

教育部高等教育司推荐
国外优秀信息科学与技术系列教学用书

计算机组织与结构

——性能设计

(第七版 影印版)

**COMPUTER ORGANIZATION
AND ARCHITECTURE**
Designing for Performance
(Seventh Edition)

■ William Stallings



高等教育出版社
Higher Education Press

Computer Organization and Architecture: Designing for Performance, Seventh Edition
 William Stallings
 本书同时配有 Pearson Education 高等教育出版社 (Pearson Education) 出版。未经许可，不得转载。
 Original edition, entitled COMPUTER ORGANIZATION & ARCHITECTURE: DESIGNING FOR PERFORMANCE, 7E, 9780132017204 by WILLIAM STALLINGS, published by Pearson Education, Inc., published in the United States of America. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc. China edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and HIGHER EDUCATION PRESS, Copyright © 2009.

计算机组织与结构

——性能设计

(第七版 影印版)

高等教育出版社, 2009.11
 ISBN 978-7-04-031111-1
 I. 计... II. 史... III. 计算机组织与结构—性能设计—教材
 W. TP303
 中国版本图书馆CIP数据

010-28381118
 400-810-0208
 http://www.hep.edu.cn
 http://www.hep.com.cn
 http://www.jbhep.com.cn
 http://www.jbhep.com.cn
 http://www.jbhep.com.cn
 http://www.jbhep.com.cn

出版发行 高等教育出版社
 社址 北京市西城区德胜门外大街4号
 邮政编码 100120
 总机 010-28381000
 经售 蓝色畅想图书发行有限公司
 印刷 北京民族印刷厂
 印



高等教育出版社
 Higher Education Press

820 × 1168 1/16
 49
 820.000
 22.00元

开 本
 印 张
 字 数

本书如欲转载请向北京民族印刷厂联系。未经许可，不得转载。
 版权所有 侵权必究
 印刷号 28254-00

图字：01-2009-4363 号

Computer Organization and Architecture: Designing for Performance, Seventh Edition

William Stallings

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。

Original edition, entitled COMPUTER ORGANIZATION & ARCHITECTURE: DESIGNING FOR PERFORMANCE, 7E, 9780132017504 by STALLINGS, WILLIAM, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall, Copyright © 2006 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

China edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and HIGHER EDUCATION PRESS Copyright © 2009.

本书原版为培生教育出版集团出版 COMPUTER ORGANIZATION & ARCHITECTURE: DESIGNING FOR PERFORMANCE, 7E, 作者为 STALLINGS, WILLIAM。著作权 © 2006。

版权所有。未经培生教育出版集团许可,任何部分不得以任何形式、任何途径(电子版或纸质版)复制或传播,包括影印、录制或信息存储及检索系统。

此英文影印版由培生教育出版集团和高等教育出版社合作出版。著作权 © 2009。

原版 ISBN: 978-0-13-201750-4

For sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

仅限于中华人民共和国境内(但不允许在中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)销售发行。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组织与结构:性能设计:第7版=Computer Organization and Architecture: Designing for Performance: 英文/(美)斯托林(Stallings, W.). 影印本. —北京:高等教育出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-04-028254-2

I. 计… II. 斯… III. 计算机体系结构—教材—英文 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 183449 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京民族印务有限责任公司

开 本 850 × 1168 1/16
印 张 49
字 数 850 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 11 月第 1 版
印 次 2009 年 11 月第 1 次印刷
定 价 55.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28254-00

序

20 世纪末, 以计算机和通信技术为代表的信息科学和技术对世界经济、科技、军事、教育和文化等产生了深刻影响。信息科学技术的迅速普及和应用, 带动了世界范围信息产业的蓬勃发展, 为许多国家带来了丰厚的回报。

进入 21 世纪, 尤其随着我国加入 WTO, 信息产业的国际竞争将更加激烈。我国信息产业虽然在 20 世纪末取得了迅猛发展, 但与发达国家相比, 甚至与印度、爱尔兰等国家相比, 还有很大差距。国家信息化的发展速度和信息产业的国际竞争能力, 最终都将取决于信息科学技术人才的质量和数量。引进国外信息科学和技术优秀教材, 在有条件的学校推动开展英语授课或双语教学, 是教育部为加快培养大批高质量的信息技术人才采取的一项重要举措。

