

ПРЕДИСЛОВИЕ

НОВОЕ В ДЕВЯТОМ ИЗДАНИИ

С момента публикации восьмого издания этой книги в области операционных систем наблюдаются непрерывные нововведения и улучшения. В этой, новой, редакции я попытался уделить внимание этим изменениям при сохранении всеобъемлющего характера охвата всей рассматриваемой области. Процесс пересмотра начался с того, что восьмое издание книги было всесторонне проанализировано рядом профессоров, преподающих этот предмет, и работающими в данной области профессионалами. В результате было уточнено множество мест книги, улучшены иллюстрации, а описания стали более строгими.

Помимо этих уточнений, для повышения дидактического уровня и удобочитаемости техническое содержание книги было кардинально обновлено, чтобы отразить все произошедшие в данной захватывающей области изменения. Самые заметные изменения книги включают следующее.

- **Обновление материала о Linux.** Материал о Linux был обновлен и расширен для отражения изменений, происшедших с ядром Linux после выхода восьмого издания.
- **Обновление материала об Android.** Материал об Android был обновлен и расширен для отражения изменений, происшедших с ядром Android после выхода восьмого издания.
- **Новый материал о виртуализации.** Глава о виртуальных машинах полностью переписана, чтобы обеспечить лучшую организацию материала, а также большее его соответствие последним разработкам в этой области. Кроме того, добавлен новый раздел по использованию контейнеров.
- **Новые облачные операционные системы.** Новинкой в этом издании является описание облачных операционных систем, включающее обзор облачных вычислений, обсуждение принципов и требований к облачным операционным системам, а также рассмотрение OpenStack, популярной облачной операционной системы с открытым исходным кодом.
- **Новые операционные системы для Интернета вещей.** Еще одной новинкой этого издания являются операционные системы для Интернета вещей (Internet of Things — IoT). Книга включает обзор IoT, обсуждение принципов и требований к операционной системе IoT и обсуждение RIOT, популярной операционной системы IoT с открытым исходным кодом.
- **Обновленные и расширенные встраиваемые операционные системы.** Эта глава существенно переработана и дополнена.
 - Раздел о встраиваемых системах расширен и теперь включает в себя обсуждение микроконтроллеров и глубоко встраиваемых систем.
 - Обзорный раздел о встраиваемых операционных системах расширен и обновлен.
 - Расширено рассмотрение встраиваемых систем Linux; добавлено обсуждение популярной встраиваемой системы Linux — μ Linux.
- **Параллельные вычисления.** В руководство по проектам добавлены новые проекты, призванные помочь студентам лучше понять принципы параллелизма.

Цели

Эта книга — о концепциях, структурах и механизмах операционных систем. Ее цель — максимально ясно и полно представить природу и характеристики современных операционных систем.

Это очень сложная задача по целому ряду причин. Во-первых, имеется огромный ассортимент и разнообразие компьютеров, для которых предназначены эти операционные системы. К ним относятся встраиваемые системы, смартфоны, однопользовательские рабочие станции и персональные компьютеры, разделяемые системы среднего размера, большие ЭВМ, суперкомпьютеры и специализированные машины, такие как системы реального времени. Разнообразие ограничивается не только емкостью и скоростью машин, но и областями их применения и требованиями системы сопровождения. Во-вторых, стремительные перемены, которые всегда были характерны для компьютерных систем, продолжаются и в настоящее время. Ряд ключевых областей в проектировании операционных систем имеют совсем недавнее происхождение, и исследования этих и других новых областей продолжается и сегодня.

Несмотря на это разнообразие и темпы изменений, некоторые фундаментальные концепции последовательно применяются во всех операционных системах. Конечно, применение этих концепций зависит от текущего состояния технологий и требований конкретного приложения. Цель этой книги — представить тщательное рассмотрение основ проектирования операционных систем и связать их с вопросами современного проектирования операционных систем и текущими направлениями в их разработке.

