

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИКНК
_____ Д.П. Зегжда
«17» июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Микроконтроллеры и сигнальные процессоры»

Разработчик	Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем
Направление (специальность) подготовки	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Наименование ООП	09.03.01_01 Разработка компьютерных систем
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП
_____ Р.В. Цветков
«26» марта 2024 г.

Соответствует СУОС
Утверждена протоколом заседания
высшей школы "ВШКТиИС"
от «26» марта 2024 г. № 1

РПД разработали:
Доцент, к.т.н., доц. А.А. Лавров
Старший преподаватель А.В. Лупин

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

1. Приобретение общих знаний по архитектурам микроконтроллеров (МК) и сигнальных процессоров (СП).
2. Приобретение знаний по характеристикам и различным типам МК и микропроцессорных серий СП (отечественных и зарубежных).
3. Приобретение знаний по структуре, средствам программирования, реализации алгоритмов, принципам построения и функционирования МК и СП.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ПК-1	Способен использовать интеллектуальные технологии для проектирования сложных технических систем
ИД-1 ПК-1	Применяет современные информационные технологии при создании технических систем
ПК-3	Способен проектировать специализированные цифровые и аналоговые элементы и устройства вычислительной техники
ИД-2 ПК-3	Проводит оценочный расчет требований к характеристикам отдельных блоков с целью детализации технического задания
ИД-3 ПК-3	Разрабатывает электрические схемы отдельных аналоговых, цифровых и смешанных блоков устройства
ИД-4 ПК-3	Выполняет комплексирование и наладку устройства в соответствии с разработанным проектом
ПК-5	Способен интегрировать систему-на-кристалле (СнК) в программно-аппаратную систему
ИД-1 ПК-5	Определяет состав элементов и их параметров для системного окружения СнК
ИД-2 ПК-5	Выполняет конструирование печатной платы модуля, включающего СнК

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- стандарты ввода/ вывода современных интегральных схем и их номенклатуру

- требования к конструкции печатных плат
- основные характеристики типовых блоков
- принципы и стандарты конструирования и обеспечения электромагнитной совместимости
- основные методики проведения наладки электронных устройств
- спектр инструментальных средств, пригодных для использования на разных стадиях проектирования программного обеспечения

умения:

- создавать схему устройства с СнК
- создавать топологию для схемы устройства с СнК
- производить оценочные расчеты основных параметров типовых блоков
- конструировать электронные устройства с высокой помехоустойчивостью
- использовать современные контрольно-измерительные приборы при проведении наладки
- обоснованно выбирать набор инструментальных средств для обеспечения процесса разработки программных систем

навыки:

- использование средств автоматизированного проектирования для ввода схем уровня печатной платы
- использование средств автоматизированного проектирования для разводки печатной платы
- владение методикой расчета параметров основных функциональных узлов
- владение программными средствами сквозного проектирования (разработка, моделирование, изготовление)
- владение методиками проведения наладки электронных устройств
- использование средств автоматизированного проектирования для ввода схем уровня печатной платы

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» относится к модулю «Модуль цифровых компетенций».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Дискретная математика
- Основы вычислительной техники

3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Лабораторные занятия	45
Самостоятельная работа	27
Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)	6
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	108, ач
	3, зет

3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Промежуточная аттестация	
Зачеты с оценкой, шт.	1

4. Содержание и результаты обучения

4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Лаб, ач	СР, ач
1.	Современные микроконтроллеры (МК).			
1.1.	Определение, классификация, области применения, архитектура.	2	0	0
1.2.	Средства ввода-вывода информации. периферийные устройства (на примере МК Atmega328p).	6	21	0
1.3.	Система команд, средства программирования на языке высокого уровня и отладки программ МК семейства Atmega.	2	6	2

1.4.	Обзор МК с архитектурой ARM и RISC-V.	2	0	0
2.	Архитектура сигнальных процессоров (СП). Основные блоки СП. Реализация базовых операций.	2	2	2
3.	Программные и аппаратные средства разработки ПО СП. Ассемблер СП.	4	10	12
4.	Современные сигнальные микропроцессоры.			
4.1.	Архитектура микропроцессоров семейства «Мультикор» НТЦ «Элвис»	2	2	1
4.2.	Архитектура микропроцессоров семейства SHARC (TigerSHARC) фирмы Analog Devices	4	2	1
4.3.	Архитектура микропроцессоров семейства VelociTI фирмы Texas Instruments.	4	0	1
5.	Интерфейсы СП. Архитектура многопроцессорных систем ЦОС.	2	2	4
Итого по видам учебной работы:		30	45	27
Зачеты с оценкой, ач				2
Часы на контроль, ач				0
Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)		6		
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет		108 / 3		

