

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



А.А. Панфилов

« 17 » 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Системы реального времени**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Профиль/программа подготовки: \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения очно-заочная (ускоренное обучение на базе СПО)

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
7	2 / 72	12	—	12	48	Зачет
<b>Итого</b>	<b>2 / 72</b>	<b>12</b>	<b>—</b>	<b>12</b>	<b>48</b>	<b>Зачет</b>

Владимир, 2015 г.

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение базовых принципов функционирования и методов разработки систем реального времени.

Формирование практических навыков организации вычислительных процессов в системах реального времени.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Системы реального времени» находится в вариативной части основной профессиональной образовательной программы и относится к обязательным дисциплинам.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения (Основы информатики, Основы программирования, Алгоритмы и анализ сложности, Структуры и алгоритмы компьютерной обработки данных, Операционные системы и оболочки, Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей, Системное и прикладное программное обеспечение). Для успешного освоения курса студенты должны знать основы теории информации, устройство и принципы функционирования ЭВМ, основы построения и применения операционных систем, иметь представление о базовых алгоритмах и структурах данных, уметь применять языки программирования.

Полученные в ходе изучения дисциплины знания и навыки используются в ходе прохождения преддипломной практики и выполнения выпускной квалификационной работы.

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие профессиональные компетенции:

- способность использовать знания методов архитектуры, алгоритмов функционирования систем реального времени (ОПК-10).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: принципы организации вычислительных процессов в цифровых информационно-управляющих системах, работающих в реальном масштабе времени, взаимосвязь программных и аппаратных средств в системах этого класса, методы управления памятью, синхронизации взаимодействующих процессов, принципы контроля достоверности обработки информации в системах реального времени, основные теоретические методы построения и анализа систем реального времени (ОПК-10);

Уметь: применять системные средства операционных систем при разработке программ систем реального времени, рассчитывать и



анализировать характеристики и показатели эффективности систем реального времени с позиции программиста-аналитика, использовать для программирования алгоритмические языки высокого уровня (ОПК-10);

Владеть: навыками выбора, проектирования, реализации, оценки качества и анализа эффективности программного обеспечения для систем реального времени (ОПК-10).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	СРС	КП / КР		
1.	Введение	7	1-5	3			6	—	1/33	Рейтинг-контроль №1
2.	Основные объекты и механизмы работы ОС	7	5-9	3		4	6	—	3/42	
3.	Особенности функционирования ОС РВ	7	9-12	3		4	10	—	4/57	Рейтинг-контроль №2
4.	ОС РВ QNX	7	12-18	3		4	26	—	3/42	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего</b>		7	1-18	12	—	12	48	—	11/45	Зачет

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ЛЕКЦИИ

##### 1. Введение

Система реального времени (СРВ). Жесткое и мягкое реальное время. Операционная система реального времени (ОС РВ). Области применения ОС РВ. Характеристики ОС РВ. Отличия ОС РВ от ОС общего назначения. Требования к ОС РВ. Детерминированность. Время реакции ОС РВ на события. Особенности оборудования, на котором выполняются ОС РВ.

##### 2. Основные объекты и механизмы работы ОС

Понятие и назначение ОС. Прикладной и системный интерфейсы ОС. Понятие архитектуры вычислительной системы. Архитектурные модели ОС.

Многозадачность. Процессы и потоки. Свойства задач. Управление задачами. Планирование и диспетчеризация. Вытесняющие и невытесняющие алгоритмы планирования. Квантование. Приоритетное планирование.

Взаимодействие задач. Категории и характеристики средств обмена информацией. Синхронное и асинхронное выполнение. Проблемы синхронизации: гонки, тупики. Критические секции, неделимые операции.



Средства синхронизации: взаимное исключение, события, семафоры, мониторы, сообщения.

Прерывания. Типы прерываний. Механизм прерываний. Обработчик прерывания. Вектор прерывания. Векторный и опрашиваемый способ вызова обработчика прерывания.

