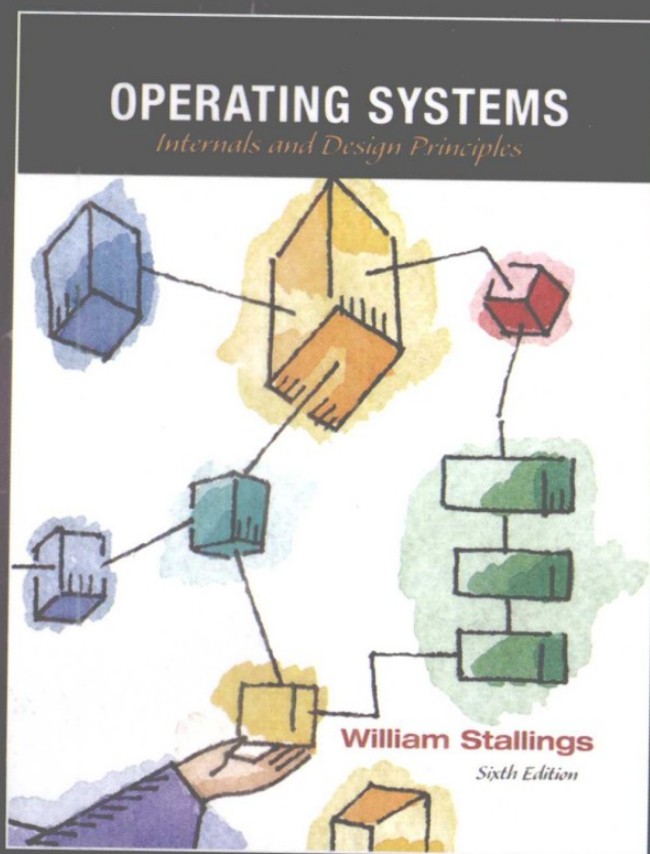


计 算 机 科 学 丛 书

原书第6版

# 操作系统 精髓与设计原理

(美) William Stallings 著 陈向群 陈渝 等译



Operating Systems  
Internals and Design Principles  
Sixth Edition



机械工业出版社  
China Machine Press

HZ BOOKS  
华章教育

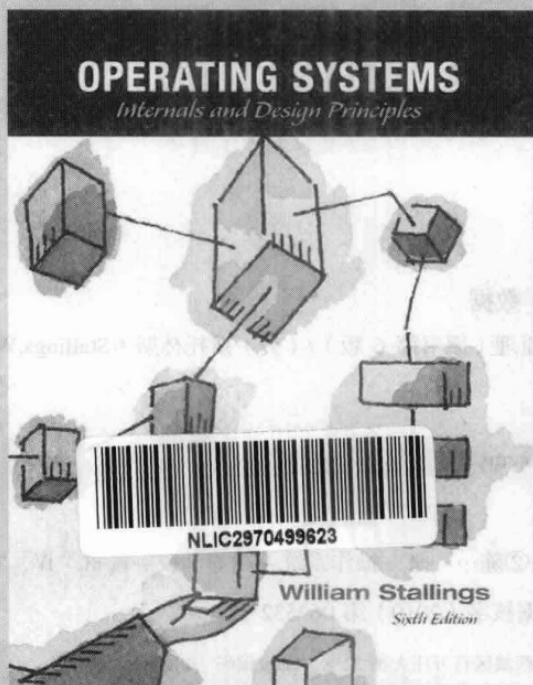
PEARSON

计 算 机 科 学 丛 书

原书第6版

# 操作系统 精髓与设计原理

(美) William Stallings 著 陈向群 陈渝 等译



**Operating Systems**  
Internals and Design Principles  
Sixth Edition



机械工业出版社  
China Machine Press

操作系统是计算机系统的核心系统软件,负责控制和管理整个系统,使之协调工作。本书不仅全面地讲述了操作系统的基本概念、原理和方法,还清楚地展现了当代操作系统的本质和特点。全书分为八个部分,由浅入深地介绍了计算机系统、操作系统、进程描述和控制、线程、微内核、并发性、内存管理、虚拟内存、单处理器调度、多处理器和实时调度、I/O管理和磁盘调度、文件管理、嵌入式操作系统、计算机安全技术以及分布式操作系统等内容。

本书内容丰富,具有很强的实用价值,适合作为高等院校计算机及相关专业本科生的操作系统课程教材,也可供专业技术人员参考。

Simplified Chinese edition copyright © 2010 by Pearson Education Asia Limited and China Machine Press.  
Original English language title: *Operating Systems: Internals and Design Principles, Sixth Edition* (ISBN 978-0-13-600632-9) by William Stallings, Copyright © 2009.