ПРИМЕРЫ СИСТЕМ

Книга предназначена для знакомства читателя с принципами проектирования и аспектами реализации современных операционных систем. Соответственно, чисто концептуальное или теоретическое рассмотрение будет неадекватным. Для иллюстрации концепций и связи их с реальным проектированием и выбором методов и технологий, которые должны быть при этом сделаны, в качестве работающих практических примеров операционных систем выбраны следующие.

- **Windows.** Многозадачная операционная система для персональных компьютеров, рабочих станций, серверов и мобильных устройств. Эта операционная система включает в себя многие из последних достижений в области технологий операционных систем. Кроме того, Windows является одной из первых важных коммерческих операционных систем, которые основаны на принципах объектно-ориентированного проектирования. Эта книга охватывает технологии, используемые в версии Windows, известной как Windows 10.
- **Android.** Операционная система Android предназначена для встраиваемых устройств, в частности для мобильных телефонов. В книге приводится подробная информация о внутреннем устройстве Android и особое внимание уделяется уникальным требованиям встраиваемой среды.
- **UNIX.** Это многопользовательская операционная система, изначально предназначавшаяся для мини-компьютеров, но реализованная для широкого спектра машин — от мощных микрокомпьютеров до суперкомпьютеров. В качестве приме-

ров включены несколько видов UNIX. Одной из широко используемых систем является FreeBSD, которая включает в себя многие современные возможности. Еще одной широко используемой коммерческой версией UNIX является Solaris.

- **Linux.** Широко используемая версия UNIX с открытым исходным кодом.

Эти системы были выбраны с учетом их актуальности и представительности. Обсуждение перечисленных операционных систем разбросано по всему тексту, а не сконцентрировано в виде отдельной главы или приложения. Таким образом, в ходе обсуждения параллелизма описаны механизмы параллелизма каждого из образцов систем и рассматривается мотивация выбора того или иного индивидуального дизайна. При таком подходе концепции проектирования, рассматриваемые в каждой конкретной главе, оказываются подкрепленными примерами из реальной жизни. Для удобства все материалы по каждой из систем доступны также в виде онлайн-документации.

ПОДДЕРЖКА КУРСА ACM/IEEE COMPUTER SCIENCE CURRICULA 2013

Данная книга предназначена как для академической, так и для профессиональной аудитории. В качестве учебника она предназначена для одно- или двухсеместрового курса по операционным системам для специальностей информатики, вычислительной техники и электротехники. Это издание предназначено для использования в качестве одного из учебников для учебного курса ACM/IEEE computer science curricula 2013 (CS2013). Рекомендации CS2013 включают операционные системы как одну из тем данного курса. CS2013 делит весь курс на три уровня: первый уровень — все темы, которые должны быть включены в учебную программу, второй уровень — темы, которые желательно включить в программу, и избранные темы, для которых желательно обеспечить повышенные широту и глубину изложения. В области операционных систем CS2013 включает в себя две темы первого уровня, четыре — второго и шесть избранных тем, каждая из которых имеет ряд подтем. Книга охватывает все разделы и подразделы, перечисленные во всех трех категориях CS2013.

В табл. 1 показан охват книгой тем по операционным системам курса CS2013. Полный список подтем в каждой теме можно найти в файле CS2013-OS.pdf на сайте box.com/OS9e.

ПЛАН КНИГИ

Книга состоит из шести частей.

I. Основы

II. Процессы

III. Память

IV. Планирование

V. Ввод-вывод и файлы

VI. Дополнительные темы (встроенные ОС, виртуальные машины, безопасность ОС, операционные системы Интернета вещей и облачные операционные системы)

ТАБЛИЦА 1. ТЕМЫ ПО ОПЕРАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ КУРСА CS2013

Тема (уровень)	Материал книги по данной теме
Обзор операционных систем (уровень 1)	Глава 2, “Обзор операционных систем”
Принципы операционных систем (уровень 1)	Глава 1, “Обзор компьютерной системы” Глава 2, “Обзор операционных систем”
Параллельность (уровень 2)	Глава 5, “Параллельные вычисления: взаимoisключения и многозадачность” Глава 6, “Параллельные вычисления: взаимоблокировка и голодание” Приложение А, “Вопросы параллельности” Глава 18, “Распределенная обработка, вычисления «клиент/сервер» и кластеры”
Планирование и диспетчеризация (уровень 2)	Глава 9, “Однопроцессорное планирование” Глава 10, “Многопроцессорное планирование и планирование реального времени”
Управление памятью (уровень 2)	Глава 7, “Управление памятью” Глава 8, “Виртуальная память”
Безопасность и защита (уровень 2)	Глава 15, “Безопасность операционных систем”
Виртуальные машины (избранные темы)	Глава 14, “Виртуальные машины”
Управление устройствами (избранные темы)	Глава 11, “Управление вводом-выводом и планирование дисковых операций”
Файловые системы (избранные темы)	Глава 12, “Управление файлами”
Системы реального времени и встроенные системы (избранные темы)	Глава 10, “Многопроцессорное планирование и планирование реального времени” Глава 13, “Встроенные операционные системы” Материалы по операционной системе Android по всей книге
Отказоустойчивость (избранные темы)	Раздел 2.5
Производительность систем (избранные темы)	Вопросы производительности, связанные с управлением памятью, планированием и другими областями, рассматриваемые по всей книге

Книга включает многочисленные рисунки и таблицы, облегчающие восприятие материала. Каждая глава содержит список ключевых слов, обзор вопросов и домашние задания. Книга также включает обширный словарь терминов, список часто используемых сокращений и библиографию. Кроме того, для преподавателей доступен банк тестов.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Основная цель книги — быть эффективным средством обучения по этой фундаментальной, но все еще находящейся в непрерывном развитии теме. Эта цель находит свое отражение в структуре книги и вспомогательных материалах. Книга сопровождается следующими дополнительными материалами в помощь преподавателю.

- **Ответы и решения.** Ответы на вопросы и решения задач, предлагаемых в конце каждой главы.
- **Руководство по проектам.** Предлагаемые проекты для всех категорий проектов, перечисленных в этом предисловии.
- **Слайды PowerPoint.** Набор слайдов, охватывающих материал всех глав и пригодных для демонстрации на лекциях.
- **PDF-файлы.** Репродукции всех рисунков и таблиц в книге.
- **Банк тестов.** Множество вопросов ко всем главам с отдельными файлами ответов.
- **Видеопримечания по параллельным вычислениям.** Профессора вечно утверждают, что параллелизм — самая сложная для понимания студентами концепция в области операционных систем. Издание сопровождается рядом видеолекций, обсуждающих различные алгоритмы параллельных вычислений, рассматриваемых в книге.
- **Примерные программы обучения.** Текст содержит больше материала, чем может быть охвачено в пределах одного семестра. Соответственно, преподаватели обеспечиваются несколькими вариантами учебных программ, которые определяют, как использовать книгу в течение ограниченного времени. Эти примеры основаны на реальном опыте ряда профессоров, работавших с седьмым изданием книги.

Все эти материалы доступны в **Центре ресурсов для преподавателей** (Instructor Resource Center — IRC) этого учебника, доступ к которому можно получить через веб-сайт издателя www.pearsonhighered.com/stallings или по ссылке *Pearson Resources for Instructors* на сайте автора книги по адресу WilliamStallings.com/OperatingSystems. Чтобы получить доступ к IRC, обратитесь к местному представителю Pearson через страницу pearsonhighered.com/educator/relocator/requestSalesRep.page или позвоните в Pearson Faculty Services по номеру 1-800-526-0485.

Сайт автора WilliamStallings.com/OperatingSystems предлагает следующее:

- ссылки на сайты других курсов;
- подписка на список рассылки для преподавателей для обмена информацией, предложениями и вопросами друг с другом и с автором.

ПРОЕКТЫ И УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Для многих преподавателей важным компонентом курса по операционным системам является проект или ряд проектов, при работе над которыми студент получает практический опыт, закрепляющий знания концепций из текста книги. В онлайн-части текста предложены два основных программных проекта. Кроме того, во вспомогательных материалах для преподавателей, доступных через Pearson, имеется не только руководство о том, как распределять и структурировать различные проекты, но и набор руководств пользователя для различных типов проектов, а также конкретные задания, написанные специально для этой книги. Преподаватели могут давать студентам задания в следующих областях:

- **Проект OS/161:** описан ниже.
- **Имитационные проекты:** описаны ниже.
- **Проекты с семафорами:** призваны помочь учащимся понять концепции параллелизма, включая состояния гонки, голодание и взаимоблокировку.
- **Проекты ядра:** IRC включает полную поддержку преподавателя для двух различных наборов проектов программирования ядра Linux, а также набор проектов программирования ядра Android.
- **Программные проекты:** описаны ниже.
- **Исследовательские проекты:** серия исследовательских проектов, которые требуют от студентов провести поиск информации по конкретной теме в Интернете и написать отчет.
- **Задания по работе со статьями:** список статей, которые можно дать студентам для чтения и написания отчетов или докладов.
- **Письменные задания:** список письменных заданий для облегчения изучения материала.
- **Темы для дискуссий:** темы, которые можно использовать в классе, чате или на форуме для углубленного изучения некоторых тем и повышения уровня сотрудничества студентов.

Кроме того, представлена информация о пакете программного обеспечения VASCI, который служит в качестве каркаса для изучения механизмов параллелизма.

Этот разнообразный набор проектов и другие упражнения для студентов позволяют преподавателю использовать книгу как один из компонентов обучения, адаптировав курс к конкретным потребностям преподавателя и студентов. Подробности — в приложении Б, “Проекты в области программирования и операционных систем”.

OS/161

Это издание обеспечивает поддержку компонента активного обучения на основе OS/161. OS/161 — учебная операционная система, которая все шире и шире применяется в качестве платформы для обучения внутреннему устройству операционных сис-

тем. Она обеспечивает накопление студентами опыта работы с реальной операционной системой, не подавляя их сложностями полноценной операционной системы, такой как Linux. По сравнению с реальными операционными системами OS/161 невелика (около 20 тысяч строк кода и комментариев) и, следовательно, гораздо проще для понимания студентами.

IRC включает следующее.

1. Упакованный набор html-файлов, которые преподаватель может загрузить на сервер учебного курса для доступа студентов.
2. Начальное руководство для студентов, призванное помочь им начать работать с OS/161.
3. Комплект упражнений с использованием OS/161 для студентов.
4. Типовые решения для каждого упражнения, предназначенные для преподавателя.
5. Все эти материалы связаны перекрестными ссылками с соответствующими разделами книги, так что студент может читать материал учебника, а затем выполнять соответствующий проект OS/161.

МОДЕЛИРОВАНИЕ

IRC обеспечивает поддержку набора семи проектов, связанных с **моделированием**, которые охватывают ключевые области проектирования операционных систем. Студент может использовать набор пакетов моделирования для анализа особенностей дизайна операционной системы. Имитаторы написаны на Java и могут выполняться как локальное Java-приложение или как онлайн-приложение через браузер. IRC включает конкретные задания, которые можно давать студентам, точно указывая им, что они должны сделать и какие результаты ожидаются.

ПРОГРАММНЫЕ ПРОЕКТЫ

Это издание обеспечивает также поддержку проектов по программированию. В книге описаны два крупных программных проекта — создание оболочки, или интерпретатора командной строки, а также построение диспетчера процессов. IRC предоставляет дополнительные сведения и пошаговые упражнения для разработки этих программ.

В качестве альтернативы преподаватель может предложить студентам более обширный ряд проектов, которые охватывают различный изложенный в книге материал. Студенты обеспечиваются подробными инструкциями по выполнению каждого из проектов. Кроме того, для студентов имеется ряд домашних заданий, которые затрагивают вопросы, относящиеся к каждому проекту.

Наконец, представленная на IRC документация по проектам включает ряд программных проектов, которые охватывают широкий спектр тем и которые могут быть реализованы на любом подходящем языке на любой платформе.

ОНЛАЙН-ДОКУМЕНТАЦИЯ И ВИДЕОПРИМЕЧАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В этом издании значительное количество оригинальных вспомогательных материалов для студентов сделано доступным онлайн в двух местах. Веб-сайт автора WilliamStallings.com/OperatingSystems (ищите на нем ссылку *Student Resources*) включает список ссылок по тематике книги, организованных по главам, а также список известных опечаток.

Купив этот учебник*, читатель получит и двенадцатимесячный доступ к сайту сопровождения книги, который включает следующие материалы.

- **Онлайн-приложения.** Есть многочисленные интересные темы, которые расширяют материал в тексте книги, но включение которых в печатный текст не является оправданным. В общей сложности имеется 15 онлайн-приложений с дополнительными материалами для любознательных студентов.
- **Домашние задания и решения.** Чтобы помочь студентам в понимании материала, предоставляется отдельный набор домашних заданий с решениями.
- **Анимации.** Анимации обеспечивают мощный инструмент, облегчающий понимание сложных механизмов современных операционных систем. Для иллюстрации ключевых функций и алгоритмов в проектировании операционных систем используются в общей сложности 53 анимации — в главах 3, 5–9 и 11.
- **Видеопримечания.** Видеопримечания представляют собой видеоуроки, специально предназначенные для пошагового разъяснения программных концепций, представленных в этом учебнике. Книга сопровождается рядом видеолекций с обсуждением различных алгоритмов параллелизма, описанных в книге.

Чтобы получить доступ к этому содержанию сайта, щелкните на ссылке *Premium Content* на сайте сопровождения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Я хотел бы поблагодарить следующих людей за вклад в данную книгу. Большую часть нового материала о Linux предоставил Рами Розен (Rami Rosen). Винет Чадха (Vineet Chadha) внес большой вклад в новую главу о виртуальных машинах. Дургадосс Раманатан (Durgadoss Ramanathan) предоставил новый материал об Android ART.

Уже многие годы (и издания) в книге используются материалы от сотен преподавателей и специалистов, которые не пожалели своего драгоценного времени и щедро поделились своим опытом. Здесь я перечисляю тех, чья помощь в особенности способствовала написанию настоящего издания книги.

Всю или большую часть рукописи этого издания читали и обсуждали следующие преподаватели: Джянгу Гуо (Jiang Guo) (California State University, Los Angeles), Эврипид Монтань (Euripides Montagne) (University of Central Florida), Кихонг Парк (Kihong Park) (Purdue University), Мухаммед Абдус Салам (Mohammad Abdus Salam) (Southern University and A&M College), Роберт Марморштейн (Robert Marmorstein) (Longwood

* Речь идет об оригинальном издании книги. — *Примеч. пер.*

University), Кристофер Диас (Christopher Diaz) (Seton Hill University) и Барбара Брэкен (Barbara Bracken) (Wilkes University).

Благодарю всех, кто представил подробные технические обзоры для одной или нескольких глав: Нишей Аникар (Nischay Anikar), Эдри Джовин (Adri Jovin), Рон Мюниц (Ron Munitz), Фатих Эйуп Нар (Fatih Eyup Nar), Этт Пелтомаки (Atte Peltomaki), Дургадосс Раманатан (Durgadoss Ramanathan), Карлос Виллавейджа (Carlos Villavieja), Вей Ванг (Wei Wang), Сербан КонстантINESКУ (Serban Constantinescu) и Чен Янг (Chen Yang).

Спасибо также всем тем, кто представил подробные обзоры различных систем. Материалы по Android предоставили Кристофер Мицински (Kristopher Micinski), Рон Мюниц (Ron Munitz), Этт Пелтомаки (Atte Peltomaki), Дургадосс Раманатан (Durgadoss Ramanathan), Маниш Шакья (Manish Shakyа), Сэмюэль Симон (Samuel Simon), Вей Ванг (Wei Wang) и Чен Янг (Chen Yang). Материалы по Linux предоставили Тигран Айвазян (Tigran Aivazian), Кайван Биллимория (Kaiwan Billimoria), Питер Хьюви (Peter Huewe), Манмохан Манохаран (Manmohan Manoharan), Рами Розен (Rami Rosen), Неха Найк (Neha Naik) и Хуалинг Ю (Hualing Yu). Материалы по Windows предоставили Франсиско Котрина (Francisco Cotrina), Сэм Хайдар (Sam Haidar), Кристофер Кулеци (Christopher Kuleci), Бенни Олссон (Benny Olsson) и Дэйв Проберт (Dave Probert). Материалы по RIOT предоставили Эмманюэль Баччелли (Emmanuel Baccelli) и Каспар Шляйзер (Kaspar Schleiser), а по OpenStack — Боб Каллавей (Bob Callaway). Материал по eCos предоставлен Ником Гарнеттом (Nick Garnett) из eCosCentric; а Филип Левис (Philip Levis), один из разработчиков TinyOS, предоставил материалы по TinyOS. Сид Юнг (Sid Young) помог материалами по визуализации контейнеров. Эндру Петерсон (Andrew Peterson) из Университета в Торонто подготовил материалы по OS/161 для IRC. Джеймс Крейг Барли (James Craig Burley) разработал и записал видеопримечания.

Упражнения по моделированию подготовил Адам Кричли (Adam Critchley) (University of Texas), а Марк Спаркс (Matt Sparks) (University of Illinois) адаптировал набор задач по программированию для данной книги.

Лоури Браун (Lawrie Brown) из Australian Defence Force Academy подготовил материал по атакам с использованием переполнения буфера. Чинг-Куанг Шень (Ching-Kuang Shene) (Michigan Tech University) предоставил примеры, использованные в разделе о состоянии гонки. Трейси Камп (Tracy Camp) и Кейт Хеллман (Keith Hellman) (Colorado School of Mines) разработали новый набор домашних заданий. Кроме того, Фернандо Ариэль Гонт (Fernando Ariel Gont) разработал ряд новых домашних заданий.

Я хотел бы также поблагодарить Билла Байнума (Bill Bynum) (College of William and Mary) и Трейси Камп (Tracy Camp) (Colorado School of Mines) за вклад в приложение O, “Параллельная система программирования VACI”; Стива Тейлора (Steve Taylor) (Worcester Polytechnic Institute) и профессора Тан Нгуена (Tan N. Nguyen) (George Mason University) — за вклад в программные проекты и руководство для преподавателя. Ян Грэхем (Ian G. Graham) (Griffith University) внес свой вклад в два программных проекта данной книги. Оскар Рикстс (Oskars Rieksts) (Kutztown University) щедро позволил мне воспользоваться его лекциями, викторинами и проектами.

Наконец, я благодарю множество людей, ответственных за публикацию этой книги, которые, как всегда, сделали отличную работу. К ним относятся сотрудники Pearson, в частности мой редактор Трейси Джонсон (Tracy Johnson), ее помощник Кристи Алаура (Kristy Alaura), руководитель программы Кэрол Снайдер (Carole Snyder) и менеджер проекта Боб Энгельгардт (Bob Engelhardt). Спасибо также персоналу отдела маркетинга и продаж Pearson, без усилий которых эта книга не была бы у вас в руках.

ЖДЕМ ВАШИХ ОТЗЫВОВ!

Вы, читатель этой книги, и есть главный ее критик. Мы ценим ваше мнение и хотим знать, что было сделано нами правильно, что можно было сделать лучше и что еще вы хотели бы увидеть изданным нами. Нам интересны любые ваши замечания в наш адрес.

Мы ждем ваших комментариев и надеемся на них. Вы можете прислать нам электронное письмо либо просто посетить наш веб-сайт и оставить свои замечания там. Одним словом, любым удобным для вас способом дайте нам знать, нравится ли вам эта книга, а также выскажите свое мнение о том, как сделать наши книги более интересными для вас.

Отправляя письмо или сообщение, не забудьте указать название книги и ее авторов, а также свой обратный адрес. Мы внимательно ознакомимся с вашим мнением и обязательно учтем его при отборе и подготовке к изданию новых книг.

Наши электронные адреса:

E-mail: info@williamspublishing.com

WWW: <http://www.williamspublishing.com>