

**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 программной инженерии
Направление (специальность) подготовки	09.03.04 Программная инженерия
Наименование ОП	09.03.04_01 Технология разработки и сопровождения качественного программного продукта
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО	Соответствует СУОС
Руководитель ОП	Утверждена протоколом заседания
_____ А.В. Петров	высшей школы "ВШПИ" от «21» мая 2024 г. № 1

РПД разработал:

Специалист по учебно-методической работе 1 категории Т.А. Вишневская

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

Формирование специалистов, умеющих обоснованно и результативно использовать современную вычислительную технику, грамотно оценивать и осваивать новые элементы и системы. Дисциплина “Микропроцессорные системы” является базовой для студентов, изучающих вычислительную технику и программирование.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ПК-10	Способен применять в практической деятельности основные концепции разработки программно-аппаратных комплексов
ИД-1 ПК-10	Разрабатывает и модифицирует управляющее программное обеспечение микропроцессорных систем

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- Знает основные понятия, архитектуры и принципы построения микроконтроллеров, микропроцессоров и систем обработки информации

умения:

- Умеет провести анализ необходимой архитектуры микроконтроллера (микропроцессора), аргументировать выбор типа микроконтроллера (микропроцессора), реализовать проект, указать границы области применения.

навыки:

- Владеет способами разработки систем обработки данных на базе микроконтроллеров, микропроцессоров и сигнальных процессоров

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» относится к модулю «Проектирование встраиваемых систем. Электив».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Объектно-ориентированное программирование
- Архитектура компьютера
- Языки моделирования и описания цифровой аппаратуры

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

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Практические занятия	14
Самостоятельная работа	46
Промежуточная аттестация (зачет)	4
Курсовое проектирование	14
Общая трудоемкость 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
Текущий контроль	
Курсовые проекты, шт.	1
Промежуточная аттестация	
Зачеты, 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	Пр, ач	СР, ач
1.	КЛАССИФИКАЦИЯ, КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ПРИМЕНЕНИЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И ЦИФРОВЫХ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ	2	0	4

2.	СЕМЕЙСТВА МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ	4	1	4
3.	СИГНАЛЬНЫЕ, КОММУНИКАЦИОННЫЕ, МЕДИЙНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРЫ И ТРАНСПЬЮТЕРЫ	4	1	3
4.	ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ	2	1	3
5.	АППАРАТНЫЙ И МИКРОПРОГРАММНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	2	1	3
6.	ДАННЫЕ И ОПЕРАЦИИ НАД НИМИ	2	2	3
7.	СИСТЕМЫ КОМАНД МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	2	2	3
8.	СТРУКТУРА ПАМЯТИ	2	1	3
9.	ОРГАНИЗАЦИЯ ВВОДА-ВЫВОДА	4	1	3
10.	ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	2	2	2
11.	ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	2	1	2
12.	АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	2	1	2
Итого по видам учебной работы:		30	14	46
Зачеты, ач				5
Часы на контроль, ач				0
Курсовое проектирование				14
Промежуточная аттестация (зачет)				4
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет				108 / 3

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. КЛАССИФИКАЦИЯ, КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ПРИМЕНЕНИЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И ЦИФРОВЫХ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ	Основные направления развития архитектуры и организации функционирования микропроцессоров. Состояние и перспективы развития элементной базы вычислительной техники: микросхемы памяти, программируемых интегральных микросхем, универсальных и сигнальных микропроцессоров. Области использования микропроцессоров. Особенности использования микропроцессоров во встроенных приложениях.
2. СЕМЕЙСТВА МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ	Представители семейства и их основные характеристики. Особенности ARM процессоров; структура процессора и модель для программиста. Основные тенденции развития микропроцессоров (программная совместимость, повышение тактовой частоты, увеличение пропускной способности подсистемы памяти, повышение внутреннего параллелизма).
3. СИГНАЛЬНЫЕ, КОММУНИКАЦИОННЫЕ, МЕДИЙНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРЫ И ТРАНСПЬЮТЕРЫ	Основные семейства цифровых сигнальных микропроцессоров (ЦСП) фирм Motorola, Analog Devices, Texas Instruments и новые средства обработки сигналов - медийные и коммуникационные микропроцессоры. Особенности алгоритмов цифровой обработки сигналов и средства аппаратной поддержки исполнения этих алгоритмов в сигнальных и медийных микропроцессорах
4. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ	Ассемблеры. Языки высокого уровня - C, C++. Симуляторы. Эмуляторы. Отладчики. Внутрикристальные средства отладки. Отладочные модули. Интегрированные среды программирования. Цикл проектирования программы для микропроцессора
5. АППАРАТНЫЙ И МИКРОПРОГРАММНЫЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	Основные компоненты процессора и их назначение. Машины фон-Неймана. Гарвардская архитектура. Аппаратная реализация выполнения операций. Структура микрокоманды. Что такое такт процессора. Структура процессора с тремя внутренними шинами. Конвейеризация - структурный способ повышения быстродействия. Этапы выполнения машинной команды. В чем состоит суть конвейеризации при выполнении процессором команд. Как сделана конвейеризация в процессорах