### **3. Особенности функционирования ОС РВ**

Стандарты ОС РВ. Назначение. Основные международные и национальные стандарты.

Планирование задач. Статические и динамические методы обеспечения исполнимости приложений – Earliest Deadline First, Least Laxity First, Rate Monotonic Scheduling, Deadline Monotonic Scheduling.

Служба времени в ОС РВ. Системное и астрономическое время. Основные задачи службы времени. Реализация периодического режима работы.

Управление памятью в задачах реального времени. Модели памяти, механизмы распределения памяти. Виртуальная память в ОС РВ. Алгоритм близнецов для распределения памяти из кучи.

Файловая система, специфика файловой системы ОС РВ.

Обзор распространенных ОС РВ. Их характеристики и применение.

### **4. ОС РВ QNX**

Введение. История разработки QNX. Примеры практического использования QNX.

Основные особенности QNX. Архитектура системы. Системные процессы.

Ядро QNX. Функции микроядра. Механизмы диспетчеризации. Состояния потоков. Дисциплины планирования: FIFO, Round-Robin, спорадическая. Системные примитивы диспетчеризации.

Механизмы синхронизации. Мьютексы. Условные переменные. Барьеры. Блокировки ожидания. Блокировки чтения/записи. Семафоры. Атомарные операции. Сообщения. Системные примитивы и примеры использования.

Планирование процессов. Методы планирования, приоритеты процессов. Задержки прерываний, планирования.

Примитивы передачи сообщений. Синхронизация процессов, состояния блокировки. Проху, сигналы, взаимодействие процессов в сети.

Таймеры. Простые и сложные таймеры.

Администратор процессов. Примитивы создания процессов, наследуемость, жизненный цикл процесса. Состояния процессов. Символьные имена процессов.

Файловая система. Регулярные файлы и директории. Символические связи. Каналы и очереди. Эффективность и живучесть файловой системы. Диски и дисковые подсистемы, монтирование и демонтаж файловой системы. Организация раздела QNX Администратор файловой системы.

Администратор устройств. Сервисные функции устройств. Режимы ввода. Драйверы устройств. Управление устройствами.



Администратор сети. Интерфейс микроядро / администратор сети.  
Идентификаторы физического узла, логического узла, логической сети.

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

1. Разработка многопоточного приложения.
2. Синхронизация потоков с помощью событий.

### **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- мастер-классы (демонстрация на лабораторных занятиях принципов расчета и проектирования оптических деталей и оптических систем);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

### **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

#### **а) Вопросы к рейтинг-контролю:**

##### *Рейтинг-контроль №1*

1. Операционная система. Определение, назначение, виды ресурсов. Примеры.
2. ОС реального времени. Определение, специфика, области применения. Различие понятий "система реального времени" и "ОС реального времени".
3. Монолитная архитектура ядра операционной системы. Преимущества и недостатки по сравнению с другими типами архитектуры.
4. Процессы. Различие процесса и программы. Виртуальное адресное пространство.
5. Время реакции на событие. Реакция на прерывание и переключение контекста (определение, на что влияет, порядок величин, способ оценки).
6. Разновидности алгоритмов планирования, основанных на квантовании. Предназначение.
7. Типы и специфика оборудования, на котором выполняются ОСРВ. Требования к ОСРВ, обусловленные этой спецификой.



8. Потоки. Разделение процессорного времени. Различия процессов и потоков. Преимущества и недостатки многопоточности.
9. Приоритеты в алгоритмах планирования. Назначение и изменение приоритетов.