All rights reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签,无标签者不得销售。

封底无防伪标均为盗版

版权所有,侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号: 图字: 01-2009-1335

## 图书在版编目(CIP)数据

操作系统: 精髓与设计原理(原书第6版)/(美)斯托林斯(Stallings, W.)著; 陈向群等译.—北京: 机械工业出版社, 2010.9

(计算机科学丛书)

书名原文: *Operating Systems: Internals and Design Principles, Sixth Edition*

ISBN 978-7-111-30426-5

I. 操… II. ①斯… ②陈… 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(2010)第069532号

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: 李俊竹

北京瑞德印刷有限公司印刷

2010年9月第1版第1次印刷

184mm × 260mm · 35.75印张

标准书号: ISBN 978-7-111-30426-5

定价: 69.00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

购书热线:(010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线:(010) 88379604

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

## 出版者的话

文艺复兴以降，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；也正是这样的传统，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，不仅肇划了研究的范畴，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襄助，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，有的还专程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，我们的联系方法如下：

华章网站：[www.hzbook.com](http://www.hzbook.com)  
电子邮件：[hzjsj@hzbook.com](mailto: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



华章教育

华章科技图书出版中心

# 译者序

William Stallings 博士是一位广受欢迎的、多产的教材作者，他所编写的教材曾多次获得美国教材和学术著作者协会（Text and Academic Authors Association）颁发的计算机科学与工程教材奖。本书的前几个版本被美国多所大学采用作为教材或参考书，中国的操作系统课程教师和学习操作系统课程的学生对本书的前几个版也非常熟悉。

本书围绕操作系统的概念、结构和机制，进行了系统全面的阐述，尽可能清晰地展示当代操作系统的本质和特点。特别是新版的内容有了整体更新，以反映操作系统的进展变化。

本书有如下特色：

1) 作者将第 6 版交给从事相关教学和研究的教授们审阅，使本书在教育学及用户友善性方面有了新的改进，叙述更加清晰、紧凑，改进了插图，增加大量“现场测试”（field-tested）型家庭作业。

2) 本书以 Windows Vista 为例介绍了 Windows 操作系统，有关材料由微软公司 Windows 内核与体系结构组的架构师 Dave Probert 博士提供。

3) 全书始终将 Windows Vista 和 Linux 作为操作系统实例使用，尤其是由 Dave Probert 博士补充的对这两个操作系统的技术处理方式的对比表格分布在相关章节，对读者有极大的帮助。

4) 本书新增了嵌入式操作系统的内容。尽管目前嵌入式操作系统远远多于通用计算机系统，但是很少有教材把这个主题安排成单独的一章。本书讨论了嵌入式操作系统的基本特点，并给出了两个实例系统：TinyOS 和 eCos。

5) 在第 5 版的基础上扩展了安全相关的内容，包括安全威胁和安全技术。同时，在本书的第 3、7 和 12 章也针对相关主题补充了涉及安全的讨论。

6) 本书第 6 版还增加了许多新的习题和练习，这些都有助于读者深入理解操作系统的精髓。

作为教授操作系统课程的教师，译者认为要清楚理解操作系统概念，让学生动手参加实践项目或参与一些研究项目是十分重要的。本书补充了下列内容：

1) 动画为理解现代操作系统中的复杂机制提供了强大的工具。在动画展示方面，本书提供大量动画，涉及调度、并发控制、缓存命中以及进程生命周期等内容。在书中适当的对应之处，对动画展示进行了突出标记，可以使学生在学习本书的过程中，在恰当的位置使用动画。

2) 本书提供了由美国德州大学圣安东尼奥分校开发的 7 个模拟项目，这些模拟项目都是与操作系统设计中的关键领域密切相关的。在模拟项目基础上给学生布置了其他作业项目，例如，学生可以使用这套模拟工具包，对操作系统设计特性进行分析。这些模拟工具是用 Java 编写的，既可以作为一个 Java 应用在本地运行，也可以通过浏览器在线运行。

3) 本书还提供了三个系列的编程项目供学生参考和练习。

参加本书翻译、审阅和校对的还有桂尼克、孙剑、张顺廷、王刚、刘晗、冯涛、白光冬、孔俊俊、古亮、畅明、张琳、赵敬峰、张旦峰、陈子文、雷吉科等，特别是桂尼克对安全部分的翻译校对工作贡献很大。在此对他们的贡献表示诚挚的感谢。

由于译者水平有限，译文中必定会存在一些不足或错误，欢迎广大读者批评指正。

译者



# 本书的 Web 站点

Web 站点 [WilliamStallings.com/OS/OS6e.html](http://WilliamStallings.com/OS/OS6e.html) 为使用本书的教师和学生提供支持，该站点包括以下内容：

## 课程支持资料

课程支持资料包括：

- 本书所有插图的 PDF 格式副本。
- 本书所有表格的 PDF 格式副本。
- 用于辅助教学的一组 PowerPoint 幻灯片。
- 用于辅助学习的 HTML 格式课程笔记。
- 计算机专业学生的支持站点：包含许多对计算机课程学习非常有用的链接和文档。这个站点包括相关的数学基础知识回顾；关于研究、写报告、做作业的建议和指导；关于计算机科学的研究报告和书目等资源的链接；其他有用的链接。
- 本书英文版的勘误表，每月更新。

## 补充文档

补充文档包括：

- 一套补充的家庭作业并附有解答。学生可以通过完成这些习题并检查答案加强对课程的理解。
- C 语言使用指南，包括针对 Java 程序员的 C 语言。
- 两章在线课程：内容为网络化和分布式进程管理。
- 六个在线附录文档，旨在扩展视野。讨论内容包括算法复杂性、因特网标准和套接字。
- 本书所有算法的 PDF 格式副本，以易于理解的、类 Pascal 的伪代码编写。
- 为便于参考，本书中的所有 Windows、UNIX 和 Linux 材料都重新整理到三个 PDF 格式的文档中。

