

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.06.2023 11:15:18  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Информационно-управляющие  
системы»



**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»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

09.03.02 «Информационные системы и технологии»

по профилю

**«Информационно-управляющие системы»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Сидельников В.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ИС  
21.02.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 24.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	ИС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	8
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	16
Практические занятия (академ. часов)	16
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	33
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	4

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»**

Рассматриваются основные характеристики СРВ, ограничения жесткого и мягкого реального времени, понятие предсказуемости, приводятся примеры систем реального времени. В рамках рассмотрения аппаратной платформы изучаются элементы архитектуры микроконтроллеров, устройств связи с объектом. В разделе операционных систем рассматриваются особенности их организации, расширения стандарта POSIX, характерные для СРВ. Отдельной темой рассматриваются средства синхронизации потоков и примеры их использования.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«REAL TIME SYSTEMS (RTS)»**

The main characteristics of RTS, the limitations of hard and soft real time, the concept of predictability are considered, examples of real-time systems are given. As part of the consideration of the hardware platform, elements of the architecture of microcontrollers, communication devices with the object are studied. The section on operating systems discusses the features of their organization, extensions of the POSIX standard, which are typical for RTS. A separate topic is considered thread synchronization tools and examples of their use.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целью изучения дисциплины является приобретение знаний об отличительных особенностях функционирования вычислительных систем в условиях временных ограничений, накладываемых необходимостью взаимодействия с физическими процессами, протекающими во внешней среде, а также умений и навыков в использовании приемов программирования с использованием механизмов синхронизации операционной системы реального времени.

2. В ходе изучения дисциплины студенты получают теоретические знания, практические умения и навыки в области вычислительных систем, функционирующих в условиях временных ограничений, накладываемых необходимостью взаимодействия с физическими процессами.

3. Знание характеристик СРВ, требований к программным и аппаратным средствам, архитектурных особенностей СРВ, особенностей операционных систем реального времени, расширений стандарта POSIX для систем реального времени.

4. Умение давать оценку программных и технических средств при комплексировании испытательных и управляющих систем автоматизации.

5. Навыки в использовании механизмов синхронизации при разработке многопоточных приложений и оценки выполнимости набора задач реального времени

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Физика»

2. «Цифровая обработка информации»
3. «Операционные системы»
4. «Программирование»
5. «Организация ЭВМ и систем»
6. «Объектно-ориентированное программирование»
7. «Метрология»
8. «Конструирование программ»
9. «Архитектура информационных систем»