为此, 教育部要求由高等教育出版社首先开展信息科学和技术教材的引进试点工作。同时提出了两点要求, 一是要高水平, 二是要低价格。在高等教育出版社和信息科学技术引进教材专家组的努力下, 经过比较短的时间, 第一批引进的 20 多种教材已经陆续出版。这套教材出版后受到了广泛的好评, 其中有不少是世界信息科学技术领域著名专家、教授的经典之作和反映信息科学技术最新进展的优秀作品, 代表了目前世界信息科学技术教育的一流水平, 而且价格也是最优惠的, 与国内同类自编教材相当。

这项教材引进工作是在教育部高等教育司和高等教育出版社的共同组织下, 由国内信息科学技术领域的专家、教授广泛参与, 在对大量国外教材进行多次遴选的基础上, 参考了国内和国外著名大学相关专业的课程设置进行系统引进的。其中, John Wiley 公司出版的贝尔实验室信息科学研究中心副总裁 Silberschatz 教授的经典著作《操作系统概念》, 是我们经过反复谈判, 做了很多努力才得以引进的。William Stallings 先生曾编写了在美国深受欢迎的信息科学技术系列教材, 其中有多种教材获得过美国教材和学术著作者协会颁发的计算机科学与工程教材奖, 这批引进教材中就有他的两本著作。留美中国学者 Jiawei Han 先生的《数据挖掘》是该领域中具有里程碑意义的著作。由达特茅斯学院 Thomas Cormen 和麻省理工学院、哥伦比亚大学的几位学者共同编著的经典著作《算法导论》, 在经历了 11 年的锤炼之后于 2001 年出版了第二版。目前任教于美国 Massachusetts 大学的 James Kurose 教授, 曾在美国三所高校先后 10 次获得杰出教师或杰出教学奖, 由他主编的《计算机网络》出版后, 以其体系新颖、内容先进而备受欢迎。

在努力降低引进教材售价方面,高等教育出版社做了大量和细致的工作。这套引进的教材体现了权威性、系统性、先进性和经济性等特点。

教育部也希望国内和国外的出版商积极参与此项工作,共同促进中国信息技术教育和信息产业的发展。我们在与外商的谈判工作中,不仅要坚定不移地引进国外最优秀的教材,而且还要千方百计地将版权转让费降下来,要让引进教材的价格与国内自编教材相当,让广大教师和学生负担得起。中国的教育市场巨大,外国出版公司和国内出版社要通过扩大发行数量取得效益。

在引进教材的同时,我们还应做好消化吸收,注意学习国外先进的教学思想和教学方法,提高自编教材的水平,使我们的教学和教材在内容体系上,在理论与实践的结合上,在培养学生的动手能力上能有较大的突破和创新。

目前,教育部正在全国 35 所高校推动示范性软件学院的建设和实施,这也是加快培养信息科学技术人才的重要举措之一。示范性软件学院要立足于培养具有国际竞争力的实用性软件人才,与国外知名高校或著名企业合作办学,以国内外著名 IT 企业为实践教学基地,聘请国内外知名教授和软件专家授课,还要率先使用引进教材开展教学。

我们希望通过这些举措,能在较短的时间,为我国培养一大批高质量的信息技术人才,提高我国软件人才的国际竞争力,促进我国信息产业的快速发展,加快推动国家信息化进程,进而带动整个国民经济的跨越式发展。

教育部高等教育司

二〇〇二年三月

前言

目标

本书介绍计算机的结构和功能,旨在尽量清晰、完整地介绍现代计算机系统的本质和特性。

这一任务是富有挑战性的,原因有以下几点。首先,现在有种类繁多的产品可以称为“计算机”,从几美元的单芯片微处理器,到耗资数千万美元的超级计算机。这里的多样性不仅仅体现在价格上,同时还体现在规模、性能和应用等方面。其次,迅速的变革也使得计算机技术的发展显得永无止境。这些变革涉及计算机技术的所有层面,从构建计算机组件的底层集成电路技术,到计算机组件整合过程中应用日益广泛的并行组织的概念。

尽管计算机领域存在着产品的多样性以及变革迅速的特点,但一些基本的概念依然适用。这些概念的应用取决于技术的当前发展状况以及设计者希望实现的价格/性能目标。本书的目的是详细讨论计算机组织与结构的基本原理,并将这些基本原理与目前的设计问题关联起来。