## 操作系统课程

Web 站点包含关于使用本书进行教学的其他 Web 站点的链接，这些站点为如何安排课程进度以及主题顺序提供了有用的思想，此外还包括一些非常有用的资料和素材。

## 有用的 Web 站点

Web 站点包含与相关站点的链接。这些链接覆盖了很宽广的主题领域，使学生可以进行深入的学习和研究。

## Internet 邮件列表

维护 Internet 邮件列表是为了给使用本书的教师之间以及教师和作者之间提供一种交流信息、提出建议、探讨问题的方便途径。本书的 Web 站点还提供订购信息。

## 操作系统项目

Web 站点包含与 Nachos 和 BACI 站点的链接，这些站点分别对应一个作为项目实现框架的软件包，每个站点都包含可下载的软件和背景信息。更多的信息请参阅附录 C。

# 前 言

## 目标

本书是一本关于操作系统的概念、结构和机制的教材，其目的是尽可能清楚和全面地展现当代操作系统的本质和特点。

这是一项具有挑战性的任务。首先，需要为各种各样的计算机系统设计操作系统，包括单用户工作站和个人计算机、中等规模的共享系统、大型计算机和超级计算机以及诸如实时系统之类的专门机器。多样性不仅表现在机器的容量和速度上，而且表现在具体应用和系统支持的需求上。其次，计算机系统正以日新月异的速度发展变化，操作系统设计中的许多重要领域都是新近开始研究的，而关于这些领域以及其他新领域的研究工作仍然在继续着。

尽管存在着多样性和变化快等问题，一些基本概念仍然贯穿始终。当然，这些概念的应用依赖于当前的技术状况和特定的应用需求。本书的目的是对操作系统设计的基本原理提供全面的讨论，并且与当代流行的设计问题以及当前操作系统的发展方向联系起来。

## 示例系统

本书试图使读者熟悉当代操作系统的设计原理和实现问题，因此单纯讲述概念和理论是远远不够的。为了说明这些概念，同时将它们与真实世界中不得不做出的设计选择相联系，本书选择了三个操作系统作为示例：

- **Windows Vista**：用于个人计算机、工作站和服务器的多任务操作系统。它融合了很多操作系统发展的最新技术，此外，Windows 是最早采用面向对象原理设计的重要的商业操作系统之一。本书涵盖了在 Windows 最新版本 Vista 中所采用的技术。
- **UNIX**：最初是为小型计算机而设计的多用户操作系统，但后来广泛用于从微机到超级计算机的各种机器中。本书包含若干版本的 UNIX。FreeBSD 结合了很多反映当代水平的功能，是一款得到广泛应用的操作系统。Solaris 是一款应用广泛的商业版 UNIX 系统。
- **Linux**：一款目前非常普及且源码开放的 UNIX 版本。

选择这些系统是由于它们的相关性和代表性。关于这些示例系统的讨论贯穿全书，而不是集中在某一章或附录部分。因此，在讨论并发性的过程中，将描述每个示例系统的并发机制，并探究各个设计选择的动机。通过这种方法，可以利用真实的例子立即加深对某一特定章节中设计概念的理解。

## 读者对象

本书是为高等院校师生和专业人员编写的。作为教材，本书对应于计算机科学、计算机工程和电子工程专业本科一个学期的操作系统课程。书中的专题包括由 IEEE 和 ACM 计算机委员会的计算课程联合工作组为计算机科学专业的本科生推荐的计算机课程（Computer Curricula 2001），同时也包括由上述联合工作组推荐的计算机科学 2002 联合学位课程指南（Guidelines for

Associate-Degree Curricula in Computer Science 2002) 中推荐的专题。本书还是一本基础参考书, 同时也适于自学。

## 本书结构

本书分为八个部分(参见第 0 章的综述): 背景、进程、内存、调度、输入/输出与文件、嵌入式系统、安全、分布式系统。

本书具有许多适用于教学的特征, 包括使用大量的动画和图表来阐明一些容易混淆的概念。每一章还包括一些关键术语列表、复习题、课外练习、进一步学习的建议和相关网站的链接。而且, 还为指导教师提供了题库。

## 课程参考资料

以下的教辅资料可以通过访问受密码保护的 Pearson 网站的教师资源区域获得 ([www.prenhall.com/stallings](http://www.prenhall.com/stallings)):

- 参考答案: 章末复习题和习题的解决方案。
- 课件: 所有章节的课件, 可以用于课堂教学。
- PDF 文件: 本书中全部图和表的副本。
- 项目手册: 下面列出的所有项目类型的推荐项目任务。

## 为教师和学生提供的 Internet 服务

本书的 Web 站点为教师和学生提供支持, 该站点包括一些到其他相关站点和有用文档的链接。参见前面的“本书的 Web 站点”以获得更多的信息。网址是 <http://williamstallings.com/OS/OS6e.html>。

在这个网站上, 这一版新添加了一些课后问题和解答。通过求解问题并核对答案, 学生可以加强对教材内容的理解。

我们还建立了邮件列表, 使用本书的教师可以通过邮件列表来交换信息、建议和遇到的问题。一旦发现拼写或其他错误, 本书的勘误表将可以在 [WilliamStallings.com](http://WilliamStallings.com) 上获得。最后, 我还在 [WilliamStallings.com/StudentSupport.html](http://WilliamStallings.com/StudentSupport.html) 上维护了计算机科学学生资源网。

