



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный Электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования


С.А. Галунин

«30»  2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»

для подготовки бакалавров

по направлению

15.03.06 «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА»

по профилю

«Мехатроника»

Санкт-Петербург

2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

доцент, к.т.н.



Д.М. Филатов

Второй разработчик

ассистент



М.Н. Гречухин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры САУ
29.09.2020, протокол № 2-09/2020

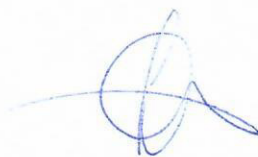
Заведующий кафедрой САУ
д.т.н., доцент



В.Н. Шелудько

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭА, 30.09.2020, протокол № 2

Председатель УМК ФЭА
декан



Ю.В. Сентябрев

Согласовано:

Начальник ОМОЛА



О.В. Загороднюк

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	РАПС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	2
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	22
Лабораторные занятия (академ. часов)	22
Практические занятия (академ. часов)	11
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	56
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	16
Всего (академ. часов)	72
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»

В рамках дисциплины рассматриваются основные особенности и характеристики систем реального времени, аппаратное и программное обеспечение систем реального времени, основные механизмы операционных систем реального времени (диспетчеризация задач, управление приоритетами, синхронизация задач и межзадачное взаимодействие), приводится обзор основных современных операционных систем реального времени. Лабораторный практикум предусматривает знакомство с операционной системой реального времени FreeRTOS на базе платформы Cortex M4.

SUBJECT SUMMARY

«REAL-TIME SYSTEMS»

The goal of the discipline is to introduce main principles and mechanisms of the real-time systems. The course discovers important problems of real-time systems, such as hardware and software of the real-time systems, task scheduling, inter-task communications, shared resources e. t. c. Laboratory practice introduces the FreeRTOS real-time kernel, based on Cortex-M4 platform.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Получение знаний об основных принципах механизмах, особенностях аппаратного и программного обеспечения вычислительных систем реального времени
2. Формирование базовых знаний о месте и задачах систем реального времени, возможностях, областях их применения
3. Освоение навыков и умений разработки программного обеспечения встраиваемых систем реального времени

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Информационные технологии»
2. «Программирование и основы алгоритмизации»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-1	Способен составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники
<i>ПК-1.3</i>	<i>Знает принципы построения архитектуры систем управления робототехническими системами</i>
ПК-2	Способен разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования
<i>ПК-2.2</i>	<i>Разрабатывает алгоритмы и программное обеспечение для сбора и обработки информации в мехатронных и робототехнических системах</i>
<i>ПК-2.4</i>	<i>Разрабатывает программное обеспечение для микроконтроллерного управления исполнительными механизмами, применяемыми в робототехнике и мехатронике</i>
СПК-2	Способен диагностировать техническое состояние и оценивать надежность мехатронных и робототехнических систем различного назначения
<i>СПК-2.1</i>	<i>Знает основные принципы, механизмы и особенности аппаратного и программного обеспечения вычислительных систем реального времени</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1				1
2	Функционирование в реальном времени	2		2		2
3	Время в ОСРВ	2	2	2		2
4	Аппаратное обеспечение ОСРВ	2	2	2		2
5	Операционные системы реального времени	4	2	4		2
6	Основные механизмы ОС РВ. Планирование задач	4	2	4		2
7	Основные механизмы ОС РВ. Межзадачные коммуникации	2		4		2
8	Основные механизмы ОС РВ. Управление памятью и временем, обработка прерываний	3	3	4		2
9	Заключение	2			1	1
	Итого, ач	22	11	22	1	16
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	72/2				

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины. Обзор литературы по курсу
2	Функционирование в реальном времени	Основные определения и понятия. Классификация ОСРВ. Структура ОСРВ как аппаратно-программного комплекса.
3	Время в ОСРВ	Понятие абсолютного и относительного времени. Устройства хронометража и их характеристики. Стандарты измерения времени.
4	Аппаратное обеспечение ОСРВ	Состав и особенности аппаратного обеспечения систем реального времени. Архитектура ARM и её особенности.
5	Операционные системы реального времени	Основные особенности ОС РВ. Стандарты ОС РВ. Отличия ОС РВ от обычных ОС. Архитектура ОС РВ. Монолитные, микроядерные, клиент-серверные архитектуры. Обзор основных современных операционных систем реального времени.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Основные механизмы ОС РВ. Планирование задач	Задачи в СРВ, их характеристика. Приоритеты и планирование задач. Приоритетные и не приоритетные алгоритмы планирования. Оценка диспетчеризуемости системы, методика RMA.
7	Основные механизмы ОС РВ. Межзадачные коммуникации	Синхронизация и межзадачное взаимодействие в ОС РВ. Управление разделяемыми ресурсами. Причины возникновения и способы борьбы с взаимоблокировками и инверсией приоритетов.
8	Основные механизмы ОС РВ. Управление памятью и временем, обработка прерываний	Модели использования памяти в ОС РВ, методы работы с постоянной памятью. Таймеры в ОС РВ, их характеристики. Обработка прерываний с помощью задач, задачи как ISR
9	Заключение	Заключительные положения, обзор перспектив и тенденций развития СРВ