本书各章节的标题表明了本书的主题和采用的方法。设计具有高性能的计算机系统始终是很重要的,但是这一需求从未像目前这么迫切,并且实现起来也没有像现在这么困难。计算机系统的所有基本特性,包括处理器速度、内存速度、内存容量以及互连数据速率都在迅速提高。此外,这些组件的性能提升速率是有所不同的。因此,现在困难的是设计一个能够充分利用各个组件,使总体性能最大化的平衡系统。因此,计算机设计日益成为了一种修改某一领域的结构或功能,以补偿另外一个领域性能不匹配的游戏。读者将在本书的诸多设计决策中看到这一游戏的影子。

和任何系统一样,计算机系统也是由一组相互关联的组件组成的。从两个方面可以充分描述系统的特征:结构(组件之间的连接方式)和功能(各组件的作用)。此外,计算机的组织结构是层次化的。每个主要的组件都可以分解为子组件,并通过子组件的结构和功能来进一步描述。出于清晰和易于理解的考虑,在本书中采用自顶向下的方式来描述这一层次化结构:

• **计算机系统:** 主要组件是处理器、存储器和输入输出(I/O)设备。

- **处理器**：主要组件是控制器、寄存器、ALU 和指令执行单元。

- **控制器**：提供所有处理器组件的操作和协调控制信号。传统上采用微程序设计实现，在这种实现中，主要组件是控制存储器、微指令排序逻辑和寄存器。最近，微程序设计实现的优势不再像过去那么突出，但仍然是一种重要的实现技术。

本书的目标是以一种清晰的方式介绍新内容。这样做可以最大限度地减少读者的困惑，并且比自底向上的方式更容易激发读者的兴趣。

贯穿全书，本书始终从结构(对于机器语言程序设计人员可见的系统属性)与组织(实现结构的操作单元及其互连)的角度对计算机系统的各个方面进行了探讨。

示例系统

本书使用了取自各种计算机的示例来阐明和支持书中呈现的概念。其中许多示例(当然不是所有的)都是取自两种计算机系列：Intel Pentium 4 和 IBM/Motorola PowerPC。这两种计算机系统基本上包含了大多数现代计算机的设计趋势。Pentium 4 基本上是一种具有一些 RISC 特性的复杂指令集计算机(Complex Instruction Set Computer, CISC)，而 PowerPC 则基本上是一种精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)。这两种计算机系统都采用了超标量结构设计原理，并且都支持多处理器配置。

本书的组成

本书内容由五个部分组成。

第一部分：概述。这一部分概括介绍本书其余部分的内容及其相互关系。

第二部分：计算机系统。计算机系统由处理器、存储器和 I/O 模块以及这些主要组件的连接线路组成。除了处理器之外(由于处理器相当复杂，将在第三部分专门介绍)，该部分依次讨论了所有其他的组件。

第三部分：中央处理器。CPU 由一个控制器、寄存器、算术逻辑部件、指令执行单元以及这些部件之间的连接线路组成。该部分介绍了诸如指令集设计、数据类型等结构问题。第三部分还探讨了组织问题，例如流水线操作。

第四部分：控制器。控制器是处理器的一部分，负责激活处理器的其他各个部件。这一部分介绍了控制器的功能。

第五部分：并行组织。第五部分探讨了在多处理器以及矢量处理组织中涉及

的一些问题。

本书还包括一个内容丰富的术语表、一个常用的缩略语表以及一个参考书目。每章都包括作业题、复习题以及一组用于进一步阅读的关键字和建议。

预期读者

本书面向高校的师生和专业人士。作为一本教材，本书可用于一个学期或两个学期的计算机专业、计算机工程以及电子工程专业的本科课程。本书覆盖了《CS 220 Computer Architecture》中的所有主题，后者是《IEEE/ACM Computer Curricula 2001》中的核心主题领域之一。

对于对该领域感兴趣的专业人士，本书可以作为一个基本参考书，并且适合自学。

针对教师和学生的 Internet 服务

本书有一个 Web 站点可为学生和教师提供支持。该站点包括与其他相关站点的链接以及本书中图表的副本(PDF 格式,可用 Adobe Acrobat 打开)。该站点的 Web 页面位于 WilliamStallings.com/COA/COA7e.html, 参见本书前言之前的“《计算机组织与结构》(第七版)的 Web 站点”部分可了解该网站的更多内容。一旦发现了本书的排印错误和其他错误,将在站点 WilliamStallings.com 提供本书的勘误表。此外,位于 WilliamStallings.com/StudentSupport.html 的“计算机专业学生资源”(Computer Science Student Resource)站点为计算机专业学生和专业人士提供了文档、信息和有用的链接等资源。