## 操作系统项目和其他学生练习

对许多教师而言, 操作系统课程的一个重要内容是, 通过一个项目或一组项目使得学生能够获得亲身体验, 以加深对课本中概念的理解。本书为课程所包含的项目部分提供了非并行程度的支持, 它定义了两个编程项目。Prentice Hall 的网站为教师提供了一些在线参考资料, 其中不仅包括有关项目分配和结构的指南, 还包括各种项目类型的用户手册, 以及专门为本书编写的特定任务。教师可以在以下方面布置任务:


- 动画任务: 下详。
- 模拟项目: 下详。
- 编程项目: 下详。
- 研究项目: 一系列研究项目可以指导学生研究某一个特定的专题, 并且撰写报告。
- 阅读/报告练习: 用于阅读和撰写报告的多篇论文, 推荐了一些书面用语。
- 写作练习: 关于一些容易理解的材料的一系列写作练习。



- **讨论专题：**这些专题可以在课堂、聊天室和消息展板上应用，以更深入地扩展对于特定领域的理解，培养学生的合作能力。另外，作为项目实践的开发框架，我们提供了两个软件包：开发操作系统的构件可以使用 Nachos，学习并发机制可以使用 BACI。

这些项目和课外练习使得教师既可以使用本书作为丰富教学内容的一部分，也可以根据教师和学生的特别需求进行裁剪。详见附录 C。

## 动画和模拟

新版结合使用了动画和模拟。动画部分用专门的图标标识出来。对于理解现代操作系统的一些复杂机制而言，动画是一种强大的工具。为了说明操作系统设计中的关键功能和算法，本书使用了一些动画。在书中对应的位置，一个特殊的图标  表示这里有在线动画供学生使用。使用动画有两种方式。在被动模式中，学生点击相关动画，然后观看相关概念或原理的动画。由于这些动画提供了用户可设置的初始条件，所以还可以按照主动模式使用动画。这样，动画也可以作为学生作业。教辅中包括了每个动画的相关作业。

IRC 还提供了一些在 7 个模拟内容基础上的作业项目，这些模拟都与操作系统设计关键领域相关。学生可以使用这套模拟工具包，对操作系统设计特性进行分析。这些模拟工具用 Java 写成，既可以作为一个 Java 应用程序在本地运行，也可以通过浏览器在线运行。IRC 中包括了学生使用的相关作业材料，让学生了解如何做以及结果会是怎样的。

## 编程项目

新版提供更多的对编程项目的支持。有两个主要的编程项目，一个用于构造 shell，即命令行解释器，而另一个项目用于构造教材中介绍的进程分派器 (process dispatcher)，它们分别位于第 3 章和第 9 章的后面。IRC 提供了为开发程序所需要的深入资料，以及一步一步的练习。

作为替代方案，指导教师可以安排强度更大的系列项目，这些系列项目涵盖了本书中的许多基本原理。为了进行这些项目，我们为学生提供了详细的指导材料。另外，还提供了一套课外练习，其中的问题与每个项目有关，供学生回答。

最后，在 IRC 提供的项目手册中，包括了一套涉及广泛专题的系列编程项目，它们可以在任何平台上使用任何语言来进行开发。

## 第 6 版中的新内容

自从第 5 版发行之后，这四年以来，操作系统领域始终在不断地变化。在新版中，作者试图抓住这些变化，同时保持对操作系统整个领域全面而深入的阐述。为了完善本书，作者将第 5 版交由一批从事相关教学和研究的教授们审阅。所以在新版许多地方的叙述更加清晰、紧凑，说明也得以改进。而且，增加了大量新的“现场测试”(field-tested)型的课外练习。

除了这些教育学以及用户友善性方面的细化之外，为了反映这个令人兴奋的领域中的进展，我们对教材的技术内容也进行了整体更新。最主要的变化如下：

- **动画：**动画为理解现代操作系统中的复杂机制提供了一种强大的工具。第 6 版中有 16 个动画，覆盖了调度、并发控制、缓存一致性以及进程生命周期等内容。在书中的相应位置，我们对动画进行了突出标记，使得学生在学习本书的过程中可以在恰当的时候使用动画。

- **Windows Vista:** Vista 是微软公司为 PC 机、工作站和服务器提供的一种最新型的操作系统。第 6 版在介绍所有的关键技术领域时都提供了 Vista 内部的有关细节, 包括进程/线程管理、调度、内存管理、安全、文件系统以及 I/O。
- **Vista/Linux 比较:** 纵观全书, 始终将 Vista 和 Linux 作为 OS 内部各个方面的实例使用。第 6 版的新特色是, 涉及 Vista 和 Linux 的每一章都有一个专门的部分, 对这两个操作系统的技术处理方式进行比较。
- **扩展的安全内容:** 本书的第七部分“安全”完全是重写的, 并扩展为两章。包含了许多新的内容。另外, 本书的重点几章里(第 3、7 和 12 章)都安排有涉及安全的论述。
- **嵌入式操作系统:** 第 6 版包括了嵌入式操作系统的新章节。嵌入式系统远多于通用计算机系统, 并构成了对操作系统的独特挑战。这一章包括有关基本原理的讨论, 以及两个示例系统: TinyOS 和 eCos。
- **并发:** 为了叙述上的改善, 对有关并发的内容进行了扩展和更新。
- **多处理器调度:** 增加了有关游戏软件中多处理器调度设计问题的实际示例。

