

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Встроенные системы реального времени

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Автоматизация научных исследований

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.08 Встроенные системы реального времени относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1: Знает методы критического анализа проблемных ситуаций УК-1.2: Умеет выработать стратегию действий при возникновении критических ситуаций УК-1.3: Владеет основами системного подхода к анализу проблемных ситуаций	УК-1.1: Знать: виды проблемных ситуаций в области своей профессиональной деятельности Уметь: анализировать проблемные ситуации в ходе проведения исследования Владеть: методами решения проблемных ситуаций УК-1.2: Знать: основные методы решения проблемных ситуаций в области своей профессиональной деятельности Уметь: выработать стратегию действий для решения проблемных ситуаций в ходе проведения исследования Владеть: навыками решения проблемных ситуаций УК-1.3: Знать: методы критического анализа проблемных ситуаций; Уметь: осуществлять анализ проблемных ситуаций; Владеть: основами системного подхода к анализу проблемных ситуаций	Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Контрольные вопросы

<p>ОПК-1: Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий</p>	<p>ОПК-1.1: Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1: Знать: основные фундаментальные разделы физики и радиофизики Уметь: анализировать современное состояние науки в области физики и радиофизики Владеть: навыками использования фундаментальных знаний при решении практических задач</p> <p>ОПК-1.2: Знать: физические аспекты теории и ее практическое применение Уметь: анализировать физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач Владеть: навыками использования теории к решению практических задач</p> <p>ОПК-1.3: Знать: основные методы решения научно-исследовательских задач Уметь: анализировать и находить подход к решению научно-исследовательской задачи Владеть: навыками решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>	<p>Экзамен: Контрольные вопросы</p>
--	---	---	--------------------------------------	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	65
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	
Тема 1. Общие сведения о системах реального времени и их программном и аппаратном обеспечении.	12		2	2	10
Тема 2. Операционные системы реального времени (ОСРВ) для однокристальных микроконтроллеров.	14		4	4	10
Тема 3. Операционная система $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ для микроконтроллеров ф. Advanced RISC Machines, Ltd.	12		2	2	10
Тема 4. Микропроцессоры компании ARM Limited	16		6	6	10
Тема 5. Многопроцессорный параллелизм. Транспьютеры.	12		4	4	8
Тема 6. Микропроцессоры с гарвардской архитектурой и микросистемы на их основе	12		4	4	8
Тема 7. Микросистемы на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и предназначенные для них системы автоматического проектирования (САПР).	19		10	10	9
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	0	32	34	65

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Общие сведения о системах реального времени и их программном и аппаратном обеспечении.

Тема 2. Операционные системы реального времени (ОСРВ) для однокристальных микроконтроллеров.

Тема 3. Операционная система $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ для микроконтроллеров ф. Advanced RISC Machines, Ltd.

Тема 4. Микропроцессоры компании ARM Limited

Тема 5. Многопроцессорный параллелизм. Транспьютеры.

Тема 6. Микропроцессоры с гарвардской архитектурой и микросистемы на их основе

Тема 7. Микросистемы на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и предназначенные для них системы автоматического проектирования (САПР).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающихся обеспечена учебными пособиями и методическими разработками для лабораторных работ. Учебно-методические разработки содержат необходимый для контроля освоения дисциплины перечень вопросов, по ответам на которые в процессе выполнения лабораторных работ производится контроль приобретенных знаний. Кроме того каждый студент оформляет отчет по выполненной работе, в котором содержится объяснение технологии программирования целевой системы с привлечением преподаваемого в лекциях материала.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции УК-1:

Текущая оценка знаний производится на семинарских занятиях и в ходе выполнения лабораторной работы «Синтез и реализация цифрового фильтра на ПЛИС», целью которой является разработка кода конфигурации ПЛИС на языке VHDL в среде Xilinx ISE 14 и ознакомление и методикой параллельного программирования.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Текущая оценка знаний производится на семинарских занятиях и в ходе выполнения лабораторной работы «Синтез и реализация цифрового фильтра на ПЛИС», целью которой является разработка кода конфигурации ПЛИС на языке VHDL в среде Xilinx ISE 14 и ознакомление и методикой параллельного программирования.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном

			все задания, но не в полном объеме	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	в полном объеме, но некоторые с недочетами	и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

1. Основные характеристики встроенных систем как систем реального времени.
2. Особенности аппаратного и программного обеспечения систем реального времени.

