

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Павлова Людмила Станиславовна

Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности

Дата подписания: 16.10.2025 16:38:29

Уникальный программный ключ:

d1b168d67b4d7601372f8158b54869a0a60b0a21

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП:

С.М. Дудаков

«30» _____ 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Направление подготовки

15.03.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Профиль подготовки

Интеллектуальное управление в мехатронных и робототехнических системах

Для студентов 4-го курса

Форма обучения – очная

Составитель:

к.ф.-м.н., доцент А.Б. Семёнов _____

Тверь, 2023

I. Аннотация

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является:

Получение теоретических и практических знаний в области технических и программных средств систем обработки данных, функционирующих в масштабе реального времени. Приобретение навыков использования современных операционных систем реального времени.

Задачами освоения дисциплины являются:

Формирование практических навыков организации вычислительных процессов в системах реального времени. Получение представления об архитектуре операционных систем реального времени. Формирование умения анализировать поставленную задачу и выбрать пути её решения.

2. Место дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к обязательной части учебного плана, раздел 4 «Мехатроника и робототехника».

Предварительные знания и навыки:

Основой для освоения дисциплины являются знания, получаемые в рамках дисциплин «Архитектура ЭВМ», «Операционные системы», «Компьютерные сети», «Практикум на ЭВМ», «Методы программирования», «Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем», «Электроника и схемотехника».

Дальнейшее использование:

Полученные в ходе изучения дисциплины знания используются в научно-исследовательской работе, учебной и производственной практике, при подготовке выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 20 часов, в т.ч. практическая подготовка 0 часов, практические занятия 10 часов, в т.ч. практическая подготовка 0 часов;

контактная внеаудиторная работа: контроль самостоятельной работы, в том числе курсовая работа не предусмотрены;

самостоятельная работа: 78 часов, в том числе контроль 0 часов.

4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Демонстрирует знания основ математики, физики, вычислительной техники и программирования
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Применяет средства современных информационных, компьютерных и сетевых технологий, прикладное программное обеспечение при моделировании технологических процессов
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ОПК-9.1 Анализирует документацию, описывающую технологическое оборудование
ОПК-14 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-14.1 Применяет алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования деталей и модулей мехатронных и робототехнических систем
ПК-1 Способен участвовать в качестве исполнителя в научно-исследовательских разработках новых робототехнических и мехатронных систем	ПК-1.2 Разрабатывает экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводит их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий ПК-1.4 Проводит эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывает результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

5. Форма промежуточной аттестации: зачет, 8-й семестр.

6. Язык преподавания русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самост. работа (час.)
		Лекции	Практические занятия	
Введение в предмет и задачи систем реального времени	6	2	0	4
Концепции функционирования и реализации СРВ	7	2	1	4
Средства управления прерываниями в СРВ	11	2	1	8
Управление процессами в ОСРВ	17	3	2	12
Методы и средства межпроцессного взаимодействия в ОСРВ	17	3	2	12
Управление памятью в ОСРВ	16	2	2	12
Архитектура аппаратных средств и их роль для СРВ	12	2	1	9
Методы тестирования и верификации систем реального времени	10	2	1	7
Стандарты на системы реального времени	12	2	0	10
ИТОГО	108	20	10	78

Учебная программа дисциплины

1. Введение в предмет и задачи систем реального времени

Определение системы реального времени. Основные этапы развития информационно-управляющих систем реального времени (СРВ).

Типичные времена реакции на внешние события, управляемые СРВ. Примеры типовых систем реального времени. Определение операционной системы реального времени. Современный уровень развития СРВ. Компромисс между общей производительностью вычислительной системы и временем реакции на внешние события, которое она способна обеспечить. Определение операционной системы реального времени (ОСРВ). Основные области применения ОСРВ и особенности оборудования, на котором работают ОСРВ.

2. Концепции функционирования и реализации СРВ

Задачи, требующие работы в реальном времени. Особенности требований к задачам и реализации задач, требующих работы в реальном времени. Задачи, управляемые с помощью ОСРВ. Архитектуры ОСРВ. Базовые подсистемы составляющие ОСРВ. Основные отличия подсистем необходимых для построения ОС общего назначения от подсистем, необходимых для построения ОСРВ. Категории ОСРВ: специализированные (Host/Target) и общего назначения (Self-Hosted). Архитектуры СРВ на для микроконтроллеров. Концепция монолитного ядра, микроядерный и объектно-ориентированный подходы к построению ОСРВ.

3. Средства управления прерываниями в СРВ

Роль прерываний в СРВ. Аппаратные прерывания и их роль в СРВ. Подсистема прерываний. Основные типы прерываний (синхронные и асинхронные прерывания, прерывания по получению данных, прерывания по аварийному завершению процесса, прерывания по вводу-выводу). Управление прерываниями в ОСРВ. Время реакции на прерывания. Аппаратные средства поддержки подсистемы прерываний и особенности их архитектуры.