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:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-7	Способен разрабатывать и анализировать сложные программные комплексы и системы
<i>ПК-7.1</i>	<i>Знает методологии разработки и анализа сложных комплексов и систем</i>
<i>ПК-7.2</i>	<i>Владеет современными методами и средствами разработки и анализа сложных комплексов и систем</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	ИКР, ач	СР, ач
1	Общая характеристика систем реального времени	1			5
2	Аппаратная платформа систем реального времени	2			10
3	Операционные системы реального времени; стандарт POSIX, расширения РВ	2	2		10
4	Процессы и потоки; диспетчеризация	3	2		15
5	Механизмы синхронизации	3	5		10
6	Время в ОС РВ; таймеры	3	5		15
7	Выполнимость набора задач, алгоритмы планирования.	2	2	1	10
	Итого, ач	16	16	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Общая характеристика систем реального времени	Особенности СРВ, основные временные характеристики. Ограничения жесткого и мягкого реального времени. Понятие предсказуемости. Примеры систем реального времени.
2	Аппаратная платформа систем реального времени	Встроенные системы, сферы применения. Целевые и инструментальные системы. Элементы архитектуры микро-контроллеров. Механизмы ввода/вывода, ввод/вывод по готовности, по прерыванию, прямой доступ в память. Агрегатные элементы систем реального времени, средства взаимодействия с объектом. Подсистемы аналого-цифрового, цифро-аналогового, дискретного ввода/вывода. Интерфейсы аппаратной среды.
3	Операционные системы реального времени; стандарт POSIX, расширения РВ	Отличительные особенности Операционных Систем реального Времени (ОСРВ). Монолитная, микроядерная архитектуры. Организация многозадачности, процедура переключения контекстов. Режим вытеснения, time-slicing. Стандарт POSIX и его расширение для систем реального времени.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Процессы и потоки; диспетчеризация	Процессы и нити. Состояния задачи. Диспетчеризация, приоритетное управление. Проблема инверсии приоритетов, протокол наследования приоритетов, протокол предельных приоритетов
5	Механизмы синхронизации	Понятие критической секции, проблемы. Семафоры и мьютексы, отличительные особенности. Монитор и условная переменная. Сигналы. Механизм сообщений. Обзор классических задач синхронизации.
6	Время в ОС РВ; таймеры	Абсолютное и относительное время. Источники времени в компьютере. Функции API для работы со временем, документированные в стандарте POSIX. Средства работы со временем, не документированные POSIX. Таймеры, аппаратная реализация. Программные таймеры, структуры данных. Способы уведомления.
7	Выполнимость набора задач, алгоритмы планирования.	Понятие выполнимости набора задач. Приоритетное управление, статическое и динамическое назначение приоритетов. RM правило назначения приоритетов. POSIX алгоритмы диспетчеризации реального времени, FIFO, RoundRobin. Спорадический сервер.

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Процессы и потоки	4
2. Механизмы синхронизации	4
3. Таймеры, измерение времени	4
4. Диспетчеризация, оценка выполнимости	4
Итого	16

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### 4.5 Реферат

Исходные данные и требования: Текст реферата оформляется в соответствии с шаблоном (см. файл «Шаблон для оформления реферата») в MS Word, шрифт

Times New Roman 14.

Экземпляр файла реферата выкладывается в систему Moodle.

Имя файла реферата формируется по следующему шаблону:

R<Фамилия исполнителя>\_<номер группы>.doc

Например, файл реферата студента гр. 7101 Максимова именуется как R\_Maksimov\_7101.doc или R\_Максимов\_7101.doc

В реферате должны быть раскрыты темы, представленные в таблице ниже и оформленные в виде пяти разделов. Количество используемых источников источников 5 -20, объем работы 25 -40 стр. Изложение материала должно быть кратким, с минимальным использованием общих фраз. Ссылки по тексту реферата на используемые источники обязательны.

Темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Сиситемы реального времени, определения, характеристики, примеры	
2	Встроенные системы, устройства связи с объектом	
3	Операционные системы реального времени, стандарт POSIX	
4	Диспетчеризация процессов, алгоритмы, инверсия приоритетов	
5	Выполнимость набора задач реального времени	

#### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

##### Требования к оформлению практического задания

1. Задание выполняется каждым студентом индивидуально, результатом задания является программа на языке C, работающая под операционной системой Linux.
2. Результат практического задания представляется в виде файла с исходным текстом программы на языке C в формате C-файла инструментальной сре-

ды разработки (Eclipse, Notepad++ и т.п.). Файл с результатом размещается в Moodle.

3. Имя С-файла формируется следующим образом:

*<номер задания>\_<Фамилия автора>\_<№ группы>.c*

например, для задания №3:

*3\_Semenov\_7366.c* или *3\_Сменов\_7366.c*

4. Текст программы составляется в соответствии со следующим шаблоном

*/\**

*\* **Выполнил:** <Фамилия Имя автора, > <№ группы>*

*\* **Задание:** <№ задания> <Наименование>*

*\* **Дата выполнения:** <дата>*

*\* **Версия:** <№ версии> (первая версия - 0.1)*

*\**

*\* **Скрипт для компиляции и запуска программы:***

*\* <Командная строка для компиляции>*

*\* <Командная строка для запуска>*

*\*/*

*// \_\_\_\_\_ //*

*/\**

*\* **Общее описание программы:***

*\* <Текст, поясняющий особенности реализации>*

*\*/*

*// \_\_\_\_\_ //*

*< Исходный текст программы с комментариями, выполненный  
в соответствии с рекомендациями по оформлению кода на языке C >*

```
// _____-//  
/*  
* Результат работы программы  
* <Лог, подтверждающий правильность работы программы>  
*/
```