4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. ОС FreeRTOS. Знакомство с API системы, создание задач и управление ими	4
2. ОС FreeRTOS. Межзадачные коммуникации	6
3. ОС FreeRTOS. Совместный доступ к ресурсам	6
4. ОС FreeRTOS. Прерывания	6
Итого	22

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Абсолютное и относительное время	1
2. Задачи, их характеристики и состояния	2
3. Оценка возможности планирования системы	2
4. Алгоритм планирования RMS	3
5. Алгоритм планирования EDF	3
Итого	11

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым

образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	14
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-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
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	2
ИТОГО СРС	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Таненбаум, Эндрю. Современные операционные системы [Текст] : монография / Э. Таненбаум; [Пер. на рус. яз. А. Леонтьев], 2002. -1037 с.	79
2	Дорогов, Александр Юрьевич. Синхронизация и взаимодействие программных потоков в операционной среде реального времени [Текст] : учеб. пособие / А.Ю. Дорогов, 2007. -64 с.	79
3	Гречухин, Михаил Николаевич. Системы реального времени [Текст] : учеб.-метод. пособие / М. Н. Гречухин, 2018. -30, [1] с.	20
Дополнительная литература		
1	Котова, Елена Евгеньевна. Программирование систем реального времени [Текст] : учеб.-метод. пособие / Е. Е. Котова, А. С. Писарев, И. А. Писарев, 2018. -62 с.	25

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	http://www.freertos.org/

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=5926>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Операционные системы реального времени» формой промежуточной аттестации является зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Для допуска к зачету с оценкой студенту необходимо посетить не менее 80% лекционных занятий, выполнить все лабораторные и практические работы и 2 контрольные работы.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Пример контрольной работы №1

1. К вам обратились с заданием на проектирование системы реального времени для управления агрокомплексом. Заказчик выращивает в теплицах тропические растения, очень требовательные к уровню влажности почвы и температуры. В случае нарушения требуемых условий растения погибают в течение нескольких часов. Система должна в автоматическом режиме управлять температурой и влажностью почвы, включая/выключая обогрев или охлаждение, а также включая/выключая полив. Также система должна раз в час отправлять на удаленный сервер отчет о состоянии среды в теплице. В случае отклонения допустимых параметров система должна по возможности оповестить дежурного оператора сразу же, как выявлено критическое отклонение. Также система должна иметь возможность сформировать отчет о состоянии в виде текстового документа и отправить его на почту оператора. Формирование отчета осуществляется по команде оператора.

Изобразите структуру такой системы (укажите, какие составные части в ней будут находиться), опишите задачи, работающие в системе, с указанием их классификации по способу перезапуска и, если это возможно, укажите также временные характеристики для задач.

2. «Ядро нашей новой ОС РВ включает в себя мощный менеджер памя-

ти, менеджер жестких дисков и SSD, встроенную поддержку Gigabit Ethernet и мини-сервер БД» - заявляет на пресс-конференции директор одной из компаний. При условии, что журналисты ничего не напутали, укажите, является ли такая архитектура ОС РВ адекватной для задач реального времени и почему. Если в архитектуре есть недостатки/избыточности, укажите их.

3. Задача должна запускаться через 40 микросекунд после получения сигнала от датчика. О каком типе времени идёт речь?

Пример контрольной работы №2

1. В системе работают три задачи со следующими параметрами:

Задача Период перезапуска Время выполнения

А 40 мкс 5 мкс

В 35 мкс 20 мкс

С 60 мкс 15 мкс

Для планирования используется алгоритм RMS. Выполните анализ этой системы с помощью UB и RT теста и покажите, будет ли поддавать планированию такая система, а также покажите, поддаётся ли в принципе такая система планированию.

2. В системе есть четыре совместно используемых ресурса – R1, R2, R3, R4, и четыре задачи, А, В, С, D. Потребность задач в ресурсах отражена в таблице

Задача Приоритет Требуется ресурсы

А 2 R1, R3

В 3 R2, R3, R1

С 1 R3, R4

Д 4 R4, R2, R1

Нарисуйте диаграмму использования ресурсов и укажите максимальные приоритеты для алгоритма HLR.

3. Опишите, в чём состоит механизм работы протоколов NPP и VIP.

Примерные вопросы к коллоквиуму

1. Является ли системой реального времени система ТВ-вещания в прямом эфире и почему? Каким термином характеризуется такая система?

2. Какую задачу необходимо описать для опроса датчика, контролирующего значение критичного параметра объекта управления?

3. Вам необходимо сделать систему, контролирующую ОУ со следующими контролируруемыми параметрами: температура, давление, объёмный расход. Изобразите обобщённую структуру такой системы, укажите все необходимые элементы. Контроллер системы – микропроцессорная система.

4. Нам необходимо определить минимальный временной интервал, измеряемый неким таймером. С помощью чего мы можем это сделать?

