавателю. Программа должна обеспечивать требования, предъявляемые к заданному варианту исполнения.

Пояснительная записка курсовой работы состоит из следующих разделов:

Введение.

1. Исходные данные на курсовой проект.
2. Разработка функциональной схемы системы.
3. Выбор элементов силовой части электропривода.
4. Выбор элементов цепей управления электропривода.
5. Описание схемы электрической принципиальной электропривода.
6. Разработка блок-схемы алгоритмов блоков.
7. Временные диаграммы работы элементов системы.
8. Листинг программы управляющего устройства и его апробация на лабораторном стенде.
9. Список использованной литературы.

Приложение 1: Схема электрическая принципиальная системы управления шагового электропривода.

Приложение 2: Перечень элементов системы управления шагового электропривода.

Приложение 3: Листинг управляющей программы

Пример задания курсового проекта:

Тема: «Разработка микропроцессорной системы управления шагового электропривода подачи станка с ЧПУ»

Исходные данные для проектирования:

1. Момент статического сопротивления (по табл. 1) -  $M_{ст}$ ;
2. Начальная скорость вращения шагового двигателя -  $n_{нач}$ ;
3. Шаг увеличения/уменьшения скорости;
4. Тип схемы управления;
5. Наличие реверса;
6. Параметры на индикации.

Тема: «Разработка микропроцессорной системы управления электропривода на базе ДПТ с НВ»

Исходные данные для проектирования:

1. Напряжение сети -  $U_c$ ;
2. Номинальный ток двигателя -  $I_{ном}$ ;
3. Драйвер ключей;
4. Регулирование скорости;
5. Входы управления;
6. Тип управления.

Тема: «Разработка микропроцессорной системы управления электропривода на базе асинхронного двигателя»

Исходные данные для проектирования:

1. Напряжение сети -  $U_c$ ;
2. Номинальный ток двигателя -  $I_{ном}$ ;
3. Драйвер ключей;
4. Регулирование скорости;
5. Входы управления;
6. Закон управления.

#### **4.5. Содержание расчетно-графического задания**

Учебным планом выполнение расчетно-графического задания (РГЗ) не предусмотрено.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1. ПКВ-1.** Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
Способность формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства.	Экзамен, защита лабораторных работ, собеседование

**1. ПКВ-2.** Способен разрабатывать проектную и конструкторскую документацию систем электроснабжения и электроэнергетических сетей.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
Способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности.	Курсовая работа, защита курсовой работы, собеседование

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце семестра в форме экзамена.

Экзамен включает две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (1 задача). Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, которые определяются случайным образом и заранее не известны, отводится время в пределах 60 минут. После ответа на теоретические вопросы билета, преподаватель задает дополнительные вопросы.

Распределение теоретических вопросов по билетам студенту заранее неизвестно, но известен полный перечень вопросов. Постановка вопросов студенту заранее неизвестны. Однако известны темы вопросов и тип практических задач и заданий. В пределах варианта тестовые вопросы и задания выбираются из фонда тестовых заданий случайным образом.

Ежегодно на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

#### Перечень вопросов для подготовки к экзамену

№ п/п	Наименование разделы дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общая структура микропроцессорных систем	1. Структура современных микропроцессорных систем 2. Версии архитектуры процессоров Cortex и области их применения
2	Архитектура процессоров Cortex M3 и структура памяти	3. Регистры общего назначения. Применения и способы обращения 4. Регистры указатели стека в процессорах Cortex-M3

№ п/п	Наименование разделы дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		5. Регистры с состоянием программы в процессорах Cortex-M3 6. Режимы работы процессора Cortex-M3. 7. Организация стека в процессорах Cortex-M3. Операции загрузки и извлечения из стека. 8. Исключения в процессорах Cortex-M3. 9. Обработка исключений в процессорах Cortex-M3. 10. Прерывания в процессорах Cortex-M3. Последовательность обработки прерываний/исключений. 11. Вложенные прерывания. Контроллер вложенных векторных прерываний и управление прерываниями. 12. Система памяти в процессорах Cortex-M3. Основные особенности системы памяти. 13. Понятие конвейера и цикл его работы в процессорах Cortex-M3. 14. Шины процессора Cortex-M3. 15. Виды сброса процессоров Cortex-M3. Цикл сброса.
3	Периферийные модули	16. Система тактирования микроконтроллера 1986VE9X. 17. Порты ввода/вывода в микроконтроллерах 1986VE9X: режимы работы, настройка и прерывания 18. Таймеры в микроконтроллерах 1986VE9X: функции, режимы работы, настройка и прерывания 19. Режимы ШИМ для управления двигателями переменного и постоянного тока. 20. Аналого-цифровой преобразователь в микроконтроллерах 1986VE9X: режимы работы, настройка и прерывания. 21. Цифро-аналоговый преобразователь в микроконтроллерах 1986VE9X: режимы работы и настройка. 22. Контроллер прямого доступа памяти (ПДП) в микроконтроллерах 1986VE9X: режимы работы, настройка и прерывания; 23. Универсальный асинхронный/синхронный приемопередатчик в микроконтроллерах 1986VE9X: режимы работы, настройка и прерывания 24. Последовательный периферийный интерфейс в микроконтроллерах 1986VE9X: режимы работы, настройка и прерывания.
4	Схемотехника автоматизированных систем управления электроприводом на базе микропроцессорных систем	25. Функциональная схема преобразователя частоты с микропроцессорной системой управления. 26. Особенности управления транзисторами в мостовых схемах при подаче управляющих импульсов от микроконтроллера. 27. Каналы управления инверторами на базе транзисторов 28. Функциональная схема преобразователя частоты с непосредственной связью с сетью с микропроцессорной системой управления. 29. Особенности управления тиристорами в мостовых схемах при подаче управляющих импульсов от микроконтроллера. 30. Каналы управления тиристорами в мостовых схемах. 31. Обратные связи по току в микропроцессорных системах управления электроприводом без гальванической развязки и с гальванической развязкой. 32. Обратные связи по напряжению в микропроцессорных

