



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

Институт математики и информационных технологий  
Кафедра информационных технологий

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Директор ИМИТ ИГУ  
*М. В. Фалалеев*  
**М. В. Фалалеев**  
**«17» мая 2023 г.**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Б1.В.14 Системы реального времени**

Направление подготовки 02.03.02 Математическое обеспечение и  
администрирование информационных систем

Направленность (профиль) подготовки Математическое обеспечение и  
администрирование информационных систем

Квалификация выпускника бакалавр

Форма обучения очная

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели: освоение студентами фундаментальных знаний в области систем, реального времени, встроенных систем, аппаратного и программного обеспечения современных микроконтроллеров.

Задачи: познакомить студентов с одним из широко распространенных (в т.ч. и в коммерческой среде) направлений развития информационных технологий - системами реального времени. В рамках курса изучаются их программные и аппаратные особенности, создаются модели программного и аппаратного обеспечения. В рамках курса студенту дается выбор варианта представления лабораторных работ: а) лабораторные работы связанные с моделированием программного обеспечения СРВ, например, целочисленные алгоритмы, либо самостоятельная разработка небольшого аппаратного комплекса на основе современных микроконтроллеров фирмы ATMEL (ATMega8A, ATMega16, ATMega128), а также других микроконтроллеров.

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

Учебная дисциплина Б1.В.14 Системы реального времени относится к части Блока 1 образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем:

ПК-2 Способность проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности;

ПК-3 Способен применять современные информационные технологии при проектировании, реализации, оценке качества и анализа эффективности программного обеспечения для решения задач в различных предметных областях.

## 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных ед., 144 час.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

| Раздел дисциплины / тема  | Виды учебной работы                            |              |                |                | Формы текущего контроля; Формы промежут. аттестации |
|---|--|--------------|----------------|----------------|---|
|   | Контактная работа преподавателя с обучающимися |              |                | Самост. работа |   |
|   | Лекции   | Лаб. занятия | Практ. занятия |                |   |
| Тема 1. Введение. Определение систем реального времени. Особенности систем СРВ. |  | 6            | 6              | 9              |   |
| Тема 2. Средства и технологии систем реального времени (СРВ).                   |  | 6            | 6              | 9              |   |
| Тема 3. Аппаратные средства СРВ.  |  | 6            | 6              | 9              |   |
| Тема 4. Операционные системы РВ. Планировщик времени процессора. POSIX.         |  | 6            | 6              | 9              |   |
| Тема 6. Структуры данных СРВ. Доступ к аппаратным средствам.                    |  | 6            | 6              | 9              |   |
| Тема 7. Протоколы обмена информацией в СРВ.                                     |  | 10           | 10             | 11             |   |
| Итого (8 семестр):  |  | 40           | 40             | 56             | зач.с оц.   |

### 4.2. Содержание учебного материала

Тема 1. Введение. Определение систем реального времени. Особенности систем СРВ.

Информационно-управляющие системы. Определение системы реального времени. Классификации систем реального времени. Функция значимости результата. Обобщенная модель функции значимости. Вычисления с использованием внешних устройств и физических процессов. Микроэкономика разработки встроенных устройств.

Тема 2. Средства и технологии систем реального времени (СРВ).

Вычислительные системы общего назначения и встроенные вычислительные системы. Аппаратное обеспечение СРВ. Операционные системы РВ. Алгоритмы и методики программирования в режиме СРВ. Программные библиотеки и стандарты СРВ. Языки и системы программирования. Методы проектирования СРВ. Удаленный методы отладки программ и средства отладки, JTAG. Протоколы обмена информацией в реальном времени.

Тема 3. Аппаратные средства СРВ.

Архитектура. Фон-Неймана (Фон-Цузе) и Гарвардская архитектура. Микроконтроллеры. Особенности микроконтроллеров. Аппаратные средства обеспечения взаимодействия вычислительной системы с периферийными устройствами. Протоколы обмена информацией, адаптированные для микроконтроллеров. Особенности схемотехники микроконтроллеров и периферийных устройств. Сигналы и их физическое представление. Схемы сопряжения сигналов. Введение в схемотехнику пассивных и активных электронных компонент.

Тема 4. Операционные системы РВ. Планировщик времени процессора. POSIX.

Общие особенности операционных систем РВ. ОС DOS, QNX, VxWorks, Windows NT, Windows CE, RTLinux, FreeRTOS. Процесс. Поток исполнения (нить). Ресурсы процесса и нити. Состояние процесса/задачи/потока. Многозадачность. Реализация переключения задач в FreeRTOS. Управление прерываниями в многозадачной системе. Вытесняющая многозадачность. Понятие распределения ресурсов. Файловая система. Обмен информацией между процессами: потоки данных (pipe), сообщений (messages), общая память (shmem, memmap). Стандарты POSIX. Синхронизация исполнения процессов: семафоры, критические секции, барьеры, точки рандеву. Планировщики процессов. Планировка на основе распределения времени по приоритетам. Планировщик на основе критического времени исполнения процессов. Другие виды планировщиков. Комбинирование планировщиков. Инверсия приоритетов процесса. Наследование приоритета. Утилизация процессора. Тема 5. Языки программирования СРВ и их свойства.

Специализированные системы программирования для СРВ. Языки программирования OCCAM, JAVA, FORTH, ADA, ASSEMBLER. Операторы языка ADA для поддержки чисел с фиксированной запятой. Наследование типов, подтипы. Поддержка многозадачности. Атрибуты языковых структур в языке С для поддержки не-Фон-Неймановских архитектур.

Тема 6. Структуры данных СРВ. Доступ к аппаратным средствам.

Время, структуры данных для представления времени. Тактовые генераторы, счетчики инструкций процессора. Время процессора. Реальное время. Задержки и таймауты, watchdog. Измерение времени выполнения программы. Организация периодических событий. Точность измерения времени. Время реакции. Анализ вероятности отказа СРВ. Анализ надежности, общие понятия.

Тема 7. Протоколы обмена информацией в СРВ.

Среда микроконтроллеров (Controller Area Network, CAN). Архитектура распределенной среды микроконтроллеров. Логический уровень, доминантные и рецессивные биты. Схемотехника физического уровня. Пакеты передачи информации. Примеры систем. Протокол RTP (Real-time Transport Protocol). Реализация протокола и структура пакета. Мультиточечная маршрутизация multicast в сетях передачи мультимедийных данных. Протокол NTP и его настройка.

#### **4.3. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

– закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

**Подготовка к лекции.** Качество освоения содержания конкретной дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине. Время на подготовку студентов к двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к практическому занятию.** Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. Студенты должны дома подготовить к занятию 3–4 примера формулировки темы исследования, представленного в монографиях, научных статьях, отчетах. Затем они самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого практического занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к практическому занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к семинарскому занятию.** Самостоятельная подготовка к семинару направлена: на развитие способности к чтению научной и иной литературы; на поиск дополнительной информации, позволяющей глубже разобраться в некоторых вопросах; на выделение при работе с разными источниками необходимой информации, которая требуется для полного ответа на вопросы плана семинарского занятия; на выработку умения правильно выписывать высказывания авторов из имеющихся источников информации, оформлять их по библиографическим нормам; на развитие умения осуществлять анализ выбранных источников информации; на подготовку собственного выступления по обсуждаемым вопросам; на формирование навыка оперативного реагирования на разные мнения, которые могут возникать при обсуждении тех или иных научных проблем. Время на подготовку к семинару по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к коллоквиуму.** Коллоквиум представляет собой коллективное обсуждение раздела дисциплины на основе самостоятельного изучения этого раздела студентами. Подготовка к данному виду учебных занятий осуществляется в следующем порядке. Преподаватель дает список вопросов, ответы на которые следует получить при изучении определенного перечня научных источников. Студентам во внеаудиторное время необходимо прочитать специальную литературу, выписать из нее ответы на вопросы, которые будут обсуждаться на коллоквиуме, мысленно сформулировать свое

мнение по каждому из вопросов, которое они выскажут на занятии. Время на подготовку к коллоквиуму по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к контрольной работе.** Контрольная работа назначается после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой совокупность развернутых письменных ответов студентов на вопросы, которые они заранее получают от преподавателя. Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя: — изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется контрольной работой; повторение учебного материала, полученного при подготовке к семинарским, практическим занятиям и во время их проведения; изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний; составление в мысленной форме ответов на поставленные в контрольной работе вопросы; формирование психологической установки на успешное выполнение всех заданий. Время на подготовку к контрольной работе по нормативам составляет 2 часа.

**Подготовка к зачету.** Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: перечитать все лекции, а также материалы, которые готовились к семинарским и практическим занятиям в течение семестра, соотнести эту информацию с вопросами, которые даны к зачету, если информации недостаточно, ответы находят в предложенной преподавателем литературе. Рекомендуются делать краткие записи. Время на подготовку к зачету по нормативам составляет не менее 4 часов.