本书每一版在增加新的内容过程中, 都要为保持合理的页码数量而奋斗。这个目标通过消除过时的材料和使叙述更紧凑来达到。对于这一版, 相对不太重要的章节和附录以 PDF 文件的形式转到了网上, 从而不必增加篇幅和成本就能对本书的内容进行扩展。

## 致谢

新版本得益于很多花费了大量的时间和精力进行审阅的专家和教授, 包括 Archana Chidanandan (Roe-Hulman)、Scott Stoller (SUNY-Stony Brook)、Ziya Arnavut (SUNY-Fredonia)、Sanjiv Bhatia (University of Missouri-St. Louis)、Jayson Rock (University of Wisconsin-Milwaukee)、Mark Mahoney (Carthage College, WI)、Richard Smith (University of St. Thomas)、Jeff Chastine (Clayton State University, GA)、Tom Easton (Thomas College, ME)、Che Dunren (Southern Illinois University)、Dean Mathias (Utah State University)、Shavakant Mishra (University of Colorado) 和 Richard Reese (Tarleton State University), 他们审阅了本书的大部分或全部。

还要感谢很多为本书的一章或多章进行了详尽审阅的人: Vija Nyalpelli、John Traenky、James Hartley、Ajay Kumar (Symantec)、Juergen Gross、Manceesh Singhal (UNIX Kernel Professional in India)、Yao Qi、Xie Yubo、Victor Cionca、Nikhil Bhargava 和 Marcros Nagamura。

我还要感谢 Dave Probert, 微软 Windows 内核与体系结构组的架构师, 他审阅了 Vista 系统相关的资料, 并提供了 Linux 系统与 Vista 系统的对比; Tiran Aviazian, Linux 文档项目中内核文档的作者, 他审阅了 Linux 2.6 的资料; eCosCentric 的 Nick Garnett, 他审阅了 eCos 的相关资料; Philip Levis, TinyOS 系统的开发者之一, 他审阅了 TinyOS 相关的资料。

Brandon Ardiente 和 Tina Kouri (Colorado School of Mines) 添加了与书中动画有关的练习题。Adam Critchley (University of Texas at San Antonio) 添加了模拟练习题。Matt Sparks (University of Illinois at Urbana-Champaign) 修改了本书的一些编程问题。

Lawrie Brown (The Australian Defence Force Academy) 提供了缓冲区溢出攻击的材料。Ching-Kuang Shene (Michigan Tech University) 为竞争条件一节提供了示例, 并审阅了此章节。Tracy Camp 和 Keith Hellman (Colorado School of Mines) 提供了一些新的课外练习。此外, Fernando Ariel Gont 也提供了一些课外练习, 同时他还详细地审阅了本书的全部章节。

我还要感谢 Bill Bynum (College of William and Mary) 和 Tracy Camp (Colorado School of Mines) 对附录 G 的贡献; 感谢 Steve Taylor (Worcester Polytechnic Institute) 对教师手册中程序设计项目和阅读/报告任务的贡献; 感谢 Tan N. Nguyen 教授 (George Mason University) 对教学手册中研究项目的贡献; 感谢 Ian G. Granham (Griffith University) 对本书中两个编程项目的贡献; 感谢 Oskars Rieksts (Kutztown University) 慷慨地允许我使用他的讲稿、测验与项目。

最后, 我要感谢负责出版本书的人们, 感谢他们出色的工作, 这包括我的编辑 Tracy Dunkelberger, 他的助理 Melinda Hagerty, 产品经理 Rose Kernan, 补遗经理 ReeAnne Davis。此外, Jake Warde (Warde Publishers) 负责审阅, Patricia M. Daly 负责副本编辑, 在此一并表示感谢。

# 目 录

出版者的话  
译者序  
前言

第 0 章 读者指南	1
0.1 本书概述	1
0.2 读者和教师的学习路线图	1
0.3 Internet 和 Web 资源	2

## 第一部分 背景

第 1 章 计算机系统概述	6
1.1 基本构成	6
1.2 处理器寄存器	6
1.2.1 用户可见寄存器	7
1.2.2 控制和状态寄存器	8
1.3 指令的执行	9
1.3.1 取指令和执行指令	9
1.3.2 I/O 函数	11
1.4 中断	11
1.4.1 中断和指令周期	12
1.4.2 中断处理	14
1.4.3 多个中断	15
1.4.4 多道程序设计	17
1.5 存储器的层次结构	17
1.6 高速缓存	20
1.6.1 动机	20
1.6.2 高速缓存原理	20
1.6.3 高速缓存设计	21
1.7 I/O 通信技术	22
1.7.1 可编程 I/O	22
1.7.2 中断驱动 I/O	22
1.7.3 直接内存存取	24
1.8 推荐读物和网站	24
1.9 关键术语、复习题和习题	25