6. ДАННЫЕ И ОПЕРАЦИИ НАД НИМИ	Представление данных в алгоритме, в программе, в ЦСП. Динамический диапазон представления данных, упакованные данные. Стандарты представления данных. Сравнение ЦСП с фиксированной и плавающей точкой. Операции над данными: умножение сдвиги, округление результата, преобразование формата данных
7. СИСТЕМЫ КОМАНД МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	Форматы команд и критерии их выбора. Группы команд по типам выполняемых операций. Программная модель и структура процессора Иерархическая структура при построении программ: подпрограммы. Связь с подпрограммами по данным и управлению. Требования к командам работы с подпрограммами. Аппаратная поддержка
8. СТРУКТУРА ПАМЯТИ	Пространство логических (виртуальных) и физических адресов. Основные характеристики разных "слоев" памяти. Параметры, характеризующие быстродействие памяти: время доступа и скорость обмена. Адресная организация памяти. Динамическая память. Стековая, страничная и ассоциативная организация памяти. Принципы организации КЭШ памяти (полностью ассоциативная, ассоциативная по множеству и с прямым отображением). Поддержание когерентности данных между слоями. КЭШ промахи.
9. ОРГАНИЗАЦИЯ ВВОДА-ВЫВОДА	Управление вводом/выводом: проблемы унификации обмена с УВВ. Интерфейсы радиальный, каскадный и магистральный. Иерархия шинных интерфейсов. Протоколы обмена. Достоинства и недостатки ввода/вывода, "отображенного на память". В чем состоит проблема синхронизации процессора и ВнУ. Программный обмен, обмен по опросу готовности. Прерывания. Прерывание как способ реакции на асинхронные события. Типы событий, вызывающих прерывания: аппаратные (hardware int), исключения (exceptions). Использование механизма прерываний для вызова подпрограмм (software int). Условия возникновения прерываний.
10. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ	Динамическая память. Память с произвольным доступом. Адресная организация. Контроллеры шины и памяти. Расслоение памяти – разделение на банки по шинам адреса и данных. Схема подключения. Буферирование данных. Таймер. Последовательные порты. Линк-порты. Интерфейс хост-процессора. Многопроцессорная обработка данных.

11. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	Классы преобразователей; датчики. Статические и динамические характеристики АЦП. Преобразователи интервалов времени в код. Преобразователи напряжения в код. АЦП с единичным приближением цифрового эквивалента (интегрирующие АЦП). АЦП с двоичновзвешенным приближением. Параллельные АЦП. Последовательно-параллельные АЦП. $\Delta\Sigma$ АЦП. Преобразователи кода в напряжение. Структура, элементы ЦАП, характеристики. Последовательные ЦАП. Параллельные ЦАП. Примеры микросхем АЦП и ЦАП. Буферизация системной шины. Схема подключения АЦП и ЦАП к порту ввода/вывода. Параллельные и последовательные интерфейсы преобразователей информации. Вопросы синхронизации: удлинение цикла, прерывание, прямой доступ в память.
12. АЛГОРИТМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	Обобщенная схема цифровой обработки аналоговых сигналов. Основные направления, задачи и алгоритмы цифровой обработки сигналов (ЦОС). Цифровой спектральный анализ. Нелинейная обработка сигналов. Фильтрация сигналов. Способы реализации алгоритмов ЦОС

5. Образовательные технологии

традиционные технологии: лекции в сочетании с лабораторными работами; современные технологии: работа в команде

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Создание, отладка и запуск проекта на языке С.	0
2.	Совместное использование в проекте языка С и ассемблера.	1
3.	Линейное профилирование.	1
4.	Система команд и ее связь с кодами команд процессора.	1
5.	Вычислительные устройства	1
6.	Способы адресации и организация памяти.	2
7.	Подпрограммы	2
8.	Чтение и запись данных во FLASH-память	1
9.	Начальная загрузка программ из FLASH-памяти	1
10.	Ввод/вывод аналогового сигнала	2
11.	Цифровая фильтрация сигналов.	1
12.	Спектральный анализ сигналов	1
Итого часов		14