4. Управление процессами в ОСРВ

Модель процессов в ОСРВ. Модели процесса, потока и контекста исполнения. Модель потока, как контекста исполнения с заданным набором общих ресурсов. Особенности организации процессов в ОСРВ (запуск процесса, состояния процесса, операции над процессами, приоритеты процессов). Планирование процессов в ОСРВ. Подсистема управления и планирования процессами в ОСРВ и её связь с подсистемой прерываний. Основные алгоритмы планирования задач, используемые в ОСРВ. Основные средства ОСРВ для управления процессами (события, сигналы, прерывания).

5. Методы и средства межпроцессного взаимодействия в ОСРВ

Ресурсы и типы взаимодействия. Аппаратные (процессор, память, устройства, прерывания) и программные (данные, файлы, сообщения) виды ресурсов. Сотрудничающие (чтение-запись через общий коммуникационный канал, взаимная синхронизация последовательности действий) и конкурирующие (совместно разделяемые ресурсы, критические секции, взаимное исключение) процессы. Примитивы синхронизации и их роль в ОСРВ. Основные примитивы синхронизации межпроцессного взаимодействия (программные каналы, семафоры, общая память, таймеры) и их особенности в ОСРВ. Аппаратная поддержка средств синхронизации и их роль для ОСРВ. Примеры межпроцессной синхронизации.

6. Управление памятью в ОСРВ

Механизмы управления памятью в СРВ. Статическое распределение адресного пространства. Динамическое выделение памяти в СРВ. Фрагментация и уплотнение. Функции выделения и освобождения памяти. Организация памяти блоками фиксированного размера. Функции блокирования памяти. Подсистема управления памятью в ОСРВ. Аппаратные средства поддержки подсистемы управления памяти и особенности их архитектуры. Виртуальная память и требования реального времени. Аппаратные механизмы защиты памяти. Подсистема управления памяти в ОСРВ.

7. Архитектура аппаратных средств и их роль для СРВ

Роль аппаратных средств при проектировании СРВ. Роль архитектуры процессора и системных шин для СРВ. Программные модели процессоров. Влияние требований реального времени на выбор архитектуры процессора. Программные модели управления системными шинами. Особенности реализации драйверов в СРВ. Архитектуры и шины поддерживаемые современными ОСРВ. Аппаратные архитектуры поддерживаемые промышленными ОСРВ (QNX, RTEMS, VxWorks, RTLinux, RTAI, Xenomai, iRMX). Аппаратные архитектуры, поддерживаемые упрощёнными вариантами ОСРВ (FreeRTOS, Contiki, picoOS). Промышленные шины и сети передачи данных для связи датчиков, исполнительных механизмов, промышленных контроллеров и других средств в промышленной автоматизации.

8. Методы тестирования и верификации систем реального времени

Контроль качества программного обеспечения СРВ. Оценка качества программного обеспечения для СРВ и методы его контроля. Модели и техники, используемые для анализа функционирования и построения тестов СРВ. Автоматные модели в СРВ. Конечные детерминированные автоматы, как основа построения детерминированных во времени систем. Автоматные методы построения тестов для СРВ. Автоматное программирование. Модели временных автоматов. Проверка на моделях.

9. Стандарты на системы реального времени

Стандарты и их роль в развитии ОСПВ. Стандартизация основных программных интерфейсов (API), утилит расширений «реального времени». Стандартизация потоков. Развитие стандартов. Стандарты на ОСПВ. Нормы ESSE консорциума VITA. Стандарт POSIX 1003.1b. Стандарт SCEPTRE: цели ОСПВ и виды сервиса, предоставляемого ОСПВ, функции ОСПВ, классы задач ОСПВ, виды их взаимоотношений и состояний.

III. Образовательные технологии

1. Типовые вопросы для проверки остаточных знаний и рейтингового контроля
2. Правила прохождения промежуточной аттестации
3. Примерный список вопросов на зачет
4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

IV. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Луканов, А. С. Системы реального времени: учебное пособие / А. С. Луканов. — Самара: Самарский университет, 2020. — 156 с. — ISBN 978-5-7883-1522-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/189009>
2. Гриценко, Ю.Б. Системы реального времени: учебное пособие / Ю.Б. Гриценко; Федеральное агентство по образованию, Томский межвузовский центр дистанционного образования (ТУСУР). Кафедра автоматизации обработки информации (АОИ). - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2009. - 263 с.: табл., схем.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208657> (04.02.2017).

б) Дополнительная литература

1. Галатенко, В.А. Мобильное программирование приложений реального времени в стандарте POSIX / В.А. Галатенко. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2004. - 393 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233766> (04.02.2017).