№ п/п	Наименование разделы дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>системах управления электроприводом без гальванической развязки и с гальванической развязкой.</p> <p>33. Особенности подключения цифровых и аналоговых датчиков скорости и положения к микроконтроллеру</p> <p>34. Схемотехнические решения для построения коммуникационных интерфейсов RS232 с гальванической и без гальванической развязки</p> <p>35. Схемотехнические решения для построения коммуникационных интерфейсов RS485 с гальванической и без гальванической развязки.</p>

### Перечень типовых задач к экзамену

**Задача 1.** Осуществить настройку тактирования микроконтроллера 1986ВЕ9Х на заданную частоту (Задаётся экзаменатором).

**Задача 2.** Осуществить настройку портов ввода/вывод микроконтроллера 1986ВЕ9Х на заданную функцию. (Задаётся экзаменатором)

**Задача 3.** Осуществить настройку таймера микроконтроллера 1986ВЕ9Х для генерации ШИМ сигнала для управления трёхфазным инвертором.

**Задача 4.** Осуществить настройку таймера микроконтроллера 1986ВЕ9Х для генерации ШИМ сигнала для управления реверсивным мостовым преобразователем.

**Задача 5.** Реализовать функцию последовательного вывода 1- байта информации (задаётся экзаменатором) на вывод микроконтроллера с индикацией синхронизирующего импульса.

**Задача 6.** Реализовать программу ПИ-регулятора. В качестве входа для ПИ-регулятора использовать сигнал с 1-ого канала АЦП.

**Задача 7.** Реализовать программу ПД-регулятора. В качестве входа для ПД-регулятора использовать сигнал с 1-ого канала АЦП.

**Задача 8.** обеспечить вывод синусоидального сигнала с частотой  $f$  и амплитудой  $A$ , с помощью одного из ЦАП.

**Задача 9.** Обеспечить вывод треугольного сигнала с частотой  $f$  и амплитудой  $A$ , с помощью одного из ЦАП.

**Задача 10.** Реализовать программу имитирующую работу импульсного реле. При подача разрешающего сигнала на вход реле, должен быть сгенерировать импульс длительность  $T_i$  и начальной фазой  $\alpha_0$  (время от подачи разрешающего сигнала до переднего фронта выходного сигнала реле)

**Задача 11.** Сгенерировать с помощью микроконтроллера 1986ВЕ9Х заданный аналоговый сигнал (задаётся экзаменатором).

**Задача 12.** Реализовать логическую функцию на микроконтроллере 1986ВЕ9Х на заданную функцию (задаётся экзаменатором).

## Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Отметка о допуске курсовой работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки согласно заданию на выполнение курсовой работы.

Защита происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которых проверяется знание студентом назначения основных элементов и методики проектирования микропроцессорных систем, способность анализировать результаты, полученные в ходе разработки микропроцессорной системы управления электроприводом. В процессе доклада преподавателем и слушателями формируются вопросы в рамках дисциплины и изучаемых разделов для защиты курсового проекта докладчиком.

№	Типовые вопросы для защиты курсовой работы
1.	Опишите связь блоков разработанной функциональной схемы микропроцессорной системы управления приводом.
2.	Какие периферийные устройства использовались при реализации разрабатываемой микропроцессорной системы управления?
3.	На основании каких требований и условий производился выбор элементов силовой части электропривода?
4.	На основании каких требований и условий производился выбор микропроцессора и элементов системы управления электроприводом?
5.	Поясните разработанную блок-схему алгоритма работы разработанной микропроцессорной системы;
6.	Как в разработанном аппаратно-программном комплексе реализован реверс электродвигателя?
7.	Как в разработанном аппаратно-программном комплексе реализовано изменение скорости вращения электродвигателя?
8.	Поясните работу подпрограмм инициализации и настройки работы ШИМ сигналов, перечислите назначение основных изменяемых параметров.
9.	Поясните работу подпрограмм инициализации и настройки работы АЦП/ЦАП, перечислите назначение основных изменяемых параметров.
10.	Поясните работу подпрограмм инициализации и настройки работы используемых таймеров микроконтроллера, перечислите назначение основных изменяемых параметров и их влияние на работу системы управления.
11.	Как в разработанном аппаратно-программном комплексе реализовано управление пуском и остановкой электропривода?
12.	Как в разработанном аппаратно-программном комплексе реализована индикация состояния и основных параметров электропривода?
13.	Перечислите перечень элементов принципиальной электрической схемы микропроцессорного контроллера. Опишите их назначение и основные функции.
14.	Прокомментируйте полученные осциллограммы управляющих сигналов микроконтроллера. Насколько их параметры соответствуют расчетным?