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Современные микроконтроллеры (МК).	
1.1. Определение, классификация, области применения, архитектура.	<p>Определение, классификация, сведения о производителях МК.</p> <p>Обобщенная функциональная схема. Семейства МК. Особенности современных МК. МК семейства AVR. Центральное процессорное устройство, основные характеристики, принципы построения.</p> <p>Организация памяти МК, общая характеристика системы команд МК (на примере МК семейства Atmega).</p>
1.2. Средства ввода-вывода информации. периферийные устройства (на примере МК Atmega328p).	<p>Порты ввода-вывода параллельной информации МК.</p> <p>Последовательные порты (модули последовательных интерфейсов). Универсальный асинхронный приемопередатчик UART, форматы послылки, решение проблемы синхронизации.</p> <p>Синхронные последовательные интерфейсы SPI и I2C, общие характеристики, временные диаграммы, форматы обмена данными, реализация в МК семейства AVR. Встроенные средства ввода и вывода аналоговых сигналов: АЦП и аналоговый компаратор, реализация в МК семейства AVR. Таймеры-счетчики МК семейства Atmega. Сторожевой таймер. Fuse Bits в микроконтроллерах семейства Atmega. Система тактирования и система прерываний. Режимы пониженного энергопотребления. Atmega 328p.</p>
1.3. Система команд, средства программирования на языке высокого уровня и отладки программ МК семейства Atmega.	<p>Система команд AVR-микроконтроллеров. Способы адресации.</p> <p>Команды (инструкции) арифметических и логических операций.</p> <p>Команды ветвления. Команды передачи данных. Команды операций с битами. Команды управления системой. Этапы проектирования систем управления на базе МК. Разработка прикладного ПО. Инструментальные средства поддержки проектирования МК систем. Знакомство с C компилятором Code Vision и симулятором PROTEUS VSM.</p>
1.4. Обзор МК с архитектурой ARM и RISC-V.	<p>32 битные МК. История развития архитектуры ARM. Набор инструкций ARM. Эволюция архитектуры процессоров ARM.</p> <p>Семейство Cortex, профили A, R и M. Архитектура ядра Cortex-M3 и M4. 32 разрядные МК с ядром RISC-V. Особенности архитектуры и системы команд.</p>

2. Архитектура сигнальных процессоров (СП). Основные блоки СП. Реализация базовых операций.	Архитектура сигнальных процессоров. Типовые структуры блоков СП. Арифметические блоки. Форматы данных. Типы адресации. Совмещение операций. Память данных. Память программ. Подключение к внешним устройствам. Конвейерная обработка данных. Реализация базовых операций.
3. Программные и аппаратные средства разработки ПО СП. Ассемблер СП.	Инструментальные средства проектирования систем ЦОС. Интегрированная среда разработки рабочих программ. Ассемблеры, компиляторы, сплитеры. Библиотеки функций и подпрограмм. Библиотека функций Vector Signal & Image Processing (VSIP). Эмуляторы и симуляторы. Программные отладчики. Отладчики с использованием JTAG.
4. Современные сигнальные микропроцессоры.	
4.1. Архитектура микропроцессоров семейства «Мультикор» НТЦ «Элвис»	Архитектура микропроцессоров семейства «Мультикор» НТЦ «Элвис», Структурная схема. Функции ядер СП. Шинная организация. Организация вычислительного процесса. Характеристики внутренних блоков памяти. Структура команд. Языковые средства. Временные характеристики.
4.2. Архитектура микропроцессоров семейства SHARC (TigerSHARC) фирмы Analog Devices	Архитектура микропроцессоров семейства TigerSHARC фирмы Analog Devices. Структурная схема. Шинная организация. Организация вычислительного процесса. Характеристики внутренних блоков памяти. Структура команды. Языковые средства нижнего уровня. Ассемблер. Примеры программирования. Временные характеристики микропроцессоров. Сравнительный анализ.
4.3. Архитектура микропроцессоров семейства VelociTI фирмы Texas Instruments.	Архитектура микропроцессоров семейства VelociTI фирмы Texas Instruments. Структурная схема. Шинная организация. Организация вычислительного процесса. Характеристики внутренних блоков памяти. Структура команды. Языковые средства нижнего уровня. Ассемблер. Примеры программирования. Временные характеристики микропроцессоров. Сравнительный анализ.
5. Интерфейсы СП. Архитектура многопроцессорных систем ЦОС.	Интерфейсы сигнальных процессоров. Подключение к внешней памяти. Подключение к общей шине. Синхронный последовательный порт, LINK - порт, каналы SpaceWire. Структура многопроцессорных систем. Способы управления. Подключение к интерфейсам: RS-232, RS-485, RS-422.

