Межгосударственная образовательная организация высшего образования «Российско-Армянский университет»

Утверждено
Директор Института
Агаронян А.К. _____
«19» июня 2026 г., протокол № 10
Утвержден Ученым Советом ИМФВТ

МОО ВО Российско-Армянский университет
высоких технологий

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.О.06 «Встроенные системы»

Автор (ы) ***преподаватель Смбатян А. Л,***
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Согласовано:

Заведующий Базовой кафедрой Телекоммуникаций
Сиволенко Э. Р.
_____
(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Рассматриваются вопросы развития и основные технические характеристики микроконтроллеров и микропроцессоров, обсуждается их влияние на области применения средств вычислительной техники и методологию программирования встроенных систем. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет). Обсуждаются модель микроконтроллера и одноплатной компьютеров, основные их характеристики и вопросы организации структуры типовых микропроцессорных систем, организация и функционирование центрального процессора, характеристика системы команд, их форматы и способы адресации операндов. Рассматриваются вопросы организации, функционирования, программирования основных периферийных модулей микро-ЭВМ: параллельные и последовательные узлы и адаптеры, контроллеры обработки прерываний, таймер/счетчики и другие аппаратные узлы. Значительное внимание уделяется протоколам последовательных интерфейсов, используемых для сопряжения с периферийными схемами и устройствами управления. Рассматриваются вопросы организации резидентных модулей памяти программ и данных, вопросы расширения данных видов памяти в этих микропроцессорных системах. Рассматриваются технология программирования встроенных систем, примеры программ для реализации типовых функций в системах, этапы разработки и отладки программ с использованием симуляторов. Большое внимание в дисциплине уделяются вопросам организации 8-, 16- и 32-битных однокристальных микроконтроллеров и микропроцессоров ведущих мировых фирм: Microchip, STMicroelectronics, Raspberry Pi Foundation и т.д. Рассматриваются доступные разработчикам аппаратные и программные средства отладки микроконтроллерных и микропроцессорных системам.

1.2. Математика, ЭВМ, основы программирование, Электроника.

1.3. Результаты освоения программы дисциплины: основными понятиями и определениями встроенных систем и программирование встроенных систем.

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ОПК-3	Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3.1 ОПК-3.2 ОПК-3.3	**Знает** основные закономерности передачи информации в инфокоммуникационных системах, основные виды сигналов, особенности передачи различных сигналов по каналам и трактам телекоммуникационных систем, принципы, основные алгоритмы и устройства цифровой обработки сигналов, принципы построения телекоммуникационных систем различных типов и способы распределения информации в сетях связи **Умеет** решать задачи обработки данных с помощью средств вычислительной техники, строить вероятностные модели для конкретных процессов, проводить необходимые расчеты в рамках построенной модели. **Владеет** методами и навыками обеспечения информационной безопасности.
ПК -1	Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ПК -1.1 ПК-1.2 ПК -1.3	**Знает** принципы построения и работы сетей связи и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети организации связи **Умеет** анализировать статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывать мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций **Владеет** навыками разработки схемы организации связи и интеграции новых сетевых элементов, построения и расширения коммутационной подсистемы и оборудовании по обеспечению реализации услуг

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. ***Цель дисциплины*** – ознакомление студентов с основными понятиями и определениями встроенных систем и программирование встроенных систем.

Задачи:

- ***Знание*** основных понятий встроенных систем, их место и роль в современном мире.
- ***Владение*** современными технологиями и средствами проектирования встроенных систем.
- ***Знание*** структуры жизненного цикла встроенных систем.
- ***Знание*** критериев качества встроенных систем и процесса их разработки.
- ***Владение*** навыками организации процесса разработки встроенных систем.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах -216 и зачетных единицах - 6) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам					
		_III__ сем	_IV_ сем	_V_ сем	_VI сем	_VII сем	VIII сем
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**216**			**108**	**108**		
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**128**			**64**	**64**		
1.1.1. Лекции							
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**128**			**64**	**64**		
1.1.2.1. Обсуждение прикладных проектов	**64**			**32**	**32**		
1.1.2.2. Контрольные работы							
1.1.2.3. Другое (указать)							
1.1.3. Семинары							
1.1.4. Лабораторные работы							
1.1.5. Другие виды (указать)							
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**88**			**44**	**44**		
1.2.1. Подготовка к экзаменам							
1.3. Консультации	**44**			**22**	**22**		
1.4. Другие методы и формы занятий							
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Зачет**			**Зачет**	**Зачет**		