#### **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.

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 способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

По некоторым темам содержания рабочей программы предусмотрены ин-

дивидуальные домашние задания представляющие собой задачи, требующие написание программ на языке "C" под ОС LINUX.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

Самостоятельной записи на курс нет. Студент заходит на курс, используя логин/пароль от единой учетной записи университета (единый логин и пароль). Каждую неделю будет доступна новая тема курса: презентации и конспекты, с которыми обучающиеся смогут ознакомиться в любое удобное время. Все темы включают практические занятия, которые предусматривают самостоятельное выполнение заданий, а также задания с автоматической проверкой, результаты которых учитываются при общей аттестации полученных знаний. В конце каждой лекции необходимо пройти небольшой контрольный тест, который покажет насколько усвоен предложенный материал. У каждого контрольного задания имеется своя форма (тест или практическое задание) есть срок выполнения (окончательный срок), по истечении которого даже правильные ответы система принимать не будет! В расписании курса указан окончательный срок каждого задания, который варьируется от двух до четырех недель в зависимости от его сложности. Весь учебный курс рассчитан на 16 недель. Его итоги будут подведены после его окончания.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	7
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	8
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	15
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
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	10
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	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## 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 библи.
Основная литература		
1	Таненбаум, Эндрю. Современные операционные системы [Текст] : монография / Э. Таненбаум; [Пер. на рус. яз. А. Леонтьев], 2002. -1037 с.	79
2	Сидельников, Виктор Викторович. Архитектура управляющих систем реального времени [Текст] : учеб. пособие / В. В. Сидельников, В. В. Широков ; под ред. Б. Я. Советова, 1990. -79 с.	115
3	Сидельников, Виктор Викторович. Управление процессами в программных средах АСОИУ [Текст] : учеб. пособие / В.В. Сидельников, 1994. -63 с.	46
4	Сидельников, Виктор Викторович. Средства взаимодействия процессов в операционных системах [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. В. Сидельников, В. В. Широков, 2018. -33, [3] с.	55
5	Сидельников, Виктор Викторович. Средства синхронизации многозадачных приложений. Монитор Хоара [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. В. Сидельников, В. В. Широков, 2019. -40, [4] с.	50
6	Сидельников, Виктор Викторович. Реальное время в операционных системах [Текст] : учеб.-метод. пособие / В. В. Сидельников, В. В. Широков, 2021. -38, [1] с.	50
Дополнительная литература		
1	Лав, Роберт. Linux. Системное программирование [Текст] : руководство / Р. Лав, 2016. -445 с.	13
2	Грушвицкий, Ростислав Игоревич. Разработка аппаратно-программных систем на базе SOCKET с ОС LINUX [Текст] : учеб.-метод. пособие / Р. И. Грушвицкий, А. А. Аникина, К. Д. Данилов, 2017. -35 с.	20
3	Разумовский, Геннадий Васильевич. Организация процессов и программирование в среде Linux [Текст] : учеб.-метод. пособие / Г. В. Разумовский, 2018. -39 с.	40

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

№ п/п	Электронный адрес
1	Олег Цилюрик, Егор Горошко QNX/UNIX: анатомия параллелизма <a href="https://books.4nmv.ru/books/qnxunix_anatomiya_parallelizma_fail_pdf_549199.pdf">https://books.4nmv.ru/books/qnxunix_anatomiya_parallelizma_fail_pdf_549199.pdf</a>

