

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Интеллектуальные системы защиты, автоматики и управления энергосистемами

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**АРХИТЕКТУРА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</b>
<b>Консультации</b>	<b>2 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 57,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>2 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

А.А. Волошин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение принципов построения микропроцессорных устройств релейной защиты (МП РЗА).

### Задачи дисциплины

- изучение принципов работы микропроцессорных устройств и их архитектуры;
- формирование умения создания новых устройств на основе микропроцессоров;
- приобретение первичных навыков работы с программными средами для разработки программного обеспечения для микропроцессоров;
- приобретение первичных навыков по реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен руководить разработкой микропроцессорных устройств релейной защиты	ИД-2ПК-1 Демонстрирует умение работы с микроконтроллерами	знать: - цифровую обработку сигналов; - протоколы передачи данных; - основные теоремы Булевой алгебры; - микроэлектронную элементную базу; - измерительные преобразователи аналоговых электрических величин; - виды вычислительных ядер.  уметь: - писать программы на микроконтроллерах и цифровых сигнальных процессорах; - организовывать информационный обмен между цифровыми микросхемами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Интеллектуальные системы защиты, автоматики и управления энергосистемами (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основы Булевой алгебры	4	2	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы Булевой алгебры" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 6-14	
1.1	Основы Булевой алгебры	4		2	1	-	-	-	-	-	-	1	-		
2	Виды вычислительных ядер	5		2	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Виды вычислительных ядер" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 596-620
2.1	Виды вычислительных ядер	5		2	2	-	-	-	-	-	-	1	-		
3	Протоколы передачи данных	23		4	13	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Протоколы передачи данных" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 20-24
3.1	Протоколы передачи данных	23		4	13	-	-	-	-	-	-	6	-		
4	Микроэлектронная элементная база	8		2	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Микроэлектронная элементная база" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 16-28
4.1	Микроэлектронная элементная база	8		2	4	-	-	-	-	-	-	2	-		

5	Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин"
5.1	Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 27-35
6	Цифровая обработка сигналов	14	2	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровая обработка сигналов"
6.1	Цифровая обработка сигналов	14	2	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 77-97
7	Операционные системы реального времени	8	2	4	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровая обработка сигналов"
7.1	Операционные системы реального времени	8	2	4	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 75-93
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0	16	32	-	-	2	-	-	0.5	24	33.5	
	Итого за семестр	108.0	16	32	-	-	2	-	-	0.5	24	33.5	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Основы Булевой алгебры

##### 1.1. Основы Булевой алгебры

Терминология. Дизъюнктивная форма. Конъюнктивная форма. Аксиомы Булевой алгебры. Теоремы одной переменной. Теоремы с несколькими переменными..

#### 2. Виды вычислительных ядер

##### 2.1. Виды вычислительных ядер

Контроллеры общего назначения. Цифровые сигнальные процессоры. Программируемые логические интегральные схемы..

#### 3. Протоколы передачи данных

##### 3.1. Протоколы передачи данных

SPI, I2C, USART, CAN..

#### 4. Микроэлектронная элементная база

##### 4.1. Микроэлектронная элементная база

Сдвиговый регистр. Микросхемы АЦП, ЦАП, мультиплексоры..

#### 5. Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин

##### 5.1. Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин

Входные преобразователи аналоговых сигналов с промежуточным ТН. Входные преобразователи аналоговых сигналов с промежуточным ТТ. Бестрансформаторные входные преобразователи аналоговых сигналов..

#### 6. Цифровая обработка сигналов

##### 6.1. Цифровая обработка сигналов

Реализация фильтров Фурье. Реализация вейвлет фильтров..

#### 7. Операционные системы реального времени

##### 7.1. Операционные системы реального времени

Операционная система FreeRTOS.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Работа с операционной системой реального времени на микроконтроллере STM32;
2. Цифровая обработка сигналов на микроконтроллере STM32;
3. Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин;
4. Асинхронное программирование на микроконтроллере STM32;
5. Интерфейс I2C;
6. Интерфейс USART;
7. Интерфейс SPI;