讲授计算机组织与结构的项目

对于许多教师而言,计算机组织与结构课程的一个重要组成部分就是项目,通过项目学生可以获得一手的经验,以巩固对书中概念的理解。本书为在课程中加入项目内容提供了前所未有的支持。在教师手册中不仅包括了如何对这些项目进行分配和组织的指导,同时还包括了一组推荐的项目,这些项目涉及本书中的大部分主题:

- **研究项目:** 教师手册中包括了一系列作业,用于指导学生研究 Web 上或文献中的某个特定主题,并撰写研究报告。
- **仿真项目:** 教师手册提供了两个仿真软件包的使用支持。其中 SimpleSca-

lar 可用于探究计算机组织与结构设计问题；而 SMPCache 则提供了一个强大的教学工具，用于研究针对对称多处理器的缓存设计问题。

• **阅读/报告作业：**手册中还包括了文献中的一个论文列表，其中针对每章具有一篇或多篇论文，教师可以将它们分派给学生阅读并要求撰写一篇简短的报告。

更多详细内容参见附录 C。

第七版中的新内容

从本书第六版出版后的三年中，计算机组织与结构领域的创新和发展持续不断。在这个新版本中，我试图反映这些变化，同时仍然保持对整个领域的广泛而全面的介绍。为了开始修订过程，邀请了讲授本课程的许多教授对本书的第六版进行审阅。此外，活跃于该领域的许多专业人士也对本书的各章进行审阅。最终的结果是，本书许多地方的叙述更加清晰，结构也更为紧凑，示例说明也得以改进。此外，新版本中增加了 100 多道经过实践检验的习题。

除了采取这些精炼方式来改进教学和读者阅读体验之外，本书还进行了大量的修改。除了章节组织方式基本保持不变之外，大多数内容都进行了修订，而且加入了新的内容。

致谢

本书的新版本得益于许多人的审阅，他们为本书慷慨地奉献了其时间和专业知识。以下人士审校了本书的全部或大部分内容：Ravi Sundaram (Northeastern University)、Willis King (University of Houston)、Albert Heaney (California State University)、A. S. Pandya (Florida Atlantic University)、Yaser Khalifa (University of North Dakota) 和 Sanjeev Baskiyar (Auburn University)。

我还要感谢为各章进行详细技术性审阅的人士：Javier Eraso Helguera、Steve Golson、Sam Kerner、Balbir Singh、Jeff Deifik、Kiran Puttaswamy、Sharan Kalwani、Zalman Stern、Grzegorz Mazur、Jim Hull、Vinay S. Belgaumkar、Michael Spratte 和 John Savard。

Appalachian State University 的 Cindy Norris 教授、University of New Brunswick 的 Bin Mu 教授以及 University of Alaska 的 Kenrick Mock 教授欣然为本书提供了练习题。

西班牙 University of Extremadura 的 Miguel Angel Vega Rodriguez 教授、Juan

Manuel Sánchez Pérez 博士兼教授以及 Juan Antonio Gómez Pulido 博士兼教授负责准备了教师手册中的 SMPCache 习题并编写了《SMPCache 用户指南》。

University of Wisconsin 的 Todd Bezenek 以及 LeHigh University 的 James Stine 准备了教师手册中的 SimpleScalar 习题, 而且 Todd 负责编写了《SimpleScalar 用户指南》。

在此还要感谢 Liverpool Hope University College 的 Adrian Pullin, 他为本书开发了 PowerPoint 幻灯片。

缩略词

ACM	Association for Computing Machinery	计算机协会
ALU	Arithmetic and Logic Unit	算术逻辑单元
ASCII	American Standards Code for Information Interchange	美国信息交换标准码
ANSI	American National Standards Institute	美国国家标准学会
BCD	Binary Coded Decimal	二-十进制编码
CD	Compact Disk	压缩光盘
CD-ROM	Compact Disk-Read Only Memory	压缩光盘-只读存储器
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
CISC	Complex Instruction Set Computer	复杂指令集计算机
DRAM	Dynamic Random-Access Memory	动态随机存储器
DMA	Direct Memory Access	直接存储器存取
DVD	Digital Versatile Disk	通用数字光盘
EPIC	Explicitly Parallel Instruction Computing	显式并行指令计算
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory	可擦写可编程只读存储器
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	电可擦可编程只读存储器
HLL	High-Level Language	高级语言
I/O	Input/Output	输入/输出
IAR	Instruction Address Register	指令地址寄存器
IC	Integrated Circuit	集成电路
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	电气与电子工程师学会