2) Программное обеспечение

Компьютерный класс факультета прикладной математики и кибернетики № 46 (170002, Тверская обл., г.Тверь, Садовый переулок, д.35)	
Adobe Acrobat Reader DC - Russian	бесплатно
Apache Tomcat 8.0.27	бесплатно
Cadence SPB/OrCAD 16.6	Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009
GlassFish Server Open Source Edition 4.1.1	бесплатно
Google Chrome	бесплатно
Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit)	бесплатно
JetBrains PyCharm Community Edition 4.5.3	бесплатно
JetBrains PyCharm Edu 3.0	бесплатно
Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows	Акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022
Lazarus 1.4.0	бесплатно
Mathcad 15 M010	Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
MATLAB R2012b	Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012
Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО	бесплатно
ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО	бесплатно
MiKTeX 2.9	бесплатно
MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK	бесплатно
NetBeans IDE 8.0.2	бесплатно
NetBeans IDE 8.2	бесплатно
Notepad++	бесплатно
Oracle VM VirtualBox 5.0.2	бесплатно

Origin 8.1 Sr2	договор №13918/М41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»
Python 3.1 pygame-1.9.1	бесплатно
Python 3.4 numpy-1.9.2	бесплатно
Python 3.4.3	бесплатно
Python 3.5.1 (Anaconda3 2.5.0 64-bit)	бесплатно
WCF RIA Services V1.0 SP2	бесплатно
WinDjView 2.1	бесплатно
R Studio	бесплатно
Anaconda3 2019.07 (Python 3.7.3 64-bit)	бесплатно

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com;
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;
3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>.

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Интернет-университет <http://www.intuit.ru>

V. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Правила прохождения промежуточной аттестации

Для успешной сдачи экзамена студент должен:

- Успешно сдать промежуточный контроль, представляющий собой две контрольные работы по тематике упражнений, перечисленных выше.
- Ответить на устные вопросы и решить ряд письменных упражнений (в ходе экзамена) по тематике учебной программы.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических

изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

1. Работа с учебными пособиями.

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

2. Самостоятельное изучение тем.

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту и экзамену.

3. Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется следовать методическим рекомендациям по работе с учебными пособиями, приведенным выше.

4. Составление конспектов.

В конспекте отражены основные понятия темы. Для наглядности и удобства запоминания используются схемы и таблицы.

5. Подготовка к зачету / экзамену.

При подготовке к зачету / экзамену студенты должны использовать как самостоятельно подготовленные конспекты, так и материалы, полученные в ходе лекций. Для получения зачета по дисциплине необходимо набрать минимум 50 баллов в течение семестра (минимальная оценка – удовлетворительно), в противном случае зачет считается не сданным. Экзамен студенты могут сдавать в виде теста, письменной контрольной работы или

устного ответа по вопросам, представленным в данной программе. Для получения положительной оценки на экзамене необходимо продемонстрировать знания, не ниже базового (минимального) уровня. Процедура оценивания знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности обучающихся по дисциплине производится в рамках балльно-рейтинговой системы, включая рубежную и текущую аттестации. Согласно подходам балльно-рейтинговой системы в рамках оценки знаний, умений, владений (умений применять) и (или) опыта деятельности дисциплины установлены следующие аспекты.

Содержание учебной дисциплины в рамках одного семестра делится на два модуля (периода обучения). По окончании модуля (периода обучения) осуществляется рейтинговый контроль успеваемости знаний студентов.

Сроки проведения рейтингового контроля:

осенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 8-9 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса;

весенний семестр – I рейтинговый контроль успеваемости проводится на 31-32 учебной неделе по графику учебного процесса, II рейтинговый контроль успеваемости – две последние недели фактического завершения семестра по графику учебного процесса.

Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)

Преподавание учебной дисциплины строится на сочетании лекций и практических работ, семинарских занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций: традиционные лекции, семинары в диалоговом режиме, проектные задания, выполнение индивидуальных заданий в рамках самостоятельной работы.

Дисциплина предусматривает выполнение контрольных работ, письменных домашних заданий.

Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса (в том числе для самостоятельной работы):

- Операционная система Microsoft Windows

- Браузер
- Текстовый редактор Notepad++
- Одна из сред разработки по выбору студента:
 - Интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio
 - Интерпретатор языка Python
 - Интегрированная среда разработки для языка Python JetBrains PyCharm Community Edition
 - Интегрированная среда разработки для языка Java NetBeans IDE

Важной составляющей данного раздела РПД являются требования к рейтинг-контролю с указанием баллов, распределенных между модулями и видами работы обучающихся.

Максимальная сумма баллов по учебной дисциплине, заканчивающейся зачетом, по итогам семестра составляет 100 баллов (50 баллов - 1-й модуль и 50 баллов - 2-й модуль).

Студенту, набравшему 40 баллов и выше по итогам работы в семестре, в экзаменационной ведомости и зачетной книжке выставляется оценка «зачтено». Студент, набравший до 39 баллов включительно, сдает зачет.

Распределение баллов по модулям устанавливается преподавателем и может корректироваться.

VI. Материально-техническое обеспечение

Для аудиторной работы

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практических занятий, №308 (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Набор учебной мебели, экран, проектор.
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	Компьютер, экран, проектор, кондиционер.

аттестации, компьютерный класс №46 (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	
---	--

Для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы, компьютерный класс общего доступа № 46 (170002, Тверская область, г. Тверь, пер. Садовый, д. 35)	Компьютер, экран, проектор, кондиционер
---	---

VII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	IV. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины 2) Программное обеспечение	Внесены изменения в программное обеспечение	От 24.08.2023 года, протокол № 1 ученого совета факультета