## 8. Интерфейс GPIO.

### 3.5 Консультации

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы Булевой алгебры"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Виды вычислительных ядер"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Протоколы передачи данных"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Микроэлектронная элементная база"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Цифровая обработка сигналов"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Операционные системы реального времени"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
виды вычислительных ядер	ИД-2ПК-1		+							Лабораторная работа/Интерфейс USART. Интерфейс I2C
измерительные преобразователи аналоговых электрических величин	ИД-2ПК-1					+				Лабораторная работа/Асинхронное программирование на микроконтроллере STM32. Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин
микроэлектронную элементную базу	ИД-2ПК-1				+					Лабораторная работа/Цифровая обработка сигналов на микроконтроллере STM32. Работа с операционной системой реального времени на микроконтроллере STM32
основные теоремы Булевой алгебры	ИД-2ПК-1	+								Лабораторная работа/Интерфейс GPIO. Интерфейс SPI Лабораторная работа/Интерфейс USART. Интерфейс I2C
протоколы передачи данных	ИД-2ПК-1			+						Лабораторная работа/Интерфейс GPIO. Интерфейс SPI Лабораторная работа/Интерфейс USART. Интерфейс I2C
цифровую обработку сигналов	ИД-2ПК-1							+		Лабораторная работа/Цифровая обработка сигналов на микроконтроллере STM32. Работа с операционной системой реального времени на микроконтроллере STM32
<b>Уметь:</b>										
организовывать информационный обмен между цифровыми микросхемами	ИД-2ПК-1			+				+	+	Лабораторная работа/Цифровая обработка сигналов на микроконтроллере STM32. Работа с операционной системой реального времени на микроконтроллере STM32
писать программы на микроконтроллерах и цифровых сигнальных процессорах	ИД-2ПК-1	+	+		+				+	Лабораторная работа/Асинхронное программирование на микроконтроллере STM32. Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин Лабораторная работа/Интерфейс GPIO. Интерфейс SPI Лабораторная работа/Интерфейс USART. Интерфейс I2C

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Устная форма

1. Асинхронное программирование на микроконтроллере STM32. Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин (Лабораторная работа)
2. Интерфейс GPIO. Интерфейс SPI (Лабораторная работа)
3. Интерфейс USART. Интерфейс I2C (Лабораторная работа)
4. Цифровая обработка сигналов на микроконтроллере STM32. Работа с операционной системой реального времени на микроконтроллере STM32 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Рыбин, С. Н. Аппаратные элементы микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики : учебное пособие по курсу "Элементы автоматических устройств" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / С. Н. Рыбин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 64 с. - ISBN 978-5-7046-2089-1 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10549>;
2. Новиков Ю. В.- "Введение в цифровую схемотехнику", (2-е изд.), Издательство: "ИНТУИТ", Москва, 2016 - (392 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/100676>;
3. Харрис, Дэвид М. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера = Digital Design and Computer Architecture : [цветное издание] : пер. с англ. / Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис . – 2-е изд., испр . – Москва : ДМК Пресс, 2018 . – 792 с. - ISBN 978-5-97060-570-7 .;
4. В. П. Дьяконов- "Вейвлеты. От теории к практике: руководство пользователя", (Изд. 2-е, перераб. и доп.), Издательство: "СОЛОН-ПРЕСС", Москва, 2008 - (399 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227002>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. KeilµVision®IDE.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-101в-1, Лаборатория Автоматики кафедры РЗиАЭ	стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, оборудование специализированное, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Г-101в-1, Лаборатория Автоматики кафедры РЗиАЭ	стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, оборудование специализированное, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-101в-1, Лаборатория Автоматики кафедры РЗиАЭ	стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, оборудование специализированное, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Д-114, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Д-105, Компьютерный класс кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Д-108, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
	Д-106, Кабинет сотрудников каф. "РЗиАЭ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Д-208, Помещение кафедры РЗиАЭ	стол, стул, компьютер персональный
	г-101в-3, Рабочее помещение сотрудников кафедры РЗиАЭ	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер

Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-103/2, Склад кафедры РЗИАЭ	компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное
--	------------------------------	---

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Архитектура микропроцессорных устройств РЗА

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Интерфейс GPIO. Интерфейс SPI (Лабораторная работа)
- КМ-2 Интерфейс USART. Интерфейс I2C (Лабораторная работа)
- КМ-3 Асинхронное программирование на микроконтроллере STM32. Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин (Лабораторная работа)
- КМ-4 Цифровая обработка сигналов на микроконтроллере STM32. Работа с операционной системой реального времени на микроконтроллере STM32 (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Основы Булевой алгебры					
1.1	Основы Булевой алгебры		+	+	+	
2	Виды вычислительных ядер					
2.1	Виды вычислительных ядер		+	+	+	
3	Протоколы передачи данных					
3.1	Протоколы передачи данных		+	+		+
4	Микроэлектронная элементная база					
4.1	Микроэлектронная элементная база		+	+	+	+
5	Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин					
5.1	Измерительные преобразователи аналоговых электрических величин				+	
6	Цифровая обработка сигналов					
6.1	Цифровая обработка сигналов					+
7	Операционные системы реального времени					
7.1	Операционные системы реального времени		+	+	+	+

	Bec KM, %:	30	25	20	25
--	------------	----	----	----	----