#### *Рейтинг-контроль №2*

10. Многопроцессорная обработка. Системы SMP и ASMP.
11. Свойства задач: приоритет, дескриптор, контекст.
12. Алгоритмы планирования, основанные на квантовании: принцип квантования, диаграмма состояний, оценка времени ожидания потока в очереди.
13. Модульная архитектура ядра операционной системы. Преимущества и недостатки по сравнению с другими типами архитектуры.
14. Свойства задач: состояние, многократный запуск, повторная входимость.
15. Варианты реализации многопоточности в режиме пользователя (User Mode) и режиме ядра (Kernel Mode). Сравнительная характеристика.
16. Планирование. Типы планирования: динамическое, статическое. Расписание.
17. Объект синхронизации «семафор». Понятие, назначение и пример использования.

#### *Рейтинг-контроль №3*

18. Прерывания: понятие и классификация.
19. Характеристики средств обмена информацией: адресация, кратность, направленность, завершение связи.
20. Объект синхронизации «критическая секция». Понятие и преимущество. Пример использования.
21. Характеристики прерываний: время реакции, приоритет, глубина.
22. Синхронизация задач. Проблема гонок (на примере динамического стека).
23. Объект синхронизации «монитор». Отличительные черты и пример использования.
24. Последовательность обработки прерывания операционной системой.
25. Синхронизация задач. Проблема тупиков (на примере одновременного использования двух устройств).
26. Объект синхронизации «событие». Понятие, назначение и пример использования.
27. Синхронизация с помощью сообщений. Принцип организации и пример использования. Преимущества и недостатки.
28. Последовательность обработки прерывания операционной системой. Общие свойства, характерные для большинства современных ОС реального времени.

#### **б) Вопросы к зачету:**

29. Системы реального времени. "Жесткое" и "мягкое" реальное время. Примеры. Различие понятий "система реального времени" и "ОС реального времени".
30. Требования к ОСРВ. Отличия ОСРВ и ОС общего назначения.



31. Время реакции на событие. Реакция на прерывание и переключение контекста (определение, на что влияет, порядок величин, способ оценки).
32. Монолитная архитектура ядра операционной системы. Преимущества и недостатки по сравнению с другими типами архитектуры.
33. Модульная архитектура ядра операционной системы. Преимущества и недостатки по сравнению с другими типами архитектуры.
34. Архитектура операционной системы на основе микроядра. Преимущества и недостатки по сравнению с другими типами архитектуры.
35. Многозадачность. Сущность, предназначение, механизм реализации. Преимущества и недостатки.
36. Процессы. Различие процесса и программы. Виртуальное адресное пространство.
37. Потоки. Разделение процессорного времени. Различия процессов и потоков. Преимущества и недостатки многопоточности.
38. Свойства задач: состояние, многократный запуск, повторная входимость.
39. Свойства задач: приоритет, дескриптор, контекст.
40. Диспетчеризация. Планирование. Типы планирования: динамическое, статическое. Расписание.
41. Вытесняющие и невытесняющие алгоритмы планирования. Преимущества и недостатки.
42. Разновидности алгоритмов планирования, основанных на приоритетах. Графы состояний.
43. Алгоритмы планирования, основанные на квантовании: принцип квантования, диаграмма состояний. Разновидности алгоритмов планирования, основанных на квантовании.
44. Синхронизация задач. Проблема гонок (на примере динамического стека).
45. Синхронизация задач. Проблема тупиков (на примере одновременного использования двух устройств).
46. Критическая секция программы. Определение и способы реализации. Алгоритм программной реализации критической секции и его недостатки.
47. Объект синхронизации «событие». Понятие, назначение и пример использования.
48. Объект синхронизации «семафор». Понятие, назначение и пример использования.
49. Объект синхронизации «монитор». Отличительные черты и пример использования.
50. Синхронизация с помощью сообщений. Принцип организации и пример использования. Преимущества и недостатки.
51. Статическое планирование в ОС реального времени. Корректное расписание. Планируемый набор задач. Оптимальный алгоритм планирования. Табличное представление расписания. Преимущества и недостатки.
52. Динамическое планирование в ОС реального времени: алгоритм EDF (определение, планируемость, оптимальность).