5. Образовательные технологии

1. Лекции - для освоения теоретического материала, общие представления в информационном пространстве.
2. Лабораторные работы - для получения практических навыков по изучению архитектуры и создания прикладных программ МК и СП.
3. Консультации - в течение всего семестра по вопросам самостоятельной работы.

6. Лабораторный практикум

№ раздела	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Цикл лабораторных работ "Изучение вычислительных возможностей МК Atmega 328P". Цикл лабораторных работ "Работа со средствами ввода-вывода цифровой и аналоговой информации МК Atmega 328P". Цикл лабораторных работ "Изучение таймеров и системы прерываний МК Atmega 328P". Цикл лабораторных работ "Обмен данными МК по последовательным интерфейсам". Лабораторная работа "Выполнение индивидуального задания на МК Atmega 328P".	25
2.	Изучение ассемблера микропроцессора ADSP218х. Алгоритм создания программы на ассемблере. Примеры.	6
3.	Выполнение индивидуального задания по написанию и отладке 1-й программы обработки сигнала	4
4.	Изучение прототипов арифметических блоков СП на ПЛИС. Выполнение индивидуального задания по созданию и отладке блока СП.	6
5.	Выполнение индивидуального задания по созданию и отладке блока СП.	4
Итого часов		45

7. Практические занятия

Не предусмотрено

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов направлена на освоение учебного материала, получение навыков самостоятельного изучения литературы по курсу, электронных ресурсов, приобретение практических навыков решения задач на лабораторных работах, изучению лекционного материала.

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
Текущая СР	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	6
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	1
самостоятельное изучение разделов дисциплины	2
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	4
Итого текущей СР:	23
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-графических работ	0
выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	0
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
Итого творческой СР:	0
Общая трудоемкость СР:	27

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a38467448891345dbbbb7388781c26cf6%40thread.tacv2/conversations?groupId=14da257f-bcbc-4516-aaf7-7263958d0656&tenantId=137a6a63-e79e-4931-af0c-eea232c41af7>

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Лобан В.И. Модульное программирование на языках С и ассемблере: вызов функций и процедур, передача параметров, 2013. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/3428.pdf	2013	ЭБ СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. Миросхемы серии «МУЛЬТИКОР». НТЦ «Элвис», Москва: <http://www.elvees.ru>
2. Миросхемы серии TigerSHARC. Analog Devices: <http://www.analog.spb.ru>
3. Миросхемы серии VelociTI . Texas Instruments: <http://www.ti.com>
4. Организация и основы программирования микропроцессоров : учебное пособие / Е. Г. Павловский, В. А. Жвариков, А. А. Кузьмин ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2014: <http://www.unilib.neva.ru/dl/2108.pdf> >.: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/5266.pdf>452

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Для проведения занятий по разделам посвященным сигнальным процессорам используется набор проектов ПЛИС, которые включают в себя модель сигнального процессора.

Для проведения занятий по разделу посвященному изучению микроконтроллеров используется специализированный лабораторный класс, укомплектованный набором программно-аппаратных комплексов на базе персональных компьютеров для индивидуального изучения и проектирования микроконтроллерных систем. В состав программно-аппаратного комплекса поддержки проектирования входят:
инструментальная ВМ (ПК), программа-симулятор средств вычислительной техники Proteus 8.9, интегрированная среда разработки CodeVisionAVR

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий используется специализированный лабораторный класс, укомплектованный: персональными компьютерами с

1. Операционная система WinXP SP3, WinXPx64 SP2, Win2003Server R2 SP2, WinVista SP2, Win2008Server SP2 или R2, Win7, Win8, Win8.1, Windows 10;
2. Процессор: с поддержкой SSE2;
3. Дисковое пространство: не менее 9 Гб;
4. Оперативная память: минимум 1 Гб, оптимально 2 Гб и более.

Лабораторный класс укомплектован набором программно-аппаратных средств отладочной платы: плата CoreEP2C5 и ПО, поставляемое с данной платой. Проект, имитирующий СП, загружается в ПЛИС Альтера отладочной платы.

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» формой аттестации является зачёт с оценкой. Дисциплина реализуется с применением системы индивидуальных достижений.