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

**Текущий контроль** осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ.

**Лабораторные работы.** В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе и перечень контрольных вопросов. Лабораторные работы проводятся в форме самостоятельного написания программ в инструментальной среде Keil  $\mu$ Vision 5 на языке C/C++ и апробирования разработанных программ на микроконтроллере Milandr 1986BE9X, встроенного в отладочный комплект для микроконтроллера K1986BE92Q1.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1	Настройка и работа с портами ввода/вывода. Вывод информации на ЖК-экран	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В каких режимах могут работать линии ввода/вывода микроконтроллера?</li> <li>2. Какая роль диодов Шотки?</li> <li>3. Каково назначение внутренних подтягивающих резисторов?</li> <li>4. В чем преимущество и недостаток использования внутренних подтягивающих резисторов?</li> <li>5. Перечислите последовательность настройки контакта микроконтроллера в режиме работы цифрового входа, выхода, в аналоговом режиме работы.</li> </ol>
2	Настройка и работа с таймером. Динамический вывод информации на светодиодную панель	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое таймер?</li> <li>2. Что может выступать источником счётных импульсов для таймера в микроконтроллере K1986BE92Q1?</li> <li>3. Что такое основание счёта таймера? Где оно настраивается?</li> <li>4. В каких режимах счёта может работать таймер в микроконтроллере K1986BE92Q1?</li> </ol>
3	Определения положения и измерение скорости с помощью цифрового датчика скорости.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принцип работы инкрементального энкодера</li> <li>2. Описание выводов инкрементального энкодера.</li> <li>3. Как подключить инкрементальной энкодер к микроконтроллеру?</li> <li>4. Принципы измерения скорости с помощью инкрементального энкодера</li> </ol>
4	Настройка таймера в режиме ШИМ для управления инверторами и драйверами шаговых двигателей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое скважность импульса?</li> <li>2. Что такое dead-time?</li> <li>3. Что такое комплементарный ШИМ сигнал?</li> <li>4. Как необходимо настроить ШИМ сигнал для управления реверсивным преобразователем?</li> <li>5. Как необходимо настроить ШИМ сигнал для управления трёхфазным инвертором?</li> </ol>
5	Система импульсно-фазового управления в мостовых тиристорных схемах.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие периферийные модули микроконтроллера необходимы для реализации СИФУ?</li> <li>2. Что значит синхронизация с сетью?</li> <li>3. Какие особенности генерирования управляющих сигналов для тиристорных вы знаете?</li> </ol>

6	Оцифровка аналогового сигнала и фильтрация сигнала.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое АЦП?</li> <li>2. Какие основные характеристики есть у АЦП?</li> <li>3. Что такое опорное напряжение?</li> <li>4. Какие виды источников опорного напряжения могут использоваться для АЦП в микроконтроллере K1986BE92QI?</li> <li>5. Как рассчитать значение напряжения соответствующее самому младшему разряду данных АЦП?</li> <li>6. Какая максимальная частота тактирования допустима для АЦП в микроконтроллере K1986BE92QI?</li> <li>7. Какая разрядность у АЦП в микроконтроллере K1986BE92QI?</li> <li>8. Какие режимы работы есть у АЦП в микроконтроллере K1986BE92QI?</li> </ol>
№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
7	Генерирование аналогового сигнала заданной формы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое ЦАП?</li> <li>2. Какая разрядность ЦАП в микроконтроллере K1986BE92QI?</li> <li>3. Какие виды источников опорного напряжения могут использоваться для ЦАП в микроконтроллере K1986BE92QI?</li> </ol>
8	Связь персонального компьютера с микроконтроллером.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание интерфейса универсального асинхронного/синхронного приёмопередатчика.</li> <li>2. Какие типы прерываний поступают от асинхронного/синхронного приёмопередатчика?</li> <li>3. Как реализовать интерфейс RS232?</li> </ol>

### Практические занятия

На практических занятиях внимание уделяется решению типовых задач по всем разделам дисциплины с целью закрепления теоретических и практических знаний, полученных на лекционных занятиях, с последующим обсуждением полученных результатов. Оценивание практических занятий отдельно не производится, а все решения задач рассматриваются в практических вопросах экзаменационного билета и учитываются при оценке сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации. Перечень типовых задач приведен ниже.

#### Задача №1

Создать проект в интегрированной среде разработки Keil  $\mu$ Vision. В файле main.C записать код, приведенный в исходном листинге программы. Произвести сборку проекта и компиляцию программы. Записать программу во flash-память микроконтроллера. Запустить режим отладки и запустить выполнение программы.

#### Задача №2

Написать программу реализующую вычисление функции  $y=f(a,b,c)$  (см. таблицу 1). При нажатии заданной кнопки результат вычисления функции должен быть выведен в двоичной форме на светодиоды.

Таблица 1

Вариант	$y=f(a,b,c)$	Кнопка
1	$y=5*a+b-c$	SEL
2	$y=a*c-b*b$	UP
3	$y=a*b-c*a$	DOWN
4	$y=a+c-b*b$	LEFT
5	$y=2a*c- b$	RIGHT
6	$y=3c+a- b$	SEL
7	$y=3(c+a)- b$	UP
8	$y=2((c+a)- b)$	DOWN
9	$y=2((c+a)- b)$	LEFT
10	$y=(3b-c)+a*a$	RIGHT
11	$y=3a-2b+4c$	SEL
12	$y=a*b-2c$	UP



## Задача №6

Настроить прерывание в соответствии с заданием по таблице 2.