附录 1A 两级存储器的性能特征	27
附录 1B 过程控制	30
第 2 章 操作系统概述	33
2.1 操作系统的目标和功能	33
2.1.1 作为用户/计算机接口的操作系统	33
2.1.2 作为资源管理器的操作系统	34
2.1.3 操作系统的易扩展性	35
2.2 操作系统的发展	35
2.2.1 串行处理	35
2.2.2 简单批处理系统	36
2.2.3 多道程序设计批处理系统	38
2.2.4 分时系统	40
2.3 主要的成就	42
2.3.1 进程	42
2.3.2 内存管理	44
2.3.3 信息保护和安全	46
2.3.4 调度和资源管理	46
2.3.5 系统结构	47
2.4 现代操作系统的特征	49
2.5 微软的 Windows 概述	51
2.5.1 历史	51
2.5.2 单用户多任务	53
2.5.3 体系结构	53
2.5.4 客户/服务器模型	56
2.5.5 线程和 SMP	57
2.5.6 Windows 对象	57
2.6 传统的 UNIX 系统	58
2.6.1 历史	58

2.6.2 描述 .....	59	3.8 小结 .....	102
2.7 现代 UNIX 系统 .....	60	3.9 推荐读物 .....	102
2.7.1 系统 V 版本 4 (SVR4) .....	60	3.10 关键术语、复习题和习题 .....	102
2.7.2 BSD .....	61	编程项目 1: 开发一个 shell 程序 .....	105
2.7.3 Solaris 10 .....	61	<b>第 4 章 线程、对称多处理 (SMP)</b>	
2.8 Linux 操作系统 .....	61	<b>和微内核 .....</b>	<b>107</b>
2.8.1 历史 .....	62	4.1 进程和线程 .....	107
2.8.2 模块结构 .....	63	4.1.1 多线程 .....	107
2.8.3 内核组件 .....	64	4.1.2 线程功能特性 .....	109
2.9 推荐读物和网站 .....	67	4.1.3 例子: Adobe PageMaker .....	111
2.10 关键术语、复习题和习题 .....	68	4.1.4 用户级和内核级线程 .....	112
		4.1.5 其他方案 .....	115
		4.2 对称多处理 .....	116
		4.2.1 SMP 体系结构 .....	116
		4.2.2 SMP 系统的组织结构 .....	117
		4.2.3 多处理器操作系统的设计思考 .....	118
		4.3 微内核 .....	119
		4.3.1 微内核体系结构 .....	119
		4.3.2 微内核组织结构的优点 .....	120
		4.3.3 微内核性能 .....	121
		4.3.4 微内核设计 .....	121
		4.4 Windows 线程和 SMP 管理 .....	122
		4.4.1 进程对象和线程对象 .....	123
		4.4.2 多线程 .....	125
		4.4.3 线程状态 .....	125
		4.4.4 对操作系统子系统的支持 .....	126
		4.4.5 对称多处理的支持 .....	126
		4.5 Solaris 的线程和 SMP 管理 .....	127
		4.5.1 多线程体系结构 .....	127
		4.5.2 动机 .....	127
		4.5.3 进程结构 .....	128
		4.5.4 线程的执行 .....	129
		4.5.5 把中断当做线程 .....	129
		4.6 Linux 的进程和线程管理 .....	130
		4.6.1 Linux 任务 .....	130
		4.6.2 Linux 线程 .....	131
		4.7 小结 .....	132
		4.8 推荐读物 .....	133
<b>第二部分 进程</b>			
<b>第 3 章 进程描述和控制 .....</b>	<b>73</b>		
3.1 什么是进程 .....	73		
3.1.1 背景 .....	73		
3.1.2 进程和进程控制块 .....	74		
3.2 进程状态 .....	75		
3.2.1 两状态进程模型 .....	76		
3.2.2 进程的创建和终止 .....	77		
3.2.3 五状态模型 .....	78		
3.2.4 被挂起的进程 .....	81		
3.3 进程描述 .....	84		
3.3.1 操作系统的控制结构 .....	85		
3.3.2 进程控制结构 .....	86		
3.4 进程控制 .....	90		
3.4.1 执行模式 .....	90		
3.4.2 进程创建 .....	91		
3.4.3 进程切换 .....	92		
3.5 操作系统的执行 .....	93		
3.5.1 无进程的内核 .....	94		
3.5.2 在用户进程中执行 .....	94		
3.5.3 基于进程的操作系统 .....	95		
3.6 安全问题 .....	95		
3.6.1 系统访问威胁 .....	96		
3.6.2 对抗措施 .....	96		
3.7 UNIX SVR4 进程管理 .....	98		
3.7.1 进程状态 .....	98		
3.7.2 进程描述 .....	99		
3.7.3 进程控制 .....	101		