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
Текущая СР	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	2
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	2
самостоятельное изучение разделов дисциплины	2
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	2
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	6
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	3
Итого текущей СР:	17
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-графических работ	0
выполнение курсового проекта или курсовой работы	18
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:	18
Общая трудоемкость СР:	46

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

<https://dl.spbstu.ru/course/view.php?id=6469>

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Бершадская Т.Н. Отечественная микропроцессорная система ЭЦ-ЕМ/ АБТЦ-ЕМ // Автоматика, связь, информатика. 2005. Вторая международная научно-практическая конференция "Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте"	2005	ИБК СПбПУ
2	Новые цифровые сигнальные контроллеры // Датчики и системы. 2004. №1	2004	ИБК СПбПУ

Дополнительная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Литвиненко В.И., Раич А.В. Обзор современных ПЛИС фирмы Altera, 2016. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/2/v16-3123.pdf	2016	ЭБ СПбПУ
2	Васильев А.Е. Организация преподавания дисциплин цикла "Встраиваемые системы управления" // 2001. Материалы...28 февраля - 1 марта 2003 г. URL: http://elib.spbstu.ru/dl/002040.pdf	2001	ЭБ СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. Встраиваемые системы управления: <http://elib.spbstu.ru/>

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

В классе технических средств используются: Ассемблер и Си для сигнальных процессоров, Visual Studio, средства функционирования и исследования лабораторных установок.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При выполнении лабораторных работ используется компьютерный класс персональных ЭВМ и класс технических средств. Класс технических средств имеет 10 рабочих мест, которые оборудованы компьютером, исследуемой и измерительной аппаратурой (отладочными модулями сигнальных процессоров, видеокамерами, осциллографами, генераторами и др.).

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» формой аттестации является зачёт. 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.

В качестве критерия оценивания знаний и умений по дисциплине производится оценивание качества выполненных заданий по каждой лабораторной работе, результаты выполнения контрольных работ

Критерии оценивания результата контрольных работ следующие:

- Оценки «**отлично**» заслуживает студент, правильно выполнивший все задания контрольной работы;
- Оценки «**хорошо**» заслуживает студент, правильно выполнивший более половины заданий;
- Оценки «**удовлетворительно**» заслуживает студент, правильно выполнивший более трети заданий;
- Оценки «**неудовлетворительно**» заслуживает студент, выполнивший правильно менее трети заданий.

Критерии оценивания полученных умений и навыков во время выполнения лабораторных работ следующие:

- Оценки «**отлично**» заслуживает студент, проделавший все лабораторные работы, активно участвующий в обсуждениях результатов выполненной работы, понимающий процесс выполнения работы, готовый на основе проделанной работы выполнить самостоятельно любое индивидуальное задание по теме;
- Оценки «**хорошо**» заслуживает студент, проделавший все лабораторные работы, участвующий в обсуждениях результатов выполненной работы, понимающий процесс выполнения работы, готовый выполнить подобное задание;
- Оценки «**удовлетворительно**» заслуживает студент, проделавший все лабораторные работы, участвующий в обсуждениях результатов выполненной работы, понимающий процесс выполнения работы, готовый повторить выполненное задание;
- Оценки «**неудовлетворительно**» заслуживает студент, не выполнивший учебную программу по данной дисциплине (есть невыполненные лабораторные работы).

Критерии оценивания полученных знаний, умений и навыков при выполнении индивидуального задания следующие:

К теоретическому зачету по дисциплине студент допускается при наличии оценки не ниже удовлетворительной по всем пунктам.

Критерии оценивания устного ответа:

- Оценки «**отлично**» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему на вопросы билета и дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.
- Оценки «**хорошо**» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавший систематический характер знаний по дисциплине, но допустивший при этом непринципиальные ошибки.
- Оценки «**удовлетворительно**» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной

литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий.

- Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала зачета отказался его сдавать или нарушил правила сдачи зачета.

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
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

Успешное изучение курса требует посещение лекций, продуманное выполнение лабораторных работ, исполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой. Полезным для студента является ознакомление с материалами порталов дистанционных технологий обучения.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений. Значительное внимание следует уделять выполнению студентами самостоятельной работы при выполнении индивидуальных заданий в форме курсовых проектов или работ по темам охватывающим программированием интерфейсов, управление внешних устройств, разработку систем цифровой обработки данных и т.д. Развивать стремление студентов решать практические задачи связанные с прикладным программированием встроенных микропроцессорных систем, низкоуровневым программированием, программированием систем реального времени, гибридных систем.

При подготовке к экзамену в дополнение к изучению конспектов лекций и учебных пособий, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной в настоящей программе.

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-медицинской-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.