Таблица 2

№	Тип	Событие для прерывания	Действия в обработчике	Примечание
1	Таймер 1	CNT==0	переключение светодиода на PC0	счёт вверх/вниз
2	АЦП 2	окончание преобразования	прочитать результат преобразования в глобальный массив	каналы 2,4,6
3	Таймер 2	Событие переднего фронта на выходе REF канала 1, при OССM[2:0]=6	переключение светодиода на PC1	счёт вверх
4	АЦП 1	Выход сигнала за пределы верхней или нижней границы	Включить светодиод на PC0 при выходе за нижний предел. Включить светодиод на PC1 при выходе за верхний предел.	H=4000 L=100 канал 2
5	Таймер 2	CNT==ARR	переключение светодиода на PC1	счёт вниз
6	АЦП 1	окончание преобразования	прочитать результат преобразования в глобальный массив	каналы 3,4,5
7	Таймер 1	Событие переднего фронта на выходе REF канала 1, при OССM[2:0]=7	переключение светодиода на PC0	счёт вверх
8	АЦП 2	Выход сигнала за пределы верхней или нижней границы	Включить светодиод на PC0 при выходе за нижний предел. Включить светодиод на PC1 при выходе за верхний предел.	H=3750 L=250 канал 5
9	Таймер 2	Событие переднего фронта на выходе REF канала 1, при OССM[2:0]=6	переключение светодиода на PC1	счёт вверх/вниз
10	АЦП 1	окончание преобразования	прочитать результат преобразования в глобальный массив	каналы 2,5,6
11	Таймер 2	CNT==ARR	переключение светодиода на PC0	счёт вверх/вниз
12	АЦП 1	Выход сигнала за пределы верхней или нижней границы	Включить светодиод на PC0 при выходе за нижний предел. Включить светодиод на PC1 при выходе за верхний предел.	H=2500 L=500 канал 3

## Задача №3

Реализовать функцию настройки тактовой частоты процессора в соответствии с заданием (задаётся преподавателем). Функция должна быть объявлена как void CPU\_init(void).

## Задача №4

Реализовать функцию мигания светодиодом на контакте PC1. Длительность включенного и выключенного состояния светодиода измеряется в секундах и равна номеру варианта. В качестве источником счётных импульсов использовать тактовый сигнал процессора HCLK. Значение делителя TIMx BRG[7:0]

определяется по формуле:  $N * 10$  (где  $N$  – номер варианта), а значение регистра MDR\_TIMER1->PSG по формуле:  $65\ 000 + N * 15$  (где  $N$  – номер варианта). Основание счёта для всех вариантов равно 0xFFFF. Использовать таймер под номером 1, в режиме счёта вверх (инкрементный режим).

### **Задача №5**

Реализовать функцию настройки таймера для генерации ШИМ сигнала void InitPWM(void) и функцию initPortPWM() настройки линии 1 порта A. Использовать таймер №1 и первый канал сравнения. Значение регистра MDR\_TIMER1->PSG рассчитывается по формуле:  $N*10$ , а регистра MDR\_TIMER1->ARR по формуле  $N*1000$  (где  $N$  – номер варианта). Режим счёта таймер для каждого варианта определяется из последовательности: 1 вариант – счёт вверх/вниз, 2 вариант – счёт вверх, 3 вариант – счёт вниз, 4 вариант – счёт вверх/вниз и тд. Для нечётных вариантов сигнал REF формируется по условию: 1, если  $CCR > CNT$ , иначе 0, а для чётных по условию: 0, если  $CCR > CNT$ , иначе 1; Регистр CCR1 не используется для всех вариантов.

Скомпилировать программу записать её в контроллер и запустить режим отладки. Используя инструмент System Viewer Windows, в регистр MDR\_TIMER1->CCR установить половинное значение регистра MDR\_TIMER1->ARR. Используя осциллограф, определить длительность импульса выходного сигнала и рассчитать его скважность.

Поочерёдно установить в регистр MDR\_TIMER1->CCR значения рассчитываемые по формуле  $2*((MDR\_TIMER1->ARR)/N*10)$ ,  $4*((MDR\_TIMER1->ARR)/(N*10))$  и  $8*((MDR\_TIMER1->ARR)/(N*10))$  и повторить действия описанные в пункте 5.

### **Задача №6**

Реализовать функцию инициализации АЦП void InitADC(void) в соответствии с заданием (задается преподавателем). Использовать внутренний источник опорного напряжения. Для тактирования АЦП использовать тактовый сигнал процессора HCLK.

### **Задача №7**

Реализовать программу, выводящую на светодиоды LED1-LED8 число в бинарном виде, переданное по интерфейсу RS-232/ RS-485 с персонального компьютера по протоколу в соответствии с вариантом индивидуального задания через программу-терминал (например «Terminal v.1.9b byBr@y»).

## **5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания**

При промежуточной аттестации в форме экзамена и дифференцированного зачета (курсовой работы) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание архитектуры современных микропроцессорных систем и их особенностей
	Знание особенностей микроконтроллера Milandr 1986BE9X
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение создания программы на языках C/C++ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X
	Умение программирования и настройки периферийных модулей и подсистем прерываний, микроконтроллера Milandr 1986BE9X.
	Самостоятельность и качество выполнения задания
	Умение выполнять анализ и делать выводы по результатам выполнения практического задания
Навыки	Владение навыками работы со средой программирования Keil uVision
	Владение навыками создания, тестирования и отладки программ микропроцессорных систем управления электроприводом на языке программирования C/C++

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме **дифференцированного зачета:**  
Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знания схемотехнических решений в области регулируемого электропривода на базе двигателей различного типа.	Не знает типовые схемотехнические решения, параметры, принцип действия устройств электроники в составе современного электропривода с системами управления на базе микропроцессоров	Знает схемы и некоторых основных узлов современных электроприводов на базе микропроцессорной техники; С незначительными ошибками описывает назначение и типовые схемотехнические решения как силовой части, так и систем управления электроприводов.	Знает типовые схемы и основные узлы современных электроприводов на базе микропроцессорной техники; В целом описывает назначение и типовые схемотехнические решения как силовой части, так и систем управления электроприводов.	В полном объёме знает схемы и основные узлы современных электроприводов на базе микропроцессорной техники; назначение, типовые и специализированные схемотехнические решения как силовой части, так и систем управления электроприводов.
Знание особенностей применения современных 32-разрядных	Не знает архитектуру, характеристики и возможности 32-разрядных	Знает архитектуру, характеристики и возможности 32-разрядных процессоров Cortex-	Знает архитектуру, характеристики и возможности 32-разрядных	В полном объёме знает архитектуру, характеристики и возможности 32-

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
микропроцессорных систем на базе процессоров Cortex-M3.	процессоров Cortex-M3, не знает особенностей их применения в реальных микропроцессорных системах.	М3, ознакомлен с некоторыми из особенностей их применения в реальных микропроцессорных системах, остальные – может воспроизвести с помощью преподавателя	процессоров Cortex-M3, ознакомлен с большинством особенностей их применения в реальных микропроцессорных системах.	разрядных процессоров Cortex-M3, ознакомлен с особенностями их применения в реальных микропроцессорных системах.
Полнота ответов на вопросы во время зашиты курсовой работы	Не знает методик подбора основного и вспомогательного оборудования. Не знает и нарушает требования выполнения курсовой работы. Испытывает затруднения при ответах на поставленные вопросы.	Знает методики подбора только основного оборудования и основные параметры, и свойства разрабатываемой системы управления. Знает требования правил и нормы выполнения курсовой работы, но допускает ошибки, которые может исправить с дополнительной помощью	Дает ответы на вопросы по теме курсовой работы. Знает методики подбора основного и вспомогательного оборудования и параметры, характеризующие свойства разрабатываемой системы управления	Дает полные, развернутые ответы на вопросы по теме курсовой работы и дополнительные вопросы. Знает методики подбора основного и вспомогательного оборудования и параметры, характеризующие свойства разрабатываемой системы управления

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение подбирать микроконтроллеры для решения прикладных задач в области управления электроприводом в соответствии с требованиями	Не может правильно выбрать микроконтроллер с необходимой периферией в соответствии с требованиями и решаемой задачей.	В целом правильно осуществляет выбор микроконтроллеров с необходимой периферией, но не может в полной мере обосновать предлагаемые технические решения, допускает неточности и несущественные ошибки.	Правильно осуществляет выбор микроконтроллеров с необходимой периферией в соответствии с требованиями и решаемой задачей, при обосновании предлагаемых технических решений допускает неточности и несущественные ошибки.	Умеет правильно и самостоятельно осуществлять выбор микроконтроллеров с необходимой периферией в соответствии с требованиями и решаемой задачей, полностью обосновывает предлагаемые технические решения.
Умение реализовывать на базе микропроцессорной техники алгоритмы управления электроприводом	Не может сформировать управляющие сигналы с заданными параметрами для реализации системы управления.	Умеет формировать управляющие сигналы различного рода и типа для реализации системы управления, однако их параметры незначительно отличаются от заданных. Реализует для микроконтроллера	Умеет формировать управляющие сигналы различного рода и типа для реализации системы управления; С незначительными ошибками реализует для микроконтроллера алгоритмы численных методов	Умеет формировать управляющие сигналы различного рода и типа для реализации системы управления; В полном объеме и без ошибок реализует для микроконтроллера алгоритмы численных методов

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
		базовые алгоритмы численных методов для построения систем управления регулируемым электроприводом.	для построения систем управления регулируемым электроприводом.	для построения систем управления регулируемым электроприводом с требуемыми функциями.
Полнота и качество выполнения курсовой работы	Имеются существенные ошибки при использовании рекомендованной методики выполнения курсовой работы	Используется рекомендованная методика выполнения курсовой работы, но допускаются незначительные ошибки в расчетах, и построении имитационной модели разрабатываемой системы управления в пакете Matlab, что отражается на динамических и статических характеристиках	Курсовая работа выполнена в полном объеме с незначительными замечаниями. Правильно произведен расчет и выбор силовых элементов электропривода, разработаны функциональная и принципиальная электрическая схемы, представленные алгоритмы работы разработанной системы имеют несущественные неточности.	Курсовая работа выполнена в полном объеме, рациональным способом. Правильно произведен расчет и выбор силовых элементов электропривода, без ошибок разработаны функциональная и принципиальная электрическая схемы, в полном объеме представлены алгоритмы работы разработанной системы.
Самостоятельность выполнения задания	Не может объяснить расчет и выбор элементов электропривода системы управления, алгоритм работы разработанной программы.	Объясняет последовательность выполнения расчетов, выбор элементов электропривода и системы управления, но алгоритм работы разработанной программы способен пояснить лишь с дополнительной помощью.	Объясняет последовательность выполнения расчетов, выбор элементов электропривода и системы управления, алгоритм работы разработанной программы.	Уверенно объясняет последовательность выполнения расчетов, выбор элементов электропривода и системы управления, алгоритм работы разработанной программы и связь различного оборудования.
Качество оформления курсовой работы и необходимой документации	Пояснительная записка не подлежит проверке, имеются существенные замечания по оформлению текстовой и графической части с учетом установленных требований, в листинге программы отсутствуют части кода.	Пояснительная записка оформлена с незначительными нарушениями установленных требований, отсутствуют некоторые пояснения к графикам, схемам, листинг программы оформлен с несоблюдением требований, однако разработанная программа работоспособна.	Пояснительная записка оформлена в соответствии с установленными требованиями, имеются необходимые пояснения в листинге программы, графиках, схемах, однако имеются незначительные ошибки	Пояснительная записка оформлена аккуратно, полностью соответствует установленным требованиям к графической и текстовой части, листинг программы оформлен в соответствии с требованиями.

## Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Навык организации систем управления на базе микропроцессорных систем и микроконтроллеров	Не способен организовывать автоматизированные системы управления электроприводами различных типов с применением микроконтроллеров.	В целом способен организовывать автоматизированные системы управления электроприводами различных типов с применением микроконтроллеров Milandr 1986BE9X, но допускает некритические ошибки и некоторую нерациональность разрабатываемого решения.	В целом уверенно владеет навыками организации автоматизированных систем управления электроприводами различных типов с применением микроконтроллеров Milandr 1986BE9X. Разработанные системы выполняют поставленные задачи, но существуют некритичные недочеты.	Уверенно владеет навыками организации автоматизированных систем управления электроприводами различных типов с применением микроконтроллеров Milandr 1986BE9X в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами. Разработанные системы полностью соответствуют требованиям.
Анализ и обоснование полученных результатов	Отсутствует анализ и обоснование результатов курсовой работы	Анализ результатов, полученных при выполнении курсовой работы, выполняется только при помощи преподавателя	Анализ и обоснование результатов, курсовой работы выполнен, при этом допускаются незначительные неточности, требующие пояснения	Анализ и обоснование результатов курсовой работы выполнен полностью, сделаны исчерпывающие выводы
Умение работы с разрабатываемой и имеющейся технической документацией	Не способен выполнять проектирование необходимой технической документации разрабатываемой системы, допускает грубые ошибки. Испытывает затруднения при использовании технической документацией по используемому микроконтроллеру.	Выполняет структурный анализ и проектирование необходимой технической документации разрабатываемой системы, но допускает ошибки, который способен исправить самостоятельно. Пользуется основной технической документацией по используемому микроконтроллеру	В целом грамотно выполняет структурный анализ и проектирование необходимой технической документации разрабатываемой системы, пользуется необходимой технической документацией по используемому микроконтроллеру.	Уверено и четко выполняет структурный анализ и проектирование необходимой технической документации разрабатываемой системы, активно и уверенно пользуется необходимой и дополнительной технической документацией, мануалами и спецификациями к применяемому микроконтроллеру.

## При промежуточной аттестации в форме экзамена:

### Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание архитектуры современных микропроцессорных систем и их особенностей	Не знает структуры микропроцессорных систем, затрудняется описать назначение	С неточностями знает структуру микропроцессорных систем. С небольшими неточностями называет назначение	В целом уверенно знает структуру микропроцессорных систем. С небольшими неточностями называет назначение	В полном объеме знает структуру микропроцессорных систем, назначение регистров процессора ARM Cortex-M3; механизмы работы

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
	регистров процессора ARM Cortex-M3; не понимает механизмы работы исключений и механизмы прерываний, не знает принципов организации памяти и особенности работы с ней.	регистров процессора ARM Cortex-M3; в целом понимает механизмы работы исключений и механизмы прерываний, а также способов их обработки. В целом уверенно знает принципы организации памяти и особенности работы с ней; Цикл работы конвейер процессора ARM Cortex-M3.	регистров процессора ARM Cortex-M3; в целом понимает механизмы работы исключений и уверено знает механизмы работы прерываний, а также способов их обработки. В целом уверенно знает организацию памяти и особенности работы с ней; Цикл работы конвейер процессора ARM Cortex-M3.	исключений и прерываний, а также способов их обработки; принцип организации памяти и особенности работы с ней; цикл работы конвейер процессора ARM Cortex-M3. Виды сброса и сигналы сброса процессора ARM Cortex-M3.
Знание особенностей микроконтроллера Milandr 1986BE9X	Не знает структуры и назначения регистров микроконтроллера Milandr 1986BE9X, особенностей работы исключений и прерываний, способов их обработки. Не может описать алгоритм и особенности тактирования основной части периферийных модулей микроконтроллера.	С неточностями знает структуру и назначение регистров микроконтроллера Milandr 1986BE9X, в целом понимает особенности работы исключений и прерываний, а также способов их обработки. Описывает алгоритм и особенности тактирования лишь основной части периферийных модулей микроконтроллера, а также порядок их настройки.	В целом знает структуру и назначение регистров микроконтроллера Milandr 1986BE9X, понимает особенности работы исключений и прерываний, а также способов их обработки. С небольшими неточностями описывает алгоритм и особенности тактирования периферийных модулей микроконтроллера, а также порядок их настройки.	В полном объеме знает структуру и назначение регистров микроконтроллера Milandr 1986BE9X; особенности работы исключений и прерываний, а также способов их обработки; алгоритм и особенности тактирования периферийных модулей микроконтроллера, а также порядок их настройки.
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины.	Имеет общие, но достаточные знания основного материала дисциплины.	Знает основной теоретический материал курса в соответствии с рабочей программой.	Студент в полной мере владеет теоретическим материалом, также опирается на знания, которые выходят за рамки учебной программы.
Полнота ответов на вопросы	В ответах на вопросы допускает принципиальные ошибки, которые не способен исправить самостоятельно.	В ответах на вопросы допускает ошибки, которые может исправить под руководством преподавателя.	Представляет полные и развернутые ответы на поставленные вопросы, но допускает несущественные неточности, которые может исправить самостоятельно.	Твердо владеет теоретическим материалом, представляет полные и развернутые ответы на поставленные вопросы, не допуская ошибок.
Четкость изложения и интерпретации знаний в области схмотехники	Ответы неполные, не аргументированные, бессвязные и нелогичные. Отсутствует	При изложении материала отсутствует логическая последовательность и четкость	Излагает знания без нарушения логических связей и последовательностей. Допускает неточности в	Ответы характеризуются точностью формулировок, последовательностью, четкостью и