53. Динамическое планирование в ОС реального времени: алгоритм LLF (определение, оптимальность, понятие резерва времени).
54. Алгоритмы назначения приоритетов RMS и DMS. Оптимальность. Условие планируемости.

**в) Самостоятельная работа студентов:**

1. Подготовка к промежуточной аттестации.
2. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по результатам их выполнения. Контроль осуществляется на занятиях в виде устных ответов на вопросы преподавателя по содержанию отчета.
3. Работа с дополнительной литературой по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение. Контроль осуществляется на экзамене.
  - 1) Стандарты ОС РВ. Современные представители ОС РВ.
  - 2) Операционная система QNX. Примеры практического использования.
  - 3) Операционная система QNX. Менеджер (диспетчер) процессов. Состояния процесса.
  - 4) Операционная система QNX. Микроядерная архитектура. Функции ядра. Особенности взаимодействия процессов.
  - 5) Операционная система QNX. Сетевой диспетчер. Взаимодействие процессов по сети посредством обмена сообщениями.
  - 6) Разработка ПО для ОС РВ. Схемы разработки Self-Hosted и Host/Target.
  - 7) IDE QNX Momentics. Основы использования.

Распределение видов самостоятельной работы по разделам дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины	Вид СРС		
		(1)	(2)	(3)
1.	Введение	1	—	3
2.	Основные объекты и механизмы работы ОС	1	4	—
3.	Особенности функционирования ОС РВ	5	6	7
4.	ОС РВ QNX	8	—	13
	Всего	15	10	23

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**а) основная литература**

1. Прокопенко, А. В. Синтез систем реального времени с гарантированной доступностью программно-информационных ресурсов [Электронный ресурс] : монография / А. В. Прокопенко, М. А. Русаков, Р. Ю. Царев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 92 с. - ISBN 978-5-7638-2748-4.
2. Липаев В.В. Надежность и функциональная безопасность комплексов программ реального времени (для магистров) [Электронный ресурс]/ Липаев В.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2015.— 207



3. Управление процессами в операционных системах Windows и Linux [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника/ — Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 48 с.

**б) дополнительная литература:**

1. Гриценко Ю.Б. Системы реального времени [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гриценко Ю.Б.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2009.— 256 с.

2. Голубев, Андрей Сергеевич. Системы реального времени [Электронный ресурс] : конспект лекций / А. С. Голубев ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра физики и прикладной математики .— Электронные текстовые данные (1 файл : 1,95 Мб) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 128 с. : ил., табл. — Заглавие с титула экрана .— Электронная версия печатной публикации .— Библиогр.: с. 126 .— Свободный доступ .— Adobe Acrobat Reader 4.0 .

3. Олифер, Виктор Григорьевич. Сетевые операционные системы : учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер .— 2-е изд. — Санкт-Петербург : Питер, 2009 .— 668 с. : ил., табл. — (Учебник для вузов) .— Библиогр.: с. 650-651 .— Алф. указ.: с. 652-668 .— ISBN 978-5-91180-528-9.

**в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. QNX - POSIX-совместимая операционная система реального времени (основной веб-сайт): <http://www.qnx.com/>
2. Русскоязычный сайт, посвященный ОС QNX: <http://qnx.org.ru/>
3. Электронный курс «Основы операционных систем» К.А. Коньков, В.Е. Карпов <http://www.intuit.ru/department/os/osintro/>
4. И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.Н. Пономаренко Операционные системы реального времени [http://www.citforum.ru/operating\\_systems/rtos/](http://www.citforum.ru/operating_systems/rtos/)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**


Лекционные аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

Рабочую программу составил: доцент кафедры ФиПМ  А.С. Голубев

Рецензент (представитель работодателя)  Квасов Д.С.  
Исполнительный директор ООО "ИС Сервис"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
протокол № 11А от « 17 » 04 2015 года.

Заведующий кафедрой  С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем  
протокол № 11А от « 17 » 04 2015 года.

Председатель комиссии  С.М. Аракелян

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_