5. Со временем часы для измерения времени, работающие на основе кварцевого резонатора, стали показывать разную длительность одинаковых временных интервалов. Как решить эту проблему, не заменяя сами часы другими?

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
4	Операционные системы реального времени	
5		Контрольная работа
8	Основные механизмы ОС РВ. Управление памятью и временем, обработка прерываний	
9		Контрольная работа
10	Заключение	Коллоквиум

6.4 Методика текущего контроля

Методика текущего контроля на лекционных занятиях.

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80% занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

Методика текущего контроля на лабораторных занятиях.

Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты. В процессе обучения по дисциплине «Компоненты электронной техники» студент обязан выполнить 4 лабораторные работы. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. В конце семестра предусматривается проведение коллоквиума, на котором осуществляется защита лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально (или в бригадах по два человека). Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально или в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения

экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы. Примеры контрольных вопросов приведены в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам.

Методика текущего контроля на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80% занятий). В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

Методика проведения контрольных работ

В соответствии с положением о текущем контроле предусматривается выполнение студентами двух контрольных работ. Первая работа охватывает темы рабочей программы 1-4 и проводится по окончании изучения этих тем. Вторая работа охватывает темы 5-7 рабочей программы и проводится по окончании

изучения этих тем, но не позднее даты окончания учебных занятий в семестре, в котором читается дисциплина.

Каждая контрольная работа состоит из вариантов по 3 неповторяющихся задания в каждом. Первая контрольная работа рассчитана на 45-60 минут, вторая (в силу наличия заданий с вычислениями) – на 60-70 минут.

Задачи контрольных работ имеют различную сложность и, соответственно, вносят разный вклад в итоговую оценку за контрольную работу. В вариантах контрольных работ выделяется одна основная задача и две второстепенные.

Каждая контрольная работа может оцениваться по пяти- и по десятибалльной шкале. При использовании десятибалльной шкалы рекомендуется установить и озвучить студентам следующую ценность задач в баллах по десятибалльной шкале:

- основная задача оценивается в 6 баллов максимум;
- второстепенные задачи оцениваются в три, два или один балл, в зависимости от их сложности.

При использовании типовых вариантов контрольных работ для первой работы устанавливаются следующие показатели: задача 1 (основная) – 6/10, задачи 2 и 3 (второстепенные) – по 2/10. Для второй работы устанавливаются следующие показатели: задача 1 (основная) – 5/10, задача 2 – 3/10 и задача 3 – 2/10 баллов.

В случае применения пятибалльной шкалы оценок рекомендуется следующий порядок оценивания контрольных работ:

- не решено ни одной задачи или полностью решена только одна второстепенная задача – оценка «неудовлетворительно»;
- решена полностью основная задача или все с существенными замечаниями – оценка «удовлетворительно»;

- решена полностью основная задача и второстепенные задачи с замечаниями – оценка «хорошо»;

- решены все задачи работы, полностью или с незначительными недочётами – оценка «отлично».

Преподаватель может отступать от рекомендованных критериев и менять их по своему усмотрению. При отступлении от рекомендованных критериев оценивания необходимо довести новые критерии до студентов до написания первой контрольной работы.

Методика проведения дифференцированного зачета

Дифференцированный зачет предусматривает выставление итоговой оценки по дисциплине с учётом результатов текущего контроля и оценки за выполнение лабораторных работ. Итоговая оценка складывается из оценок за две контрольные работы и оценки за лабораторный практикум и может определяться, как среднее арифметическое от трёх оценок, либо преподавателем по желанию могут вноситься любые весовые коэффициенты для оценок в итоговой сумме. Таким образом, может достигаться вариативная значимость различных оценок для получения итогового результата.

При введении весовых коэффициентов преподаватель доводит методику получения итоговой оценки до студентов (включая весовые коэффициенты) на первом занятии по дисциплине в семестре и не изменяет методику до завершения выставления итоговых оценок.

При несогласии с полученной оценкой студент имеет право попросить об опросе по дисциплине с целью повышения оценки. Опрос проводится в устной или письменной форме. На опросе студенту задаются вопросы из приложенного перечня. Количество вопросов определяется преподавателем. Итоговая оценка выставляется с учётом правильности и полноты ответов на вопросы.

Следует отметить, что при получении оценки «неудовлетворительно» за

выполнение лабораторных работ, или в случае задолженности по лабораторно-му практикуму студент не допускается до дифференцированного зачета до полной ликвидации задолженности, независимо от весового коэффициента оценки за лабораторный практикум

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, ноутбук или ПК, экран, проектор	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, ПК.	1. ОС Windows версии 7 и выше 2. Программный пакет Keil MDK-ARM версии 5.23 и выше 3. Пакет библиотек поддержки STM32 для MDK-ARM
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, ПК, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1. Windows 7 или Linux с поддержкой оконного интерфейса 2. ПО для презентаций – Microsoft office Powerpoint версии 2013 и выше или OpenOffice/LibdeOffice версии 5 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 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.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА