**Программа курса**

|  |  |
| --- | --- |
| Название | Основы проектирования операционных систем: лабораторный практикум на xv6 под RISC-V |
| Авторы | Ловягин Никита Юрьевич |
| Краткая аннотация | В курсе на практике изучаются основы функционирования и проектирования операционных систем на примере учебной операционной системы MIT xv6. Практикум включает в себя выполнение лабораторных заданий на программирование компонентов ОС xv6 на ассемблере RISC-V и языке Си. |
| Более подробное описание | Курс представляет собой лабораторный практикум по операционным системам. Главная цель курса — на практике познакомить с принципам проектирования, реализации и функционирования основных компонентов ядра ОС: системными вызовами, управлением процессами, управлением памятью, обработкой прерываний, механизмами синхронизации, межпроцессным взаимодействием, файлами и файловыми системами, а также некоторыми особенностями программирования в пространстве ядра ОС.  Учебная операционная система (ОС) xv6, используемая в качестве платформы для выполнения лабораторных заданий курса, создана в Массачусетском технологическом институте (MIT) и позиционируется как современная реализация версии 6 ОС UNIX. Операционная система разрабатывается для процессоров архитектуры RISC-V и может быть запущена на виртуальной машине QEMU на настольных (десктопных) и портативных (ноутбуках, нетбуках) компьютерах.  Лабораторный практикум включает в себя выполнение заданий на программирование компонентов ядра и пользовательского пространства ОС xv6 на ассемблере RISC-V и языке Си.  Курс является общим и предоставляет базу для дальнейшего изучения проектирования и разработки компонентов и модулей ядра различных операционных систем для различных архитектур CPU, включая десктопные ОС на базе Linux, ОС для встроенных систем с архитектурой RISC-V и др. |
| Цель курса | Изучение на практике принципов проектирования, реализации и функционирования основных компонентов ядра ОС, особенностей программирования в пространстве ядра ОС. Заложение базы для дальнейшего изучения проектирования и разработки компонентов и модулей ядра различных операционных систем для различных архитектур CPU, включая десктопные ОС на базе Linux, ОС для встроенных систем с архитектурой RISC-V и др. |
| Образовательное направление | 01.03.02 Прикладная математика и информатика 02.03.01 Математика и компьютерные науки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем |
| Рекомендуется студентам (для кого предназначен) | 2-3 курс |
| Длительность | 1 семестр |
| Объем лекций (часов) | нет |
| Объем семинаров (часов) | 16 ч |
| Практикумы (часов) | нет |
| Лабораторные работы (часов) | 16 ч |
| Тесты (наличие) | нет |
| Итоговый экзамен (наличие) | нет |
| Предварительные знания | Основы программирования на языке Си, базовое использование ОС семейства UNIX и командной строки, а также использование систем контроля версий Git и средств сборки на базе GNU Compiler Collection (gcc), Debuger (gdb) и Make. |
| Планируемые результаты обучения | 1. Знание принципов проектирования, реализации и функционирования основных компонентов ядра ОС (системные вызовы, управление процессами, управление памятью, обработка прерываний, примитивы синхронизации, межпроцессное взаимодействие, файлы и файловые системы).  2. Умения и навыки написания программного кода в пространстве ядра ОС. |
| Содержание учебной дисциплины, примерный план | * таблица ниже |
| Элементы текущего контроля и итогового тестирования | Аттестация по курсу проводится по итогам выполнения лабораторных работ |
| Список литературы (основная, дополнительная) | Основная литература  1. Эндрю Таненбаум, Херберт Бос «Современные операционные системы», 4-е издание.  2. Эндрю Таненбаум, Херберт Бос «Современные операционные системы», 3-е издание (содержит описание систем реального времени, исключенное в 4 издании).  3. Andrew Waterman, Krste Asanović (Editors) «The RISC-V Instruction Set Manual». Volume I: User-Level ISA (набор инструкций непривилегированного режима), Volume II: Privileged Architecture (архитектура привилегированного режима).  4. Russ Cox, Frans Kaashoek and Robert Morris «xv6: a simple, Unix-like teaching operating system».  Дополнительная литература  1. David Patterson and Andrew Waterman «The RISC-V Reader: An Open Architecture Atlas».  2. SHAKTI Development Team «RISC-V ASSEMBLY LANGUAGE. Programmer Manual. Part I».  3. Эндрю Таненбаум, Альберт Вудхалл «Операционные системы: разработка и реализация». |
| Использованы материалы, распространяемые под лицензией | Данный учебный курс использует фрагменты и модификации исходного кода ОС xv6, распространяемые под лицензией MIT |

### Содержание учебной дисциплины, примерный план

|  |  |
| --- | --- |
| Номер | Тема, информация |
| 1 | Занятие 1. Введение. (сем. 1 ч., лаб. раб. 1 ч., сам. работа 4 часа) |
| Знакомство с xv6, установка, запуск, обзор. Коды компонентов ядра и программ пользовательского пространства на Си и RISC-V ассемблере. Системные вызовы в xv6. |
| 2 | Занятие 2. Создание приложений пользовательского пространства в xv6 (сем. 2 ч., лаб. раб. 2 ч., сам. работа 8 часов) |
| Создание программ в пользовательском пространстве с исходным кодом на Си и RISC-V, использование функций библиотеки пользовательского пространства и системных вызовов. Файловый ввод и вывод, операции со строками. |
| 3 | Занятие 3. Создание и взаимодействие процессов (сем. 2 ч., лаб. раб. 2 ч., сам. работа 8 часов) |
| Понятие процесса. Запуск, завершение и ожидание процессов. Межпроцессное взаимодействие. Использование сигналов и каналов. Работа с процессами и анонимными каналами в xv6. |
| 4 | Занятие 4. Системные вызовы (сем. 1 ч., лаб. раб. 1 ч., сам. работа 4 часа) |
| Понятие изоляции и системных вызовов. Создание новых системных вызовов в xv6. Параметры системных вызовов. Обмен данными между пространством ядра и пространством пользователя. |
| 5 | Занятие 5. Системные вызовы (сем. 1 ч., лаб. раб. 1 ч., сам. работа 4 часа) |
| Понятие изоляции и системных вызовов. Создание новых системных вызовов в xv6. Параметры системных вызовов. Обмен данными между пространством ядра и пространством пользователя. |
| 6 | Занятие 6. Управление процессами, синхронизация процессов (сем. 2 ч., лаб. раб. 2 ч., сам. работа 8 часов) |
| Контекст процесса, планирование процессов, завершение процессов, синхронизация процессов, блокировки. Управление процессами в xv6, таблица процессов, состояния процессов. Примитивы синхронизации в xv6: спин-блокировки, спящие блокировки: реализация и применение. |
| 7 | Занятие 7. Ловушки: прерывания, ошибки и исключения (сем. 2 ч., лаб. раб. 2 ч., сам. работа 8 часов) |
| Ловушки в архитектуре RISC-V: ошибки, исключения, аппаратные и программные прерывания, прерывания таймера, системные вызовы. Обработка ловушек в xv6. Точка входа в ОС. Протоколирование событий времени работы ОС. |
| 8 | Занятие 8. Управление памятью (сем. 1 ч., лаб. раб. 1 ч., сам. работа 4 часа) |
| Трансляция адреса, страничная адресация памяти в RISC-V. Управление физической памятью и виртуальным адресным пространством процесса в xv6. |
| 9 | Занятие 9. Символьные устройства ввода/вывода (сем. 1 ч., лаб. раб. 1 ч., сам. работа 4 часа) |
| Понятие устройства, символьные и блочные устройства. Драйвер устройства. Драйвера символьных устройств в xv6. |
| 10 | Занятие 10. Блочные устройства и файловые системы (сем. 2 ч., лаб. раб. 2 ч., сам. работа 8 часов) |
| Блочные и символьные устройства. Физические блоки и блоки файловой системы, индексные дескрипторы, типы файлов, файлы и каталоги, жесткие и символические ссылки. Журналированные файловые системы. Файловая система в xv6. |
| 11 | Занятие 11. Ввод и вывод (сем. 1 ч., лаб. раб. 1 ч., сам. работа 4 часа) |
| Ввод и вывод посредством отображения в память в RISC-V. Работа с часами реального времени. |

Разработка данных учебных материалов (учебный курс, учебное пособие) выполнена автором (Ловягин Никита Юрьевич) в рамках конкурса грантов [Альянса RISC-V](https://riscv-alliance.ru/) и допускается к использованию под лицензией [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru).