

操作系统概念精要

亚伯拉罕·西尔伯沙茨 (Abraham Silberschatz)

[美]

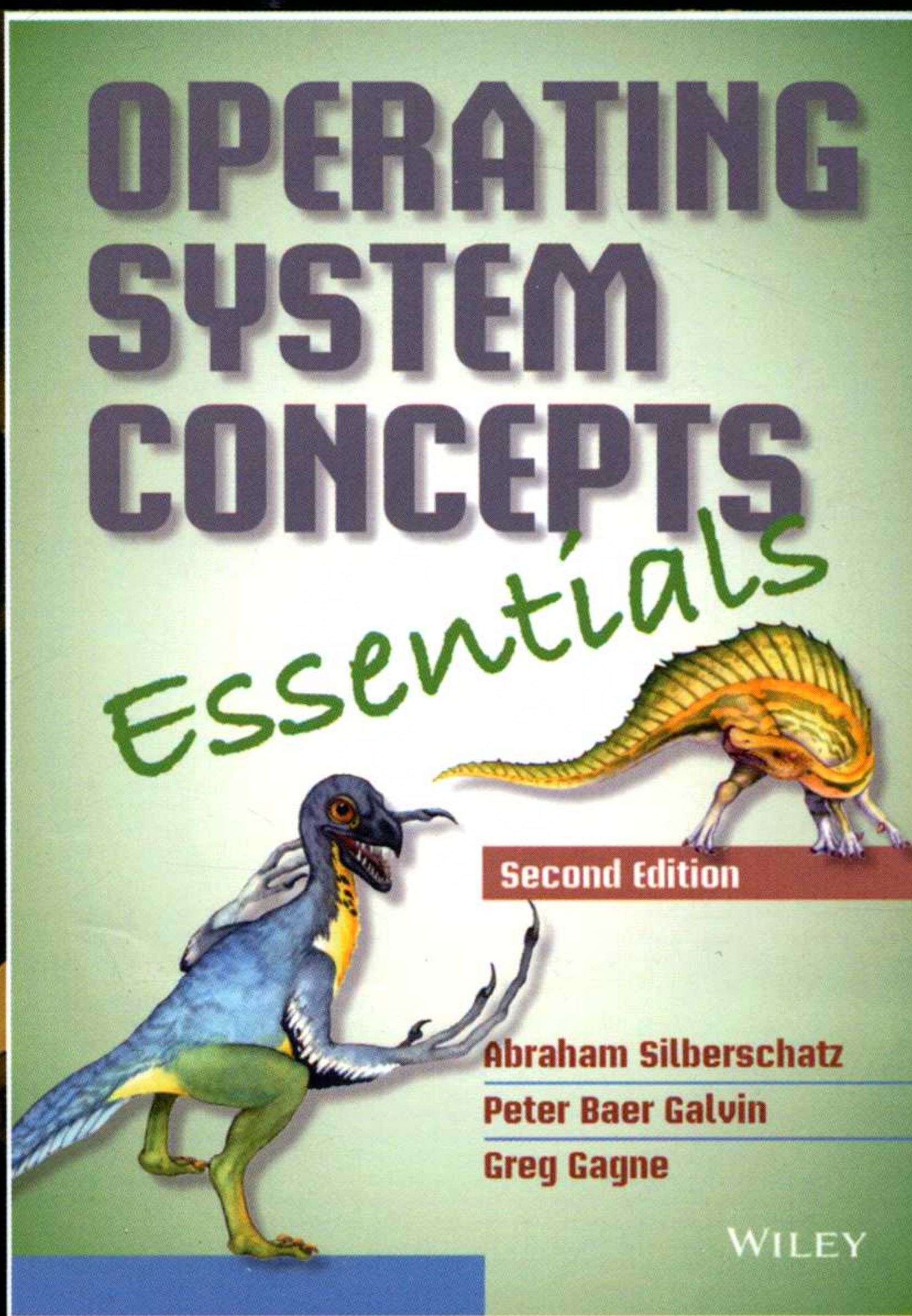
彼得·B. 高尔文 (Peter B. Galvin)

著

格雷格·加涅 (Greg Gagne)

郑扣根 唐杰 李善平 译

Operating System Concepts Essentials
Second Edition



计 算 机 科 学 丛 书

原书第2版

操作系统概念精要

亚伯拉罕·西尔伯沙茨 (Abraham Silberschatz)

[美]

彼得·B. 高尔文 (Peter B. Galvin)

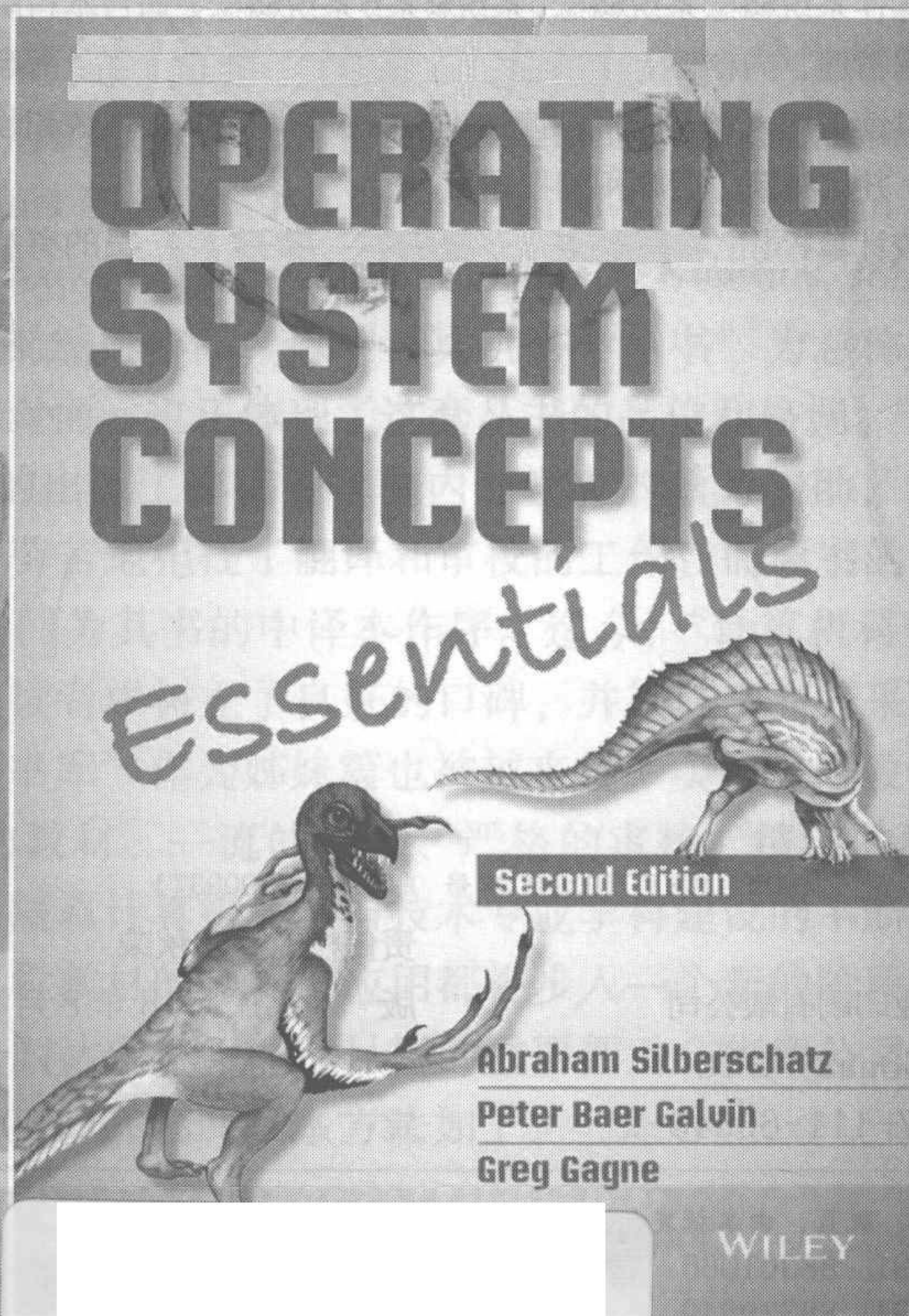
著

格雷格·加涅 (Greg Gagne)

郑扣根 唐杰 李善平 译

Operating System Concepts Essentials

Second Edition



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

操作系统概念精要 (原书第 2 版) / (美) 亚伯拉罕·西尔伯沙茨 (Abraham Silberschatz) 等著; 郑扣根, 唐杰, 李善平译. —北京: 机械工业出版社, 2018.8
(计算机科学丛书)

书名原文: Operating System Concepts Essentials, Second Edition

ISBN 978-7-111-60648-2

I. 操… II. ①亚… ②郑… ③唐… ④李… III. 操作系统—高等学校—教材 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 176167 号

本书版权登记号: 图字 01-2016-6255

Copyright © 2014, 2011 John Wiley & Sons, Inc.

All rights reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled Operating System Concepts Essentials, Second Edition, ISBN 978-1-118-80492-6, by Abraham Silberschatz, Peter B. Galvin, Greg Gagne, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书中文简体字版由约翰·威立父子公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

本书封底贴有 Wiley 防伪标签, 无标签者不得销售。

本书是经典教材《操作系统概念》的精简版, 强调基础概念, 更适合本科阶段的教学。全书共六部分, 不仅详细讲解了进程管理、内存管理、存储管理、保护与安全等概念, 而且涵盖重要的理论结果和案例研究, 并且给出了供读者深入学习的推荐读物。这一版新增了多核系统和移动计算的内容, 每一章都融入了新的技术进展, 并且更新了习题和编程项目。

本书既适合高等院校计算机相关专业的学生学习, 也是专业技术人员的有益参考。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 曲 熠

责任校对: 李秋荣

印 刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版 次: 2018 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm×260mm 1/16

印 张: 32.5

书 号: ISBN 978-7-111-60648-2

定 价: 95.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

文艺复兴以来，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的优势，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, MIT, John Wiley & Sons, Cengage等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从他们现有的数百种教材中甄选出Andrew S. Tanenbaum, Bjarne Stroustrup, Brian W. Kernighan, Dennis Ritchie, Jim Gray, Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Abraham Silberschatz, William Stallings, Donald E. Knuth, John L. Hennessy, Larry L. Peterson等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及珍藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力相助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专门为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近两百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

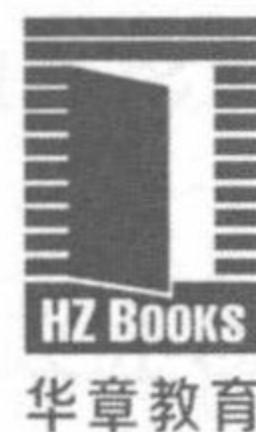
华章网站：www.hzbook.com

电子邮件：hzjsj@hzbook.com

联系电话：(010) 88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



华章科技图书出版中心

译者序

Operating System Concepts Essentials, Second Edition

计算机科学与技术的发展如此迅猛，人工智能、深度学习、大数据、云计算、物联网等让人应接不暇。但到目前为止，无论世界如何变化，操作系统一直是计算机的重要基础，“操作系统”课程也一直是计算机专业的核心必修课程之一。当然，操作系统本身也在不断发展，所以此书的完整版从第1版到现在已经发展到了第9版，精要版也已经升级为第2版。

为什么要再三翻译此书呢？第一，如之前版本译者序中所言，这是一本操作系统的“圣经”；第二，操作系统对计算机专业的学生实在是非常基础和重要；第三，我们长期从事计算机专业教学的使命使然，绵薄之力也当奉献。

较之前的版本，此版本的特点如下：

- 新增了多核系统和移动计算的内容。
- 每一章都融入了操作系统的新发展，并删除了一些过时的内容：
 - 在计算环境中考虑了移动计算、云计算等时下热点的内容。针对移动设备大量普及应用的环境，增加了相关的操作系统、用户界面、内存管理等内容。针对大容量存储的发展，新增了固态硬盘等内容。
 - 在进程、线程、同步、内存管理、文件系统及实现、I/O系统、Linux系统等方面，根据技术发展做了更新。
- 在编程环境方面，同时考虑 POSIX、Java、Windows 系统。
- 更新了习题、编程项目等，以方便学生巩固和测试对新内容的学习。

本书原作者 Abraham Silberschatz、Peter B. Galvin 和 Greg Gagne 都是操作系统界的大师级人物。《操作系统概念》系列版本一向是操作系统经典图书中的经典，从第1版至今，可以说完美记录了操作系统的发展历史。这一版本延续了之前版本的优点，并加入了操作系统的新发展动向，相信读者能从中受益。

本书既适合作为计算机专业大三、大四本科学生的教材，也适用于相关专业人员完整理解计算机操作系统原理。建议读者根据自身情况阅读全书或部分章节。

科技图书的翻译一般都力求忠于原著。作为长期从事计算机专业教学的高校教师，总是希望作品能少出错，并能给读者以最大的帮助。但中文实在博大精深，译者水平有限，且时间仓促，翻译过程难免出错，欢迎读者批评指正，在此先表感谢！

本书由郑扣根（浙江大学）、唐杰（南京大学）和李善平（浙江大学）翻译。翻译过程中得到家人的理解与支持，在此表示深深的谢意。

操作系统是任何计算机系统的重要组成部分。同样，操作系统课程也是计算机科学教育的基本组成部分。随着计算机逐渐渗透到日常生活的每个方面，从汽车的嵌入设备到政府和跨国公司的先进规划工具，这个领域发展迅猛。然而，其中的基本概念仍然比较清晰，这些概念就是本书讨论的基础。

本书是面向操作系统导论课程的教科书，适用于大三、大四学生和一年级研究生，同时也可供工程技术人员参考。本书清晰地描述了操作系统的概念。作为先决条件，我们假设读者熟悉基本数据结构、计算机组成和一种高级语言（如 C 或 Java）。本书第 1 章包括了学习操作系统所需的硬件知识，还包括大多数操作系统普遍使用的基础数据结构。代码示例主要使用 C 和 Java，不过，即使读者不具有这些语言的全部知识也能理解这些算法。

本书不仅直观描述了概念，而且包括重要的理论结果，但是省略了大部分的形式化证明。每章结尾的推荐读物给出了相关研究论文，其中有的首次提出或证明了这些理论结果，有的提供深入阅读的最新材料。本书通过图形和举例来代替证明，以说明为什么有关结果是真实有效的。

本书描述的基本概念和算法通常用于商用和开源的操作系统。我们的目标是，按照通用的（而非特定的）操作系统来描述这些概念和算法。另外，我们提供了最受欢迎和最具创新的操作系统的大量例子，包括 Linux、Microsoft Windows、Apple Mac OS X 和 Solaris。我们还给出了两个主要移动操作系统（Android 和 iOS）的示例。

本书的编写综合了我们从事操作系统教学的多年经验以及 IEEE 计算机协会和 ACM 共同出版的课程指南。另外，还考虑了多位审稿人员提供的反馈意见，以及以前版本读者和学生的许多意见和建议。

本书内容

本书包括六大部分：

- **概论。**第 1 章和第 2 章解释了操作系统是什么，它们能做什么，以及它们是如何设计与构造的。这一部分讨论了操作系统的常见功能是什么，以及操作系统能为用户提供什么。我们不仅讨论 PC 和服务器的传统操作系统，而且讨论移动设备的操作系统。描述主要以启发和解释为主，避免讨论内部实现细节。因此，这部分适合低年级学生或类似读者，以便了解操作系统是什么而无需关注内部算法细节。
- **进程管理。**第 3~6 章描述了进程概念和并发，这是现代操作系统的核心。进程是系统内的工作单元。这种系统包括一组并发执行进程，其中一些是操作系统进程（执行系统代码的进程），其余的是用户进程（执行用户代码的进程）。这一部分包括进程调度、进程间通信、进程同步及死锁处理等的方法，还包括线程分析以及多核系统和并行编程的有关分析。
- **内存管理。**第 7 章和第 8 章是关于进程执行期间的内存管理的。为了改进 CPU 的使用率及其对用户的响应速度，计算机必须在内存中同时保存多个进程。内存管理具

有很多不同方案，反映了内存管理的各种方法；而特定算法的有效性取决于应用情形。

- **存储管理。**第 9~12 章描述了现代计算机系统如何处理文件系统、大容量存储和 I/O。文件系统提供了一种机制，以对数据和程序进行在线存储与访问。这一部分描述了存储管理的经典内部算法和结构，并且深入讨论了这些算法，比如它们的特性、优点和缺点。由于连到计算机的 I/O 设备种类如此之多，操作系统需要为应用程序提供大量的功能，以控制这些设备的方方面面。这一部分深入讨论了 I/O 系统，包括 I/O 系统设计、接口及系统内部的结构和功能。在许多方面，I/O 设备也是计算机中最慢的主要组件。因为设备通常是性能瓶颈，所以这一部分也讨论了 I/O 设备的性能问题。
- **保护与安全。**第 13 章和第 14 章讨论了计算机系统保护与安全的必需机制。操作系统的进程活动必须互相保护，为此，我们必须确保只有获得操作系统适当授权的进程才能使用系统的文件、内存、CPU 和其他资源。保护是一种机制，用于控制程序、进程和用户对计算机系统资源的访问，这种机制必须提供指定控制和实施控制的手段。安全机制保护系统存储的信息（数据和代码）的完整性和计算机的物理资源，从而避免未经授权的访问、恶意破坏或修改以及意外引入的不一致。
- **案例研究。**本书的第 15 章详细研究了 Linux 操作系统的实际案例。虽然本书前面章节也有 Linux 的讨论，但是案例研究提供了更多细节。

操作系统概念精要

本书以 2012 年《操作系统概念》的第 9 版为蓝本，希望为读者提供一本强调当代操作系统基本概念的教科书。通过关注基本概念，我们相信，学生能够更轻松、更快速地掌握现代操作系统的基本特征。

为了做到这一点，本书删减了《操作系统概念》第 9 版的如下内容：

- 删除了深入讨论死锁的第 7 章，但是在第 5 章中概述了死锁。
- 删除了第 17 章“Windows 7”。
- 删除了第 18 章“有影响的操作系统”。

如果你希望更全面地学习操作系统，则可以参阅《操作系统概念》第 9 版。下面介绍本书所做的更新。

第 2 版

在编写本书第 2 版时，我们考虑了影响操作系统的两个重要领域的新发展：

- 多核系统
- 移动计算

为了强调这两个重要领域的新发展，我们在新版本中融入了相关讨论。另外，我们几乎重写了每章内容以反映最新变化，并且删除不再有趣或有关的材料。

我们也做了大量调整，例如删除了实时系统一章，但在其他章节中整合了对这些系统的适当讨论；我们还重新安排了存储管理的相关章节，并将进程同步放在进程调度之前。大多数调整都是基于我们讲授操作系统课程的经验。

下面简要描述各章的主要修改：

- **第 1 章，导论**，包括关于多处理器和多核系统以及内核数据结构的新内容。此外，计算环境的讨论现在包括移动系统和云计算。我们还增加了对实时系统的概述。

- 第2章，操作系统结构，增加了移动设备（包括 iOS 和 Android）用户界面的讨论，并扩展了 Mac OS X（一种混合系统）的讨论。
- 第3章，进程，现在包括移动操作系统的多任务讨论、Google Chrome 浏览器的多进程模型支持以及 UNIX 的僵尸和孤儿进程。
- 第4章，线程，扩展了并行性和阿姆达尔定律的相关内容，也提供了关于隐式线程的小节，包括 OpenMP 和 Apple 的 Grand Central Dispatch。
- 第5章，进程同步，增加了互斥锁、OpenMP 以及函数式语言的同步讨论。
- 第6章，CPU 调度，增加了 Linux CFS 调度器和 Windows 用户模式调度，还整合了实时调度算法的讨论。
- 第7章，内存，增加了移动系统以及 Intel 32 位和 64 位架构的内存交换的讨论，还增加新的一节讨论 ARM 架构。
- 第8章，虚拟内存，更新了内核内存管理，以包括 Linux SLUB 和 SLOB 内存分配器。
- 第9章，大容量存储结构，增加了固态硬盘的讨论。
- 第10章，文件系统接口，根据当前技术发展进行了更新。
- 第11章，文件系统实现，根据当前技术发展进行了更新。
- 第12章，I/O 系统，更新了技术与性能参数，扩展了同步 / 异步和阻塞 / 非阻塞 I/O 的讨论，并增加了向量 I/O 的内容。
- 第13章，保护，没有重大变化。
- 第14章，安全，采用现代符号修改了密码学的相关内容，并改进了对各种加密方法及其用途的描述，还增加了 Windows 7 的安全讨论。
- 第15章，Linux 系统，增加了 Linux 3.2 内核的讨论。

编程环境

本书使用许多操作系统的实际示例来说明操作系统的基本概念。虽然主要关注 Linux 和 Microsoft Windows，但是我们也参考各种版本的 UNIX（包括 Solaris、BSD 和 Mac OS X）。

本书还提供了用 C 和 Java 编写的许多程序示例。这些程序可运行于如下编程环境：

- **POSIX。** POSIX（Portable Operating System Interface，可移植操作系统接口）为一套标准，主要用于基于 UNIX 的操作系统。虽然 Windows 系统也可以运行一些 POSIX 程序，但是我们的 POSIX 讨论主要关注 UNIX 和 Linux 系统。POSIX 兼容系统必须实现 POSIX 核心标准（POSIX.1），Linux、Solaris 和 Mac OS X 都是 POSIX 兼容系统的例子。POSIX 还定义了多个扩展标准，包括实时扩展（POSIX1.b）和线程库扩展（POSIX1.c，常称为 Pthreads）。我们提供了多个用 C 编写的程序示例，以说明 POSIX 基本 API、Pthreads 和实时编程扩展。这些程序示例采用 gcc 4.0 编译器，在 Linux 2.6 和 Linux 3.2 系统、Mac OS X 10.7 和 Solaris 10 上进行了测试。
- **Java。** Java 是一种应用广泛的编程语言，具有丰富的 API 以及对线程创建与管理的内置语言支持。Java 程序可运行在支持 JVM（Java Virtual Machine，Java 虚拟机）的任何操作系统上。我们采用 Java 程序来说明各种操作系统和网络概念，并采用 Java 1.6 JVM 来测试。
- **Windows 系统。** Windows 系统的主要编程环境是 Windows API，它提供了一整套函数来管理进程、线程、内存和外设。我们提供多个 C 程序来说明如何使用这种 API。

这些程序在 Windows XP 和 Windows 7 上进行了测试。

我们选择了这三个编程环境，因为我们相信它们最能代表两个受欢迎的操作系统模型，即 Windows 和 UNIX/Linux，以及应用广泛的 Java 环境。大多数程序示例都是用 C 编写的，希望读者能够熟悉 C 语言。熟悉 C 语言和 Java 语言的读者，应该很容易理解本书的大多数程序。

在有些情况下，如线程创建，我们使用所有三个编程环境来说明特定概念，以便读者在处理相同任务时可以比较三种不同的库。在其他情况下，我们可能只使用一种 API 来演示概念。例如，我们只使用 POSIX API 来说明共享内存，使用 Java API 来解释 TCP/IP 的套接字编程。

Linux 虚拟机

为了帮助学生更好地学习 Linux 系统，我们提供了 Linux 虚拟机及 Linux 源代码，可从本书支持网站 (www.os-book.com) 下载。该虚拟机还包括带有编译器和编辑器的 gcc 开发环境。本书的大部分编程作业可以在此虚拟机上完成，但是需要 Java 或 Windows API 的作业除外。

我们还提供了三个编程项目，以便通过内核模块修改 Linux 内核：

- 添加基本内核模块到 Linux 内核。
- 添加使用各种内核数据结构的内核模块。
- 添加迭代 Linux 系统任务的内核模块。

我们打算不断在支持网站上补充额外的内核模块作业。

支持网站

本书支持网站 www.os-book.com 包括以下资源：

- Linux 虚拟机
- C 与 Java 源代码
- 教学大纲样例
- PPT
- 插图集
- FreeBSD 和 Mach 的案例研究
- 各章的复习题
- 实践题答案
- 学生学习指南
- 勘误表

教师注意事项[⊖]

在本书网站上，我们提供多个教学大纲样例，用于采用本书的各种初级与高级课程。作为一般规律，我们鼓励教师按章节顺序进行教学，因为这会提供最透彻的操作系统研究路

⊖ 关于本书教辅资源，只有使用本书作为教材的教师才可以申请，需要的教师可访问华章网站 www.hzbook.com 下载，也可向约翰·威立出版公司北京代表处申请，电话 010-8418 7869，电子邮件 sliang@wiley.com。——编辑注

线。不过，通过大纲样例，教师可以选择不同的章节顺序（或章节内容）。

本版添加了 60 多道新的习题以及 20 多个新的编程题和编程项目。大多数新的编程作业涉及进程、线程、进程同步和内存管理。有些涉及添加内核模块到 Linux 系统，这可以采用本书附带的 Linux 虚拟机或其他适当的 Linux 发行版来完成。

对于采用本书来讲授操作系统的教师，可以获得每章复习题、习题和编程题的答案。要获得这些补充材料，请联系当地的 John Wiley & Sons 销售代表。

学生注意事项

我们鼓励你利用好每章末尾的复习题和实践题，这些题目的答案可从网站 www.os-book.com 下载。我们也鼓励你阅读由我们的一位学生准备的学生学习指南。最后，对于不熟悉 UNIX 和 Linux 系统的学生，建议你下载并安装支持网站的 Linux 虚拟机。这不仅为你提供了新的计算体验，而且 Linux 的开放源码能帮助你轻松分析这个流行操作系统的内部细节。

祝你在学习操作系统的旅程中一切顺利。

联系我们

我们努力消除本书的错误。然而，像新版的软件一样，错误几乎肯定存在。本书的网站提供了最新的勘误表。如果你能通知我们尚未出现在最新勘误表中的任何错误或遗漏，我们将不胜感激。

我们很乐意收到关于本书的改进建议。我们也欢迎任何可能对其他读者有用的材料，如编程题、项目建议、在线实验室和教程以及教学建议等。可发送邮件到 os-book-authors@cs.yale.edu。

致谢

本书源自以前的多个版本，其中前三个版本是与 James Peterson 合著的。帮助完成以前版本的人员包括：Hamid Arabnia、Rida Bazzi、Randy Bentson、David Black、Joseph Boykin、Jeff Brumfield、Gael Buckley、Roy Campbell、P. C. Capon、John Carpenter、Gil Carrick、Thomas Casavant、Bart Childs、Ajoy Kumar Datta、Joe Deck、Sudarshan K. Dhall、Thomas Doeppner、Caleb Drake、M. Racsit Eskicioğlu、Hans Flack、Robert Fowler、G. Scott Graham、Richard Guy、Max Hailperin、Rebecca Hartman、Wayne Hathaway、Christopher Haynes、Don Heller、Bruce Hillyer、Mark Holliday、Dean Hougen、Michael Huang、Ahmed Kamel、Morty Kewstel、Richard Kieburtz、Carol Kroll、Morty Kwestel、Thomas LeBlanc、John Leggett、Jerrold Leichter、Ted Leung、Gary Lippman、Carolyn Miller、Michael Molloy、Euripides Montagne、Yoichi Muraoka、Jim M. Ng、Banu Ozden、Ed Posnak、Boris Putanec、Charles Qualline、John Quarterman、Mike Reiter、Gustavo Rodriguez-Rivera、Carolyn J. C. Schauble、Thomas P. Skinner、Yannis Smaragdakis、Jesse St. Laurent、John Stankovic、Adam Stauffer、Steven Stepanek、John Sterling、Hal Stern、Louis Stevens、Pete Thomas、David Umbaugh、Steve Vinoski、Tommy Wagner、Larry L. Wear、John Werth、James M. Westall、J. S. Weston 与 Yang Xiang。

Robert Love 更新了第 15 章和全书 Linux 的描述，并回答了 Android 相关的许多问题。Jonathan Katz 贡献了第 14 章。Salahuddin Khan 更新了 14.9 节，以提供新的 Windows 7 安

全功能。

第 15 章来自 Stephen Tweedie 的未发表手稿。Arvind Krishnamurthy 提供了一些习题及其解答。Andrew DeNicola 准备了我们网站上的学生学习指南。Marilyn Turnamian 提供了一些幻灯片。

Mike Shapiro、Bryan Cantrill 和 Jim Mauro 回答了多个 Solaris 相关的问题。Sun Microsystems 的 Bryan Cantrill 提供了有关 ZFS 的帮助。Josh Dees 和 Rob Reynolds 提供了微软 .NET 的描述。John Trono (Saint Michael 学院) 提供了 POSIX 消息队列的项目。

Judi Paige 帮助准备了插图和幻灯片。Thomas Gagne 为本版准备了新的插图。Mark Wogahn 确保了生成本书的软件 (LATEX 和字体) 可以正常工作。Ranjan Kumar Meher 重写了用于生成本书的一些 LATEX 软件。

执行编辑 Beth Lang Golub 在我们编写本书时提供了专家指导。在 Katherine Willis 的协助下, 她很好地管理了项目细节。高级制作编辑 Joyce Poh 处理了所有的成书细节。

Susan Cyr 为封面绘画师, Madelyn Lesure 为封面设计师。Beverly Peavler 复制了手稿。Katrina Avery 为自由校对员, WordCo, Inc. 为自由索引公司。

Abraham Silberschatz, New Haven, CT, 2013

Peter Baer Galvin, Boston, MA, 2013

Greg Gagne, Salt Lake City, UT, 2013

出版者的话
译者序
前言

第一部分 概论

第 1 章 导论.....2

1.1 操作系统的功能.....2

1.1.1 用户视角.....2

1.1.2 系统视角.....3

1.1.3 操作系统的定义.....4

1.2 计算机系统的组成.....4

1.2.1 计算机系统的运行.....5

1.2.2 存储结构.....6

1.2.3 I/O 结构.....8

1.3 计算机系统的体系结构.....9

1.3.1 单处理器系统.....9

1.3.2 多处理器系统.....10

1.3.3 集群系统.....12

1.4 操作系统的结构.....13

1.5 操作系统的执行.....14

1.5.1 双重模式与多重模式的执行.....15

1.5.2 定时器.....16

1.6 进程管理.....17

1.7 内存管理.....17

1.8 存储管理.....18

1.8.1 文件系统管理.....18

1.8.2 大容量存储器管理.....19

1.8.3 高速缓存.....19

1.8.4 I/O 系统.....21

1.9 保护与安全.....21

1.10 内核数据结构.....22

1.10.1 列表、堆栈及队列.....22

1.10.2 树.....23

1.10.3 哈希函数与哈希表.....23

1.10.4 位图.....24

1.11 计算环境.....24

1.11.1 传统计算.....24

1.11.2 移动计算.....25

1.11.3 分布计算.....26

1.11.4 客户机-服务器计算.....26

1.11.5 对等计算.....27

1.11.6 虚拟化.....28

1.11.7 云计算.....29

1.11.8 实时嵌入式系统.....29

1.12 开源操作系统.....30

1.12.1 历史.....31

1.12.2 Linux.....31

1.12.3 BSD UNIX.....32

1.12.4 Solaris.....32

1.12.5 用作学习的开源操作系统.....33

1.13 小结.....33

复习题.....35

实践题.....35

习题.....35

推荐读物.....36

参考文献.....37

第 2 章 操作系统结构.....38

2.1 操作系统的服务.....38

2.2 用户与操作系统的界面.....40

2.2.1 命令解释程序.....40

2.2.2 图形用户界面.....41

2.2.3 界面的选择.....42

2.3 系统调用.....43

2.4 系统调用的类型.....46

2.4.1 进程控制.....46

2.4.2 文件管理.....49

2.4.3 设备管理.....50

2.4.4 信息维护.....50

2.4.5 通信	50	3.3 进程运行	79
2.4.6 保护	51	3.3.1 进程创建	79
2.5 系统程序	51	3.3.2 进程终止	82
2.6 操作系统的设计与实现	52	3.4 进程间通信	83
2.6.1 设计目标	52	3.4.1 共享内存系统	85
2.6.2 机制与策略	53	3.4.2 消息传递系统	86
2.6.3 实现	53	3.5 IPC 系统例子	89
2.7 操作系统的结构	54	3.5.1 例子: POSIX 共享内存	89
2.7.1 简单结构	54	3.5.2 例子: Mach	91
2.7.2 分层方法	55	3.5.3 例子: Windows	92
2.7.3 微内核	56	3.6 客户机/服务器通信	93
2.7.4 模块	57	3.6.1 套接字	93
2.7.5 混合系统	58	3.6.2 远程过程调用	96
2.8 操作系统的调试	60	3.6.3 管道	98
2.8.1 故障分析	60	3.7 小结	102
2.8.2 性能优化	60	复习题	103
2.8.3 DTrace	61	实践题	103
2.9 操作系统的生成	63	习题	104
2.10 系统引导	64	编程题	105
2.11 小结	64	编程项目	107
复习题	65	推荐读物	110
实践题	65	参考文献	111
习题	65		
编程题	66		
编程项目	66		
推荐读物	69		
参考文献	70		
第二部分 进程管理			
第3章 进程			
3.1 进程概念	72	第4章 线程	
3.1.1 进程	72	4.1 概述	112
3.1.2 进程状态	73	4.1.1 动机	112
3.1.3 进程控制块	73	4.1.2 优点	113
3.1.4 线程	74	4.2 多核编程	114
3.2 进程调度	75	4.2.1 编程挑战	115
3.2.1 调度队列	75	4.2.2 并行类型	115
3.2.2 调度程序	77	4.3 多线程模型	116
3.2.3 上下文切换	78	4.3.1 多对一模型	116
		4.3.2 一对一模型	116
		4.3.3 多对多模型	116
		4.4 线程库	117
		4.4.1 Pthreads	118
		4.4.2 Windows 线程	119
		4.4.3 Java 线程	121
		4.5 隐式多线程	122
		4.5.1 线程池	123

4.5.2	OpenMP	124	5.8.3	采用信号量的管程实现	154
4.5.3	大中央调度	125	5.8.4	管程内的进程重启	155
4.5.4	其他方法	125	5.9	同步例子	156
4.6	多线程问题	125	5.9.1	Windows 同步	156
4.6.1	系统调用 <code>fork()</code> 和 <code>exec()</code>	125	5.9.2	Linux 同步	157
4.6.2	信号处理	126	5.9.3	Solaris 同步	158
4.6.3	线程撤销	127	5.9.4	Pthreads 同步	159
4.6.4	线程本地存储	128	5.10	替代方法	160
4.6.5	调度程序激活	128	5.10.1	事务内存	161
4.7	操作系统例子	129	5.10.2	OpenMP	162
4.7.1	Windows 线程	129	5.10.3	函数式编程语言	162
4.7.2	Linux 线程	130	5.11	死锁	163
4.8	小结	131	5.11.1	系统模型	163
复习题		131	5.11.2	死锁特征	164
实践题		131	5.11.3	死锁处理方法	167
习题		131	5.12	小结	168
编程题		133	复习题		168
编程项目		135	实践题		168
推荐读物		136	习题		169
参考文献		136	编程题		172
第 5 章 进程同步		138	编程项目		174
5.1	背景	138	推荐读物		178
5.2	临界区问题	140	参考文献		178
5.3	Peterson 解决方案	141	第 6 章 CPU 调度		180
5.4	硬件同步	142	6.1	基本概念	180
5.5	互斥锁	144	6.1.1	CPU-I/O 执行周期	180
5.6	信号量	144	6.1.2	CPU 调度程序	181
5.6.1	信号量的使用	145	6.1.3	抢占调度	181
5.6.2	信号量的实现	145	6.1.4	调度程序	182
5.6.3	死锁与饥饿	147	6.2	调度准则	182
5.6.4	优先级的反转	147	6.3	调度算法	183
5.7	经典同步问题	148	6.3.1	先到先服务调度	183
5.7.1	有界缓冲问题	148	6.3.2	最短作业优先调度	184
5.7.2	读者-作者问题	149	6.3.3	优先级调度	186
5.7.3	哲学家就餐问题	150	6.3.4	轮转调度	187
5.8	管程	151	6.3.5	多级队列调度	189
5.8.1	使用方法	152	6.3.6	多级反馈队列调度	190
5.8.2	哲学家就餐问题的管程解决	153	6.4	线程调度	191
方案		153	6.4.1	竞争范围	191

6.4.2 Pthreads 调度.....191

6.5 多处理器调度.....193

6.5.1 多处理器调度的方法.....193

6.5.2 处理器亲和性.....193

6.5.3 负载均衡.....194

6.5.4 多核处理器.....194

6.6 实时 CPU 调度.....196

6.6.1 最小化延迟.....196

6.6.2 优先级调度.....197

6.6.3 单调速率调度.....198

6.6.4 最早截止期限优先调度.....199

6.6.5 比例分享调度.....200

6.6.6 POSIX 实时调度.....200

6.7 操作系统例子.....202

6.7.1 例子：Linux 调度.....202

6.7.2 例子：Windows 调度.....204

6.7.3 例子：Solaris 调度.....206

6.8 算法评估.....207

6.8.1 确定性模型.....208

6.8.2 排队模型.....209

6.8.3 仿真.....209

6.8.4 实现.....210

6.9 小结.....211

复习题.....212

实践题.....212

习题.....213

推荐读物.....215

参考文献.....216

第三部分 内存管理

第 7 章 内存.....220

7.1 背景.....220

7.1.1 基本硬件.....220

7.1.2 地址绑定.....222

7.1.3 逻辑地址空间与物理地址空间.....222

7.1.4 动态加载.....223

7.1.5 动态链接与共享库.....224

7.2 交换.....224

7.2.1 标准交换.....224

7.2.2 移动系统的交换.....225

7.3 连续内存分配.....226

7.3.1 内存保护.....226

7.3.2 内存分配.....227

7.3.3 碎片.....228

7.4 分段.....228

7.4.1 基本方法.....229

7.4.2 分段硬件.....229

7.5 分页.....230

7.5.1 基本方法.....231

7.5.2 硬件支持.....233

7.5.3 保护.....236

7.5.4 共享页.....237

7.6 页表结构.....238

7.6.1 分层分页.....238

7.6.2 哈希页表.....240

7.6.3 倒置页表.....240

7.6.4 Oracle SPARC Solaris.....241

7.7 例子：Intel 32 位与 64 位体系结构.....242

7.7.1 IA-32 架构.....242

7.7.2 x86-64.....244

7.8 例子：ARM 架构.....245

7.9 小结.....245

复习题.....246

实践题.....246

习题.....247

编程题.....249

推荐读物.....249

参考文献.....250

第 8 章 虚拟内存.....251

8.1 背景.....251

8.2 请求调页.....253

8.2.1 基本概念.....253

8.2.2 请求调页的性能.....256

8.3 写时复制.....258

8.4 页面置换.....259

8.4.1 基本页面置换.....260

8.4.2	FIFO 页面置换	262
8.4.3	最优页面置换	263
8.4.4	LRU 页面置换	263
8.4.5	近似 LRU 页面置换	265
8.4.6	基于计数的页面置换	266
8.4.7	页面缓冲算法	267
8.4.8	应用程序与页面置换	267
8.5	帧分配	267
8.5.1	帧的最小数	268
8.5.2	分配算法	269
8.5.3	全局分配与局部分配	269
8.5.4	非均匀内存访问	270
8.6	系统抖动	270
8.6.1	系统抖动的原因	271
8.6.2	工作集模型	272
8.6.3	缺页错误频率	273
8.6.4	结束语	274
8.7	内存映射文件	274
8.7.1	基本机制	274
8.7.2	共享内存 Windows API	275
8.7.3	内存映射 I/O	277
8.8	分配内核内存	278
8.8.1	伙伴系统	278
8.8.2	slab 分配	279
8.9	其他注意事项	280
8.9.1	预调页面	280
8.9.2	页面大小	280
8.9.3	TLB 范围	281
8.9.4	倒置页表	282
8.9.5	程序结构	282
8.9.6	I/O 联锁与页面锁定	283
8.10	操作系统例子	284
8.10.1	Windows	284
8.10.2	Solaris	285
8.11	小结	286
	复习题	286
	实践题	287
	习题	288
	编程题	292
	编程项目	292

推荐读物	294
参考文献	295

第四部分 存储管理

第 9 章	大容量存储结构	298
9.1	大容量存储结构概述	298
9.1.1	硬盘	298
9.1.2	固态硬盘	299
9.1.3	磁带	299
9.2	磁盘结构	300
9.3	磁盘连接	300
9.3.1	主机连接存储	300
9.3.2	网络连接存储	301
9.3.3	存储区域网络	301
9.4	磁盘调度	302
9.4.1	FCFS 调度	302
9.4.2	SSTF 调度	302
9.4.3	SCAN 调度	303
9.4.4	C-SCAN 调度	304
9.4.5	LOOK 调度	304
9.4.6	磁盘调度算法的选择	304
9.5	磁盘管理	305
9.5.1	磁盘格式化	305
9.5.2	引导块	306
9.5.3	坏块	307
9.6	交换空间管理	308
9.6.1	交换空间的使用	308
9.6.2	交换空间位置	308
9.6.3	交换空间管理例子	309
9.7	RAID 结构	309
9.7.1	通过冗余提高可靠性	310
9.7.2	通过并行处理提高性能	311
9.7.3	RAID 级别	311
9.7.4	RAID 级别的选择	314
9.7.5	扩展	315
9.7.6	RAID 的问题	315
9.8	稳定存储实现	316
9.9	小结	317
	复习题	318

实践题	318	第 11 章 文件系统实现	349
习题	318	11.1 文件系统结构	349
编程题	320	11.2 文件系统实现	350
推荐读物	320	11.2.1 概述	351
参考文献	321	11.2.2 分区与安装	353
第 10 章 文件系统接口	322	11.2.3 虚拟文件系统	353
10.1 文件概念	322	11.3 目录实现	355
10.1.1 文件属性	322	11.3.1 线性列表	355
10.1.2 文件操作	323	11.3.2 哈希表	355
10.1.3 文件类型	327	11.4 分配方法	356
10.1.4 文件结构	328	11.4.1 连续分配	356
10.1.5 内部文件结构	328	11.4.2 链接分配	357
10.2 访问方法	328	11.4.3 索引分配	359
10.2.1 顺序访问	329	11.4.4 性能	360
10.2.2 直接访问	329	11.5 空闲空间管理	361
10.2.3 其他访问方法	330	11.5.1 位向量	361
10.3 目录与磁盘的结构	331	11.5.2 链表	362
10.3.1 存储结构	331	11.5.3 组	362
10.3.2 目录概述	332	11.5.4 计数	362
10.3.3 单级目录	332	11.5.5 空间图	363
10.3.4 两级目录	333	11.6 效率与性能	363
10.3.5 树形目录	334	11.6.1 效率	363
10.3.6 无环图目录	335	11.6.2 性能	364
10.3.7 通用图目录	337	11.7 恢复	366
10.4 文件系统安装	338	11.7.1 一致性检查	366
10.5 文件共享	339	11.7.2 基于日志的文件系统	366
10.5.1 多用户	339	11.7.3 其他解决方法	367
10.5.2 远程文件系统	340	11.7.4 备份和恢复	368
10.5.3 一致性语义	342	11.8 NFS	368
10.6 保护	343	11.8.1 概述	369
10.6.1 访问类型	343	11.8.2 安装协议	370
10.6.2 访问控制	343	11.8.3 NFS 协议	370
10.6.3 其他保护方式	345	11.8.4 路径名称转换	371
10.7 小结	346	11.8.5 远程操作	372
复习题	346	11.9 例子: WAFL 文件系统	372
实践题	346	11.10 小结	374
习题	347	复习题	375
推荐读物	348	实践题	375
参考文献	348	习题	375
		编程题	376