3. Система прерываний и механизм энергосбережения в микроконтроллерах.
4. Структура микропроцессоров (МП) с ядрами ARM7TDMI и ARM9TDMI.
5. Регистровая модель МП с ядрами ARM7TDMI и ARM9TDMI.
6. Альтернативные регистры, как механизм аппаратной поддержки реального времени: состав и предназначение.
7. Иерархия памяти.
8. Механизм виртуальной адресации.
9. Механизм адресации, реализующий поддержку многозадачности.
10. Исключительные ситуации (исключения) и режимы работы МП с ядрами ARM7TDMI и ARM9TDMI.
11. Последовательность действий при обработке исключительных ситуаций (запросов прерывания, в частности).
12. Структура микроконтроллера для коммуникационных приложений
13. Особенности гарвардской архитектуры. Структура шин адреса и данных цифрового процессора сигналов семейства ADSP 21xx.
14. Ядро ЦПС семейства ADSP 21xx. Структура и функциональные блоки ADSP 21xx.
15. Устройство управления последовательностью выборки команд (Program Sequencer): назначение, состав принцип работы.
16. Устройства генерации адресов памяти данных (DAG1 и DAG2): регистры устройств, режимы (способы) адресации данных.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Арифметическо-логическое устройство (ALU) ЦПС семейства ADSP 21xx.
2. Умножитель-аккумулятор (MAC) ЦПС семейства ADSP 21xx.
3. Альтернативные регистры и их предназначение.
4. Набор и формат команд ЦПС семейства ADSP 21xx.
5. Система прерывания ЦПС семейства ADSP 21xx.
6. ЦПС семейства ADSP 2106x с архитектурой SHARC. Структура шин адреса и данных.
7. Особенности подсистемы ввода/вывода, механизм обмена данными с устройствами ввода/вывода ЦПС семейства ADSP 2106x.
8. Способы построения многопроцессорных систем на базе ADSP 2106x.
9. Разновидности архитектурного построения программного обеспечения встроенных систем.
10. Задача (задание, *task*) – основной строительный элемент операционной системы реального времени .
11. Состояния задачи – исполняемая, готовая к исполнению и блокированная задачи. Последовательность перехода задания из одного состояния в другое и причинно-следственная связь между состояниями задачи.
12. Планирование заданий. Основные подходы и факторы, учитываемые при планировании заданий.
13. Контекст задания и его роль при переключении заданий.
14. Разделение данных между заданиями. Семафоры и разделяемые данные.

15. Очереди сообщений, почта и нити (каналы). Очереди сообщений, почта и нити (каналы) как средства связи и обмена данными между задачами и их основные характеристики. Использование указателей при работе с очередями.
16. Функции таймера Отслеживание текущего времени, установка и измерение временных интервалов, таймаутов, задержек. Примеры использования таймеров.
17. События, флаги событий. Флаги событий как средство оповещения заданий о происходящих в системе процессах. Флаги в роли передаваемых заданиям сигналов.
18. Управление памятью. Функции ОСРВ для создания и освобождения буферов в памяти.
19. Пулы буферов и функции для работы с ними. Примеры использования буферов фиксированного размера при межзадачном взаимодействии и при взаимодействии задач с процедурами обработки прерываний.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Шкелев Евгений Иванович. Аппаратные средства вычислительной техники : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 010800 "Радиофизика" и 090106 "Информ. безопасность телекоммуникац. систем" / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2011. - 222 с. - ISBN 978-5-91326-155-7 : 161.75., 2 экз.
2. Шкелев Евгений Иванович. Электронные цифровые системы и микропроцессоры : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2004. - 153 с. - ISBN 5-85746-785-3 : 28.00., 58 экз.
3. Знакомство с микроконтроллером серии MSP430 : практикум. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2015. - 27 с. - Рекомендовано методической комиссией радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730396&idb=0>.
4. Первые шаги в программировании микроконтроллера серии MSP430 : практикум / Е. И. Шкелев, А. В. Иванов, В. А. Калинин, В. В. Пархачев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 15 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850139&idb=0>.
5. Работа с ЦАП и АЦП микроконтроллера серии MSP430 : практикум / Е. И. Шкелев, В. В. Пархачев, Д. Н. Ивлев, В. Ю. Семенов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2015. - 26 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850137&idb=0>.
6. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры на ПЛИС / Поляков А.К. - Москва : МЭИ, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659626&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы ATMEL / Евстифеев А.В. - Москва : ДМК-пресс, ., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647670&idb=0>.
2. Микропроцессорные системы / Александров Е.К., Грушвицкий Р.И., Куприянов М.С., Мартынов О.Е., Панфилов Д.И., Ремизевич Т.В., Татаринцев Ю.С., Угрюмов Е.П., Шагурин И.И., Пузанков Д.В. - Москва : Политехника, 2012., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=640611&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Интегрированная среда разработки (IDE) компании IAR Systems Systems (бесплатная лицензия)
http://processor.wiki.ti.com/index.php/IAR_Embedded_Workbench_Kickstart_for_MSP430_Release_Notes.
2. Практикум «Знакомство с микроконтроллером серии MSP 430».
<http://www.unn.ru/resources.html>, пер №953.15.04 от 30.04.15. Файл «znakomstvo MSP 430.pdf».

3. Практикум «Первые шаги в программировании микроконтроллера серии MSP 430». <http://www.unn.ru/resources.html>, per №953.15.04 от 30.04.15. Файл «First steps MSP 430.pdf».
4. Практикум «Работа с ЦАП и АЦП микроконтроллера серии MSP 430». <http://www.unn.ru/resources.html>, per №953.15.04 от 30.04.15. Файл «DAC ADC MSP 430.pdf».
5. Интегрированная среда разработки Xilinx ISE WebPACK (бесплатная лицензия).

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Для изучения дисциплины используются два лабораторных комплекса. Один – из 8 рабочих мест с интегрированной в персональный компьютер средой разработки (IDE) Embedded Workbench компании IAR Systems (бесплатная лицензия) и подключенной к компьютеру целевой системой на базе микроконтроллера серии MSP430 компании Texas Instruments. Второй – из 4-х рабочих мест с интегрированной средой разработки Xilinx ISE WebPACK (бесплатная лицензия) и подключенной к компьютеру целевой системой на базе ПЛИС XC3S700AN.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Артемьев Владимир Владимирович, кандидат технических наук.

Рецензент(ы): Менсов Сергей Николаевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.