**Подготовка к экзамену.** Самостоятельная подготовка к экзамену схожа с подготовкой к зачету, особенно если он дифференцированный. Но объем учебного материала, который нужно восстановить в памяти к экзамену, вновь осмыслить и понять, значительно больше, поэтому требуется больше времени и умственных усилий. Важно сформировать целостное представление о содержании ответа на каждый вопрос, что предполагает знание разных научных трактовок сущности того или иного явления, процесса, умение раскрывать факторы, определяющие их противоречивость, знание имен ученых, изучавших обсуждаемую проблему. Необходимо также привести информацию о материалах эмпирических исследований, что указывает на всестороннюю подготовку студента к экзамену. Время на подготовку к экзамену по нормативам составляет 36 часов для бакалавров.

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Литература, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Редькин П. П. Микроконтроллеры Atmel архитектуры AVR32 семейства AT32UC3 [Текст] : руководство пользователя / . - М. : Техносфера, 2010. - 782 с. : ил. + 1 эл. опт. диск (DVD-ROM). - (Мир электроники). - Библиогр.: с. 782

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

### **6.1. Учебная аудитория для проведения:**

- занятий лекционного типа,
- занятий семинарского (практического) типа,
- групповых и индивидуальных консультаций,
- текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оснащение:

Учебная аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, для проведения занятий лекционного типа, практических занятий (семинарского типа), курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Для проведения занятий лекционного типа обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.

### **6.2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.**

Оснащение:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные учебной мебелью. Рабочие места обучающихся оборудованы компьютерной техникой и подключены в локальную вычислительную сеть, в т.ч. с использованием беспроводного Wi-Fi подключения, с возможностью выхода в глобальную сеть Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду.

### **6.3. Программное обеспечение**

Приложение для чтения PDF-файлов, браузер для просмотра интернет контента, приложение для создания PDF-файлов.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **7.1. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

**Список вопросов для промежуточной аттестации:**

1. Понятие Информационно-управляющей системы.
2. Определение системы реального времени. Классификации систем реального времени.
3. Функция значимости результата. Обобщенная модель функции значимости.
4. Архитектуры аппаратного обеспечения СРВ.
5. Операционные системы РВ. Микроядерные архитектуры. Особенности ОС РВ.
6. Характеристики языков и систем программирования для СРВ.
7. Методы проектирования СРВ. V-образная модель разработки встроенных систем.
8. Технологии удаленной отладки программ и средства отладки, JTAG.
9. Архитектура Фон-Неймана (Фон-Цузе) и Гарвардская архитектура. Микроконтроллеры.
10. Микроконтроллеры. Особенности микроконтроллеров как вычислительной системы.
11. Периферийные интерфейсы микроконтроллеров. Кодирование сигналов.
12. Общие особенности операционных систем РВ. Охарактеризовать ОС DOS, QNX, VxWorks, Windows NT, Windows CE, RTLinux, FreeRTOS.
13. Понятие процесса и потока исполнения (нити). Ресурсы процесса и нити.
14. Состояние процесса/задачи/потока. Многозадачность.
15. Реализация переключения задач в FreeRTOS.
16. Управление прерываниями в многозадачной системе.
17. Вытесняющая и карусельная многозадачность.
18. Распределение ресурсов в ОС. Файловая система.
19. Обмен информацией между процессами: потоки данных (pipe), сообщений (messages), общая память (shmem, memmap).

20. Стандарт POSIX: определение, версии и разделы..
21. Синхронизация исполнения процессов: семафоры, критические секции, барьеры, точки рандеву.
22. Планировщики процессов. Утилизация процессора.
23. Планировка процессорного времени на основе распределения времени по приоритетам.
24. Планировка процессов на основе критического времени исполнения процессов.
25. Комбинирование планировщиков.
26. Инверсия приоритетов процесса. Наследование приоритета.
27. Языки программирования JAVA, FORTH, ADA, ASSEMBLER.
28. Операторы языка ADA для поддержки чисел с фиксированной запятой.
29. ADA. Наследование типов, подтипы. Поддержка многозадачности.
30. Атрибуты языковых структур в языке C для поддержки не-Фон-Неймановских архитектур..
31. Время, структуры данных для представления времени.
32. Тактовые генераторы, счетчики инструкций процессора.
33. Измерение времени процессора, процесса. Реальное время. Измерение времени выполнения программы.
34. Задержки и таймауты, watchdog. Организация периодических событий.
35. Точность измерения времени. Время реакции.
36. Анализ вероятности отказа СРВ. Анализ надежности, общие понятия..
37. Среда микроконтроллеров (Controller Area Network, CAN). Архитектура распределенной среды микроконтроллеров.
38. Логический уровень CAN, доминантные и рецессивные биты. Схемотехника физического уровня.
39. Пакеты передачи информации в CAN.
40. Протокол RTP (Real-time Transport Protocol). Реализация протокола и структура пакета. Мультиточечная маршрутизация multicast в сетях передачи мультимедийных данных.