№ п/п	Электронный адрес
2	Роб Кёртен: Введение в QNX/Neutrino 2. Руководство по программированию приложений реального времени в QNX Realtime Platform <a href="https://libcat.ru/knigi/komp-yutery-i-internet/programmirovanie/182311-174-rob-kyorten-vvedenie-v-qnx-neutrino-2-rukovodstvo-po-programmirovaniyu-prilozhenij-realno.html#text">https://libcat.ru/knigi/komp-yutery-i-internet/programmirovanie/182311-174-rob-kyorten-vvedenie-v-qnx-neutrino-2-rukovodstvo-po-programmirovaniyu-prilozhenij-realno.html#text</a>
3	Операционная система реального времени QNX Neutrino 6.3. Системная архитектура <a href="http://progbook.ru/os/qnx/1244-asotov-operacionnaya-sistema-realnogo-vremeni-qnx-neutrino-6-3-sistemnaya-arhitektura.html?">http://progbook.ru/os/qnx/1244-asotov-operacionnaya-sistema-realnogo-vremeni-qnx-neutrino-6-3-sistemnaya-arhitektura.html?</a>
4	Полный справочник по C <a href="https://cpp.com.ru/shildt_spr_po_c/">https://cpp.com.ru/shildt_spr_po_c/</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=9165>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Системы реального времени» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
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

Студент допускается к сдаче зачета при условии выполнения в срок всех ИДЗ и реферата. Оценка выставляется на основе собеседования преподавателя со студентом по темам ИДЗ и материалам реферата.

Текст реферата должен быть оформлен в соответствии с требованиями, представленными в п.4.5. Изложение материала должно быть кратким, но содержательным. Ссылки по тексту на используемые источники обязательны. Глубина понимания изложенного материала проверяется в собеседовании преподавателя с исполнителем.

ИДЗ выполняется в соответствии с требованиями, изложенными в п. 4.6. Раздел "Общее описание программы" должен отражать основные идеи ее реализации. Представленный лог должен содержать краткие комментарии, доказывающие правильность работы кода.

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

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Характеристики СРВ, «жесткие» и «мягкие системы».
2	Средства связи с объектом
3	Организация ввода-вывода, таймеры
4	Особенности операционных систем реального времени, стандарт POSIX
5	Многозадачность и диспетчеризация
6	Дисциплины диспетчеризации
7	Инверсия приоритетов
8	Выполнимость набора задач
9	Монитор и условная переменная

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
2	Процессы и потоки; диспетчеризация	
3		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
4	Механизмы синхронизации	
5		
6		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
7	Время в ОС РВ; таймеры	
8		
9		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
10	Общая характеристика систем реального времени Аппаратная платформа систем реального времени Операционные системы реального времени; стандарт POSIX, расширения РВ Выполнимость набора задач, алгоритмы планирования.	
11		
12		
13		
14		
15		
16		Реферат

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

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

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), выполнение и защиту ИДЗ, а также предоставление реферата по заданной теме, по результатам которых студент получает допуск на дифф.зачёт.

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.

#### самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

**Реферат считается выполненным**, если он оформлен в соответствии с требованиями, изложенными в п. 4.5, изложение материала представлено содержательно, своими словами и без общих фраз. Ссылки по тексту на используемые источники обязательны.

**ИДЗ считается выполненным**, если оно оформлено в полном соответствии с требованиями, изложенными в п. 4.6. Раздел "Общее описание программы" должен кратко, но содержательно отражать основные идеи ее реализации. Представленный код программы должен компилироваться и выполняться в соответствии с описанным скриптом, лог должен содержать краткие комментарии, доказывающие правильность работы кода.

Реферат и ИДЗ оценивается по системе "зачтено"/"незачтено".

## 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, компьютер, проектор, экран, маркерная доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) Linux
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор с возможностью подключения компьютера и демонстрации слайдов, экран	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) ОС Linux
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 3) Linux

## **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

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