4.9 关键术语、复习题和习题	133	6.2.3 不可抢占	184
<b>第5章 并发性：互斥和同步</b>	<b>138</b>	6.2.4 循环等待	184
5.1 并发的原理	139	6.3 死锁避免	185
5.1.1 一个简单的例子	139	6.3.1 进程启动拒绝	185
5.1.2 竞争条件	141	6.3.2 资源分配拒绝	186
5.1.3 操作系统关注的问题	141	6.4 死锁检测	189
5.1.4 进程的交互	141	6.4.1 死锁检测算法	189
5.1.5 互斥的要求	144	6.4.2 恢复	190
5.2 互斥：硬件的支持	144	6.5 一种综合的死锁策略	190
5.2.1 中断禁用	144	6.6 哲学家就餐问题	191
5.2.2 专用机器指令	145	6.6.1 使用信号量解决方案	191
5.3 信号量	147	6.6.2 使用管程解决方案	192
5.3.1 互斥	150	6.7 UNIX 的并发机制	192
5.3.2 生产者/消费者问题	151	6.7.1 管道	192
5.3.3 信号量的实现	154	6.7.2 消息	193
5.4 管程	155	6.7.3 共享内存	193
5.4.1 使用信号的管程	155	6.7.4 信号量	194
5.4.2 使用通知和广播的管程	158	6.7.5 信号	194
5.5 消息传递	159	6.8 Linux 内核并发机制	195
5.5.1 同步	160	6.8.1 原子操作	195
5.5.2 寻址	161	6.8.2 自旋锁	196
5.5.3 消息格式	162	6.8.3 信号量	197
5.5.4 排队原则	162	6.8.4 屏障	199
5.5.5 互斥	162	6.9 Solaris 线程同步原语	199
5.6 读者-写者问题	163	6.9.1 互斥锁	200
5.6.1 读者优先	164	6.9.2 信号量	200
5.6.2 写者优先	164	6.9.3 多读者/单写者锁	201
5.7 小结	166	6.9.4 条件变量	201
5.8 推荐读物	167	6.10 Windows 并发机制	201
5.9 关键术语、复习题和习题	167	6.10.1 等待函数	201
<b>第6章 并发：死锁和饥饿</b>	<b>178</b>	6.10.2 分派器对象	202
6.1 死锁的原理	178	6.10.3 临界区	203
6.1.1 可重用资源	180	6.10.4 轻量级读写锁和条件变量	203
6.1.2 可消耗资源	181	6.11 小结	204
6.1.3 资源分配图	182	6.12 推荐读物	204
6.1.4 死锁的条件	183	6.13 关键术语、复习题和习题	205
6.2 死锁预防	184		
6.2.1 互斥	184	<b>第三部分 内存</b>	
6.2.2 占有且等待	184	<b>第7章 内存管理</b>	<b>210</b>
		7.1 内存管理的需求	210



7.1.1	重定位	210	8.5	Windows 内存管理	262
7.1.2	保护	211	8.5.1	Windows 虚拟地址映射	263
7.1.3	共享	211	8.5.2	Windows 分页	263
7.1.4	逻辑组织	211	8.6	小结	264
7.1.5	物理组织	211	8.7	推荐读物和网站	264
7.2	内存分区	212	8.8	关键术语、复习题和习题	265
7.2.1	固定分区	212	附录 8A	散列表	268
7.2.2	动态分区	214	<b>第四部分 调度</b>		
7.2.3	伙伴系统	216	<b>第 9 章 单处理器调度</b> 272		
7.2.4	重定位	218	9.1	处理器调度的类型	272
7.3	分页	219	9.1.1	长程调度	273
7.4	分段	222	9.1.2	中程调度	274
7.5	安全问题	222	9.1.3	短程调度	274
7.5.1	缓冲区溢出攻击	222	9.2	调度算法	274
7.5.2	预防缓冲区溢出	225	9.2.1	短程调度准则	274
7.6	小结	225	9.2.2	优先级的使用	275
7.7	推荐读物	225	9.2.3	选择调度策略	276
7.8	关键术语、复习题和习题	225	9.2.4	性能比较	284
附录 7A	加载和链接	228	9.2.5	公平共享调度	287
<b>第 8 章 虚拟内存</b> 232			9.3	传统的 UNIX 调度	289
8.1	硬件和控制结构	232	9.4	小结	290
8.1.1	局部性和虚拟内存	233	9.5	推荐读物	291
8.1.2	分页	235	9.6	关键术语、复习题和习题	291
8.1.3	分段	242	附录 9A	响应时间	294
8.1.4	段页式	243	附录 9B	排队系统	296
8.1.5	保护和共享	244	编程项目 2:	主机调度 shell 程序	299
8.2	操作系统软件	244	<b>第 10 章 多处理器和实时调度</b> 304		
8.2.1	读取策略	245	10.1	多处理器调度	304
8.2.2	放置策略	246	10.1.1	粒度	304
8.2.3	置换策略	246	10.1.2	设计问题	307
8.2.4	驻留集管理	251	10.1.3	进程调度	308
8.2.5	清除策略	255	10.1.4	线程调度	309
8.2.6	加载控制	255	10.2	实时调度	312
8.3	UNIX 和 Solaris 内存管理	257	10.2.1	背景	312
8.3.1	分页系统	257	10.2.2	实时操作系统的特点	313
8.3.2	内核内存分配器	259	10.2.3	实时调度	315
8.4	Linux 内存管理	260	10.2.4	限期调度	316
8.4.1	Linux 虚拟内存	260	10.2.5	速率单调调度	319
8.4.2	内核内存分配	261			