Текущий контроль успеваемости

Максимальное значение персонального суммарного результата обучения (ПСРО) по приведенной шкале - 100 баллов

Максимальное количество баллов приведенной шкалы по результатам прохождения двух точек контроля - 80 баллов.

Подробное описание правил проведения текущего контроля с указанием баллов по каждому контрольному мероприятию и критериев выставления оценки размещается в СДО в навигационном курсе дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине

Максимальное количество баллов по результатам проведения аттестационного испытания в период промежуточной аттестации – 20 баллов приведенной шкалы.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с расписанием.

Оценки «зачет» заслуживает студент, обнаруживший достаточно всестороннее, систематическое знание учебно-программного материала, умение выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, получивший за тест 50 баллов и более.

Оценки «незачет» выставляется студенту, обнаружившему существенные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, получивший за тест менее 50 баллов.

Результаты промежуточной аттестации, определяются на основе баллов, набранных в рамках применения, СИД

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
0 - 60 баллов	Неудовлетворительно/не зачтено

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
61 - 75 баллов	Удовлетворительно/зачтено
76 - 89 баллов	Хорошо/зачтено
90 и более	Отлично/зачтено

11.2. Оценочные средства

Оценочные средства по дисциплине представлены в фонде оценочных средств, который является неотъемлемой частью основной образовательной программы и размещается в электронной информационно-образовательной среде СПбПУ на портале etk.spbstu.ru

12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Цель методических рекомендаций - обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

Методические рекомендации по изучению дисциплины

Студентам необходимо ознакомиться:

- с содержанием рабочей программы дисциплины (РПД);
- с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимся на образовательном портале.

Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания высшей школы.

Студентам необходимо:

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;

- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором на портале или присланный на «электронный почтовый ящик группы» (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, непосредственно на лекции;
- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

Рекомендации по подготовке к лабораторным работам

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический и практический материал соответствующей темы занятия;
- при подготовке к лабораторным работам следует обязательно использовать не только лекции, учебную литературу, но и нормативно- правовые акты и материалы правоприменительной практики;
- теоретический материал следует соотносить с правовыми нормами, так как в них могут быть внесены изменения, дополнения, которые не всегда отражены в учебной литературе.

Примерные вопросы к тесту (до 10 баллов за ответ на вопрос, вариант 1)

1. Сколько операций над действительными числами в операции БПФ «бабочка»? Поясните.
2. Напишите базовые операции алгоритмов ЦОС.
3. Какие преимущества дает многопортовый регистровый файл в микропроцессорах? Сколько операндов считывается (записывается) в память в одной команде (в одном такте) в современном СП? Привести пример.
4. Какие блоки входят в состав ядра СП? Что такое SIMD-режим? Примеры реализации алгоритма.

5. В чем отличие Гарвардской архитектуры от модифицированной Гарвардской? В чем отличие модифицированной Гарвардской архитектуры от Супергарвардской?
6. В чем отличие арифметических блоков процессоров семейства ADSP21х6х и семейства TMS320C6xxx? В чем отличие арифметических блоков процессоров семейства ADSP21х6х и семейства «Мультикор»? В чем отличие арифметических блоков процессоров семейства «Мультикор» и семейства TMS320C6xxx?
7. В чем преимущества систолических структур? Примеры.
8. В чем сложность использования микропроцессоров с несколькими ядрами?
9. Какие аппаратные средства используются для объединения нескольких микропроцессоров в общую структуру?
10. Какие программные и аппаратные средства используются для начальной загрузки программы и данных в СП?

Примерные вопросы к тесту (до 10 баллов за ответ на вопрос, вариант 2)

1. Назначение, состав и особенности использования программно-аппаратных средств поддержки проектирования микроконтроллерных систем.
2. Блок таймеров микроконтроллера Atmega328P Назначение, блок-схема и режимы работы таймеров T/C0 и T/C1.
3. Особенности и характеристики микроконтроллеров семейства ARM Cortex M4.
4. Особенности и характеристики микроконтроллеров с ядром RISC-V.
5. Характерные признаки CISC- и RISC-архитектур процессоров. Какие особенности RISC- V процессоров обеспечивают повышение их производительности?
6. Опишите режимы пониженного энергопотребления МК семейства Atmega.
7. В чем заключается режим асинхронной работы 8-разрядного таймер/счетчика 2 (Atmega 328p).
8. Сравните последовательный интерфейс SPI и I2C, какие преимущества и недостатки имеет каждый из них.
9. Почему процессорные ядра Cortex-M относятся к процессорам с Гарвардской архитектурой.

10.Опишите этапы 3-уровневого конвейера команд.

13. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.