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
	понимание при интерпретации имеющихся знаний. Не иллюстрирует теорию формулами, схемами или графиками.	формулировок. Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний, которые способен исправить с помощью преподавателя. Приводит поясняющие формулы, графики и схемы небрежно и с ошибками	проведенном анализе или полученных выводах, но способен исправить их самостоятельно. Приводит поясняющие формулы, графики и схемы корректно и правильно в соответствии с требованиями.	логической стройностью. Анализ и выводы могут опираться на знания, которые выходят за рамки учебной программы. Приводит поясняющие формулы, графики и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение создания программы на языках C/C++ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X	Не способен разрабатывать полноценные функционирующие программы на языках C/C++ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X.	Применяет теоретические знания при написании программ на языках C/C++ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X в ограниченном объеме, при этом данные программы в целом работоспособны.	Применяет необходимые теоретические знания при написании полностью работоспособных программ на языках C/C++ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X, но при этом выбирает не самый рациональный способ.	Рационально и эффективно применяет необходимые теоретические знания при написании полностью работоспособных и функционально полных программ на языках C/C++ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X/
Умение программирования и настройки периферийных модулей и подсистем прерываний, микроконтроллера Milandr 1986BE9X.	Не способен осуществлять настройку и программирование периферийных модулей и подсистем прерываний микроконтроллера Milandr 1986BE9X. не может в полной мере работать с регистрами микроконтроллера Milandr 1986BE9X.	Допускает небольшие ошибки при программировании и настройке периферийных модулей и подсистем прерываний микроконтроллера Milandr 1986BE9X. Осуществляет работу с регистрами микроконтроллера Milandr 1986BE9X..	В целом уверено владеет навыками программирования и настройки периферийных модулей и подсистем прерываний микроконтроллера Milandr 1986BE9X для реализации поставленных задач. Осуществляет работу с регистрами микроконтроллера Milandr 1986BE9X, использует стек при вызове подпрограмм.	Уверено и четко производит программирование и настройку необходимых периферийных модулей микроконтроллера Milandr 1986BE9X в полном соответствии с поставленной задачей. Осуществляет работу с регистрами микроконтроллера Milandr 1986BE9X, использует стек при вызове подпрограмм.
Самостоятельность и качество выполнения задания	Обучающийся не способен самостоятельно выполнить практические задания и написать программу для микроконтроллера.	Обучающийся самостоятельно выполняет практические задания, но пишет программы для микроконтроллера Milandr 1986BE9X с дополнительной помощью	Обучающийся способен самостоятельно выполнять практические задания и писать программы для микроконтроллера Milandr 1986BE9X.	Обучающийся самостоятельно и в полном объеме выполняет практические задания и пишет программы для микроконтроллера Milandr 1986BE9X.



Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
	Решение не поддается проверке или присутствует множество строгих нарушений стандарта оформления. Код разработанной программы избыточен и оформлен с грубыми нарушениями или отсутствует часть кода программы.	Решение оформлено неаккуратно с нарушением стандарта оформления, код разработанной программы оформлен с незначительными нарушениями требований, но присутствует некоторая избыточность, которая не влияет на правильность решения задачи.	Решение оформлено аккуратно с необходимыми пояснениями, код разработанной программы оформлен с незначительными нарушениями требований, отсутствует избыточность.	Решение оформлено аккуратно с необходимыми пояснениями, сносками и источниками, код разработанной программы оформлен в соответствии с требованиями, реализуемые функции снабжены комментариями, отсутствует избыточность.
Умение выполнять анализ и делать выводы по результатам выполнения практического задания	Не способен провести качественный анализ работы контроллера, разработанной микропроцессорной системы и сформулировать четкие выводы.	Обучающийся способен анализировать и обобщать полученные результаты работы программы контроллера и разработанной микропроцессорной системы., но допускает ошибки при формулировке итоговых выводов и результатов или упускает логические взаимосвязи в проведенном анализе.	Обучающийся в большинстве случаев способен анализировать и обобщать полученные результаты работы программы контроллера и разработанной микропроцессорной системы. При этом направленные на решение поставленных заданий, характеризуются умением находить и оценивать ошибки.	Обучающийся способен анализировать и обобщать полученные результаты работы программы контроллера и разработанной микропроцессорной системы. По результатам выполнения работы сделаны обоснованные, аргументированные выводы, действия направленные на решение задачи характеризуются рациональностью.