10.2.6 优先级反转	321	11.8 UNIX SVR4 I/O	355
10.3 Linux 调度	322	11.8.1 缓冲区高速缓存	356
10.3.1 实时调度	322	11.8.2 字符队列	356
10.3.2 非实时调度	323	11.8.3 无缓冲 I/O	357
10.4 UNIX SVR4 调度	325	11.8.4 UNIX 设备	357
10.5 Windows 调度	326	11.9 Linux I/O	357
10.5.1 进程和线程优先级	326	11.9.1 磁盘调度	358
10.5.2 多处理器调度	328	11.9.2 Linux 页面缓存	360
10.6 小结	328	11.10 Windows I/O	360
10.7 推荐读物	328	11.10.1 基本 I/O 机制	360
10.8 关键术语、复习题和习题	329	11.10.2 异步 I/O 和同步 I/O	361
<b>第五部分 I/O 和文件</b>		11.10.3 软件 RAID	361
<b>第 11 章 I/O 管理和磁盘调度</b>	334	11.10.4 卷影复制	361
11.1 I/O 设备	334	11.10.5 卷加密	362
11.2 I/O 功能的组织	335	11.11 小结	362
11.2.1 I/O 功能的发展	335	11.12 推荐读物	362
11.2.2 直接存储器访问	336	11.13 关键术语、复习题和习题	363
11.3 操作系统设计问题	337	附录 11A 磁盘存储设备	365
11.3.1 设计目标	337	<b>第 12 章 文件管理</b>	371
11.3.2 I/O 功能的逻辑结构	338	12.1 概述	371
11.4 I/O 缓冲	339	12.1.1 文件和文件系统	371
11.4.1 单缓冲	340	12.1.2 文件结构	371
11.4.2 双缓冲	341	12.1.3 文件管理系统	373
11.4.3 循环缓冲	341	12.2 文件组织和访问	375
11.4.4 缓冲的作用	341	12.2.1 堆	376
11.5 磁盘调度	342	12.2.2 顺序文件	376
11.5.1 磁盘性能参数	342	12.2.3 索引顺序文件	377
11.5.2 磁盘调度策略	344	12.2.4 索引文件	377
11.6 RAID	347	12.2.5 直接文件或散列文件	378
11.6.1 RAID 级别 0	349	12.3 文件目录	378
11.6.2 RAID 级别 1	350	12.3.1 内容	378
11.6.3 RAID 级别 2	351	12.3.2 结构	379
11.6.4 RAID 级别 3	351	12.3.3 命名	380
11.6.5 RAID 级别 4	352	12.4 文件共享	381
11.6.6 RAID 级别 5	353	12.4.1 访问权限	381
11.6.7 RAID 级别 6	353	12.4.2 同时访问	381
11.7 磁盘高速缓存	353	12.5 记录组块	382
11.7.1 设计考虑	353	12.6 二级存储管理	383
11.7.2 性能考虑	355	12.6.1 文件分配	383

12.6.2	空闲空间的管理	387
12.6.3	卷	388
12.6.4	可靠性	388
12.7	文件系统安全	389
12.8	UNIX 文件管理	390
12.8.1	索引节点	391
12.8.2	文件分配	392
12.8.3	目录	393
12.8.4	卷结构	393
12.8.5	传统的 UNIX 文件访问控制	393
12.8.6	UNIX 中的访问控制列表	394
12.9	Linux 虚拟文件系统	395
12.9.1	超级块对象	397
12.9.2	索引节点对象	397
12.9.3	目录项对象	398
12.9.4	文件对象	398
12.10	Windows 文件系统	398
12.10.1	NTFS 的重要特征	398
12.10.2	NTFS 卷和文件结构	399
12.10.3	可恢复性	401
12.11	小结	402
12.12	推荐读物	402
12.13	关键术语、复习题和习题	403

## 第六部分 嵌入式系统

第 13 章	嵌入式操作系统	406
13.1	嵌入式系统	406
13.2	嵌入式操作系统的特点	407
13.2.1	移植现有的商业操作系统	408
13.2.2	为特定目的构建的嵌入式操作系统	408
13.3	eCos	409
13.3.1	可配置性	409
13.3.2	eCos 组件	411
13.3.3	eCos 调度程序	414
13.3.4	eCos 线程同步	415
13.4	TinyOS	419
13.4.1	无线传感器网络	420
13.4.2	TinyOS 的目标	420

13.4.3	TinyOS 的组件	421
13.4.4	TinyOS 的调度程序	423
13.4.5	配置例子	423
13.4.6	TinyOS 的资源接口	425
13.5	推荐读物和网站	426
13.6	关键术语、复习题和习题	426

## 第七部分 安全

第 14 章	计算机安全威胁	430
14.1	计算机安全的概念	430
14.2	威胁、攻击和资产	431
14.2.1	威胁和攻击	431
14.2.2	威胁和资产	432
14.3	入侵者	434
14.3.1	入侵者行为模式	435
14.3.2	入侵技术	437
14.4	恶意软件概述	437
14.4.1	后门	437
14.4.2	逻辑炸弹	438
14.4.3	特洛伊木马	438
14.4.4	移动代码	438
14.4.5	多威胁恶意软件	439
14.5	病毒、蠕虫与僵尸	440
14.5.1	病毒	440
14.5.2	蠕虫	443
14.5.3	僵尸	445
14.6	rootkits	447
14.6.1	rootkit 安装	447
14.6.2	系统级调用攻击	447
14.7	推荐读物和网站	448
14.8	关键术语、复习题和习题	448
第 15 章	计算机安全技术	451
15.1	身份验证	451
15.1.1	身份验证方法	451
15.1.2	基于密码的身份验证	451
15.1.3	基于令牌的身份验证	453
15.1.4	生物特征识别认证	454
15.2	访问控制	455
15.2.1	自主访问控制	456