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)	Лабораторные работы (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Самостоятельная работа (ак. часов)
1	2	3	4	5	6
Модуль 1. Принципы организации микропроцессорных средств и микроконтроллеров	**56**	**36**	**-**	**-**	**20**
Введение	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
Раздел 1. Основные классы микропроцессорных средств .	**26**		**-**	**-**	**-**
Тема 1.1. **микроконтроллер и микропроцессор**	**8**	**-**	**-**	**-**	**2**
Тема 1.2. **Базовая структура встроенной системы**	**8**	**-**	**-**	**-**	**2**
Тема 1.3. **Организация периферийных устройств**	**10**	**-**	**-**	**-**	**-**
Раздел 2. Система прерываний в микроконтроллере	**30**	**-**	**-**	**-**	**24**
Тема 2.1. **Источники прерываний и система приоритетов.**	**10**	**-**	**-**	**-**	**6**
Тема 2.2. **Многофункциональность выводов.**	**10**	**-**	**-**	**-**	**7**
Тема 2.3. **Обработка внешних событий ОУ через систему прерываний.**	**10**	**-**	**-**	**-**	**7**
Модуль 2. Организация системы команд МК	**80**	**50**	**-**	**-**	**30**
Раздел 3. Классификация команд МК	**38**	**-**	**-**	**-**	**15**
Тема 3.1. **Передача данных и конфигурация периферийных устройств.**	**20**	**-**	**-**	**-**	**8**
Тема 3.2. **Логическая арифметическая обработка.**	**20**	**-**	**-**	**-**	**7**
Раздел 4. Ввод-вывод	**40**		**-**	**-**	**15**
Тема 4.1. **Передача управления, управление МК.**	**20**	**-**	**-**	**-**	**7**
Тема 4.2. **Организация системы аналогового ввода-вывода.**	**20**	**-**	**-**	**-**	**8**

Модуль 3. Разработка и отладка программ в симуляторе	**74**	**44**	**-**	**-**	**30**
Раздел 5. Система диалоговой интерактивной отладки.	**40**	**-**	**-**	**-**	**14**
***Тема 5.1.* Язык встроены Си**	**10**	**-**	**-**	**-**	**7**
***Тема 5.2.* Моделирование памяти и периферийных устройств.**	**30**	**-**	**-**	**-**	**7**
Раздел 6. Архитектура 8,16-разрядных микроконтроллеров.	**40**	**-**	**-**	**-**	**16**
***Тема 6.1.* Характеристика системы команд.**	**15**	**-**	**-**	**-**	**5**
***Тема 6.2.* Способы адресации, форматы команд и функциональный состав.**	**15**	**-**	**-**	**-**	**5**
***Тема 6.3.* Отладка и стимуляция.**	**10**	**-**	**-**	**-**	**6**
ИТОГО	**216**	**128**	**-**	**-**	**88**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Тема 1. **Принципы организации микропроцессорных средств и микроконтроллеров**. Основные классы микропроцессорных средств. Отличие микроконтроллера от микропроцессора, их эволюция и основные технические характеристики. Обсуждаются вопросы влияния областей применения средств вычислительной техники организацию МК и его модулей и методологию проектирования специализированных управляющих систем.

Тема 2. **Базовая структура встроенной системы**. Структура взаимодействия объекта управления (ОУ), микроконтроллера и пульта управления. Архитектура микроконтроллера. Структура базового микроконтроллера на примере PIC и одноплатный компьютера на примере Raspberry Pi. Организация и функционирование центрального процессора, шинные циклы.

Тема 3. Организация памяти в микроконтроллере. Логические сегменты памяти: память программ, данных, регистровый сегмент, внутренняя и внешняя память. Принцип физического разделения и совмещения сегментов памяти и его значимость в архитектуре микроконтроллеров. Унификация системы команд и принцип управления периферийными устройствами через систему ввода-вывода с отображением на память данных. Наращивание памяти.

Тема 4. **Организация периферийных устройств**. Организация параллельных и последовательных портов микроконтроллера. Многофункциональность выводов. Организация таймеров, процессор событий, сторожевой таймер. Организация системы аналогового ввода-вывода в микроконтроллере.

Тема 5. **Система прерываний в микроконтроллере**. Источники прерываний и система приоритетов контроллера прерываний. Контекстное переключение при обработке прерываний. Обработка внешних событий ОУ через систему прерываний.

Тема 6. **Организация системы команд МК**. Классификация команд МК: передача данных и конфигурация периферийных устройств, логическая арифметическая обработка, ввод-вывод, передача управления, управление МК. Язык встроены Си.

Тема 7. **Типичные функции программного обеспечения встроенной системы управления**. Распределение ресурсов МК для управления ОУ. Реализация логических

функций и обработка аналоговых сигналов МК. Управление технологическими параметрами в заданных пределах. Прерывания по аварийным ситуациям.

Тема 8. **Разработка и отладка программ в симуляторе**. Система диалоговой интерактивной отладки. Оконный интерфейс. Моделирование памяти и периферийных устройств. Пошаговое прохождение программы управления ОУ.

Тема 9. **Архитектура 8,16-разрядных микроконтроллеров PIC и STM**. Структура МК. Характеристика системы команд. Способы адресации, форматы команд и функциональный состав.

Тема 10. **Характеристика одноплатной компьютеров Raspberry Pi**. Структура микропроцессора. Способы применение, установка ОС. Организация периферийных узлов, ввода-вывода портов и функциональный состав.

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

1. Изучение симулятора микроконтроллера и системы команд микроконтроллера.
2. Реализация логических функций в микроконтроллере.
3. Изучение программирования и использования таймеров-счетчиков.
4. Изучение системы приоритетных прерываний.
5. Исследование режима последовательного обмена.
6. Изучение ввода-вывода с использованием АЦП и ЦАП.
7. Схема выводов Raspberry Pi.
8. Включение Raspberry Pi и вход в систему.
9. Редакторы Python программирование.
10. Запуск программы через консоль.

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Измерительные приборы и лабораторные стенды для обеспечения лабораторного практикума
- Учебные методические пособия
- Пассивные и активные управляющие элементы

- Вычислительная техника
- Проектор
- Слайдоскоп

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
Вид учебной работы/контроля	**М1** [1]	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*				1				
Устный опрос *(при наличии)*		1						
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*								

[1] Учебный Модуль

Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								
Эссе *(при наличии)*								
Проект *(при наличии)*								
Другие формы (при наличии)								
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						1		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								1
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. Теоретический блок *(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)*

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1 Учебная литература

1) Программное обеспечение встроенных вычислительных систем [Электронный ресурс] / А.О. Ключев [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2009. — 212 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/40705. — Загл. с экрана.

2) Аппаратные и программные средства встраиваемых систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.О. Ключев [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2010. — 290 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/40708. — Загл. с экрана.

3) Лав, Роберт. Ядро Linux: описание процесса разработки, 3-е изд. : Пер. с англ. — М. : ООО “И.Д. Вильямс”, 2013. — 496 с.

4) Гриффитс А. GCC. Настольная книга пользователей, программистов и системных администраторов: Пер. с англ. – К: ООО “Тид ДС”, 2004. – 624. с.

3.1.2 Электронные образовательные ресурсы

1) Купер М. Advanced Bash-Scripting Guide: Искусство программирования на языке сценариев командной оболочки [Электронный ресурс]. – URL: http://www.opennet.ru/docs/RUS/bash_scripting_guide/

2) Игнатов В. Эффективное использование GNU make [Электронный ресурс]. – URL: http://www.opennet.ru/docs/RUS/gnumake/

3) Столлман Р. и др. Отладка с помощью GDB [Электронный ресурс]. – URL: http://www.opennet.ru/docs/RUS/gdb/

4. Фонды оценочных средств *(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).*

4.1. Тема (проблема), концепция, ожидаемый результат

- **Тема:** Введение в встроенные системы (Introduction to Embedded Systems)
- **Проблема:** Разработка системы управления двигателем с использованием микроконтроллера.
- **Концепция:** Изучение архитектуры микроконтроллеров, сенсоров и интерфейсов, а также принципов построения встраиваемых систем.
- **Ожидаемый результат:** Студенты должны продемонстрировать понимание основ встроенных систем, различий между микроконтроллерами и микропроцессорами, а также уметь разработать простую систему управления.

4.2. Задания для решения кейс-задачи

- Разработать программу для микроконтроллера, которая управляет двигателем в зависимости от показаний датчика температуры.

- Использовать интерфейс SPI для взаимодействия микроконтроллера с периферийными устройствами.
- Представить решение задачи с использованием ESP32 для реализации IoT функции удаленного мониторинга состояния системы.

4.3. Вопросы по темам

1. В чем различие между микропроцессором и микроконтроллером?
2. Опишите основные интерфейсы для встроенных систем, такие как I2C, SPI, UART.
3. Как происходит взаимодействие с периферийными устройствами в встроенных системах?
4. Какие существуют архитектуры встроенных систем и каковы их особенности?
5. Какие задачи решают встроенные системы в IoT?

4.4. Комплект контрольных заданий по вариантам

- Вариант 1: Написать программу для микроконтроллера, управляющую освещением в зависимости от уровня освещенности.
- Вариант 2: Спроектировать систему с использованием LoRa для передачи данных с сенсора в условиях удаленного мониторинга.
- Вариант 3: Реализовать PID-регулятор для управления скоростью двигателя.

4.5. Темы групповых и/или индивидуальных проектов

- **Групповые проекты:**
    1. Разработка умной домашней системы с использованием микроконтроллеров (управление светом, температурой, безопасностью).
    2. Создание системы мониторинга с использованием сенсоров и передачи данных через IoT (например, мониторинг мостов).
- **Индивидуальные проекты:**
    1. Управление двигателем с обратной связью по скорости и положению.
    2. Реализация системы удаленного сбора данных с использованием LoRa и микроконтроллера ESP32.

4.6. Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

- Построение схемы встраиваемой системы управления, включающей датчики, микроконтроллер, и исполнительные механизмы.
- Расчет пропускной способности интерфейсов (I2C, SPI) в зависимости от частоты передачи данных.

- Проектирование системы управления двигателем на основе ПИД-регулятора с расчетом временных диаграмм.

5. Методический блок

5.1. Методика преподавания

Во время каждого занятия преподаватель представляет материал по теме дня и вовлекает группу в обсуждение. Практичный характер курса предполагает активное вмешательство каждого студента в процессы представления и обсуждения темы. За преподавателем закреплена ответственность придерживаться тематики данного занятия и предоставлять необходимые фундаментальные знаний и концепций. После завершения изучения каждой из программ будет проведена контрольная работа для закрепления навыков.