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками работы со средой программирования Keil uVision	Не умеет работать в инструментальной среде Keil uVision, не может ни создать новый проект, ни открыть существующий, подключить необходимые библиотеки для работы с микроконтроллером Milandr 1986BE9X.	Самостоятельно работает в инструментальной среде Keil uVision, способен выполнять базовые операции, подключать необходимые библиотеки, настраивать среду для работы с микроконтроллером Milandr 1986BE9X, но только с подсказками преподавателя	В целом самостоятельно работает в инструментальной среде Keil uVision, способен выполнять основные операции, подключать необходимые библиотеки, настраивать среду для работы с микроконтроллером Milandr 1986BE9X.	Самостоятельно работает в инструментальной среде Keil uVision, способен выполнять типовые операции, подключать необходимые библиотеки, настраивать среду для работы с микроконтроллером Milandr 1986BE9X и другими процессорами семейства ARM Cortex-M3.
Владение навыками создания, тестирования и отладки программ микропроцессорных	Не способен самостоятельно осуществлять компиляцию, отладку и	Способен применять навыки создания, компиляции, отладки и тестирования	Применяет навыки создания, компиляции, отладки и тестирования	В полном объеме применяет навыки создания, компиляции, отладки и тестирования

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
систем управления электроприводом на языке программирования C/C++	тестирование программ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X, не способен исправить большинство ошибок отладки без помощи преподавателя.	программ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X при разработке микропроцессорных систем управления, исправляет ошибки, возникшие при отладке и тестировании, при помощи преподавателя.	программ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X при разработке микропроцессорных систем управления, самостоятельно исправляет большинство ошибок, возникших при отладке и тестировании.	программ для микроконтроллеров Milandr 1986BE9X при разработке микропроцессорных систем управления, самостоятельно находит ошибки в ходе отладки и тестирования и оперативно их исправляет.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук.
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Маркерная доска, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, подключенный к сети «Интернет»
3	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ (специализированная лаборатория)	Специализированная мебель, специализированное оборудование: отладочные наборы Milandr K1986BE92QI, проектор, персональные компьютеры, подключенные к сети «Интернет» (Intel Core i5-3550/H77/8192Mb/1Tb/24"IPS/LAN100Mb/DWD-RW), осциллографы Hantek DSO5102P, цифровые мультиметры, амперметры и вольтметры, асинхронные электрические двигатели AIP80B4Y2, шаговые двигатели 28BYJ-48, шаговые двигатели NEMA17, драйверы ULN2003A, драйверы A4988
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. (Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. (Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023)
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Интегрированная среда разработки Keil µVision v.5	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Набор стандартных библиотек микроконтроллера Software pack для Keil MDK 5 для МК 1986BE9x,1T,3T,4У	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
7	Драйвер MT- Link.	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Огородников И.Н. Микропроцессорная техника. Введение в Cortex-M3 [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Н. Огородников. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2015. — 116 с. — 978-5-7996-1499-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68351.html>.

2. Гуров В.В. Архитектура микропроцессоров [Электронный ресурс] / В.В. Гуров. — Электрон. текстовые данные. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 115 с. — 978-5-9963-0267-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56313.html>.

3. Русанов В.В. Микропроцессорные устройства и системы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Русанов, М.Ю. Шевелёв. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 184 с. — 978-5-94154-128-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13946.html>.

4. Шарапов А.В. Основы микропроцессорной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Шарапов. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2008. — 240 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13958.html>.

5. Микропроцессорные системы [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Е.К. Александров [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2016. — 936 с. — 978-5-7325-1098-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59491.html>.

6. Баховцев И.А. Микропроцессорные системы управления устройствами силовой электроники. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.А. Баховцев. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2009. — 109 с. — 978-5-7782-1360-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45111.html>.

7. Булатов В.Н. Микропроцессорная техника. Схемотехника и программирование [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Булатов, О.В. Худорожков. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 377 с. — 978-5-7410-1443-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61377.html>.

8. Симаков Г.М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.М. Симаков, Ю.В. Панкрац. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 211 с. — 978-5-7782-2210-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45455.html>.

9. Основы программирования микропроцессорных контроллеров в цифровых системах управления технологическими процессами [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Кудряшов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. — 144 с. — 978-5-00032-054-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47437.html>.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Учебные материалы на базе оборудования компании АО Миландр [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://edu.milandr.ru/library/>.

2. Документация и ПО для отладочного комплекта микроконтроллера K1986VE92QI [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ic.milandr.ru/products/programmno\\_otladochnye\\_sredstva/otladochnye\\_komplekty/otladochnyy-komplekt-dlya-mikrokontrollera-k1986ve92qi/](https://ic.milandr.ru/products/programmno_otladochnye_sredstva/otladochnye_komplekty/otladochnyy-komplekt-dlya-mikrokontrollera-k1986ve92qi/) — Заглавие с экрана.

3. Инструментальная среда Keil  $\mu$ Vision. IDE Keil  $\mu$ Vision [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www2.keil.com/mdk5/uvision/> — Заглавие с экрана.

4. Программное обеспечение АО ППК «Миландр» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.milandr.ru/directions/programmnoe-obespechenie/> — Заглавие с экрана.

5. Хабрахабр, крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habrahabr.ru>. — Заглавие с экрана.

6. Микроконтроллеры ARM, Cortex, STM32 Форум ARM. Обсуждение микроконтроллеров семейства ARM, Cortex, STM32. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cyberforum.ru/arm/>. — Заглавие с экрана.

7. ARM. Учебный курс [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/category/arm-uchebnyj-kurs>.

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » мая 2020 г.

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от «15» мая 2021г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.

Директор института \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.