ILP	Instruction-Level Parallelism	指令级并行性
IR	Instruction Register	指令寄存器
LRU	Least Recently Used	最近最少使用
LSI	Large-Scale Integration	大规模集成(电路)
MAR	Memory Address Register	内存地址寄存器
MBR	Memory Buffer Register	内存缓冲寄存器
MESI	Modify-Exclusive-Shared-Invalid	修改、独占、共享及无效
MMU	Memory Management Unit	存储器管理单元
MSI	Medium-Scale Integration	中规模集成(电路)
NUMA	Nonuniform Memory Access	非均匀存储器访问
OS	Operation System	操作系统
PC	Program Counter	程序计数器
PCI	Peripheral Component Interconnect	外围部件互连
PROM	Programmable Read-Only Memory	可编程只读存储器
PSW	Processor Status Word	处理器状态字
PCB	Process Control Block	进程控制块
RAID	Redundant Array of Independent Disks	磁盘冗余阵列
RALU	Register/Arithmetic-Logic Unit	寄存器/算术逻辑单元
RAM	Random-Access Memory	随机存储器
RISC	Reduced Instruction Set Computer	精简指令集计算机
ROM	Read-Only Memory	只读存储器
SCSI	Small Computer System Interface	小型计算机系统接口
SMP	Symmetric Multiprocessors	对称多处理器
SRAM	Static Random-Access Memory	静态随机存储器
SSI	Small-Scale Integration	小规模集成(电路)
ULSI	Ultra Large-Scale Integration	特大规模集成(电路)
VLSI	Very Large-Scale Integration	超大规模集成(电路)
VLIW	Very Long Instruction Word	超长指令字

COA7e 站点包括一些使用本书所讲授课程的相关站点的链接。这些站点可以提供关于课程安排和主题讲授顺序的一些有用建议以及大量有用的分发材料和内容。

《计算机组织与结构》(第七版)的 Web 站点

位于 WilliamStallings.com/COA/COA7e.html 的 Web 站点为使用本书的教师和学生提供支持。该站点包括以下内容。

课程支持材料

课程支持材料包括：

- 本书中所有插图的副本，PDF 格式。
- 本书中所有表格的副本，PDF 格式。
- 一组可用于辅助教学的 PPT 幻灯片。
- 一组 PDF 课程笔记，适合作为学生分发材料，或者用做视图。
- 计算机专业学生资源站点：包含一些链接和文档，这些链接和文档对于计算机专业的学生可能会有帮助。该站点还包括对相关数学基础知识的回顾；有关研究、书写和完成作业题的建议；关于报告库和书目等计算机科学研究资源的链接以及其他有用的链接。
- 一个针对本书每月更新的勘误表。

COA 课程

COA7e 站点包括一些使用本书所讲授课程的相关站点的链接。这些站点可以提供关于课程安排和主题讲授顺序的一些有用建议以及大量有用的分发材料和内容。

有用的 Web 站点

COA7e 站点包括一些到相关站点的链接，这些链接涉及广泛的主题，可以使学生全面而深入地探究前沿性课题。

COA 项目的仿真工具

COA7e 站点还包括了 SimpleScalar 和 SMPCache 站点的链接。这是两个可以作为项目实现框架的软件包。每个站点包括了可下载的软件和相应的背景信息。

球果 400

点按 deW 的链接

*To Tricia(ATS) ,
my loving wife, the kindest
and gentlest person*

PREFACE

OBJECTIVES

This book is about the structure and function of computers. Its purpose is to present, as clearly and completely as possible, the nature and characteristics of modern-day computer systems.

This task is challenging for several reasons. First, there is a tremendous variety of products that can rightly claim the name of “computer,” from single-chip microprocessors costing a few dollars, to supercomputers costing tens of millions of dollars. Variety is exhibited not only in cost, but also in size, performance, and application. Second, the rapid pace of change that always has characterized computer technology continues with no letup. These changes cover all aspects of computer technology, from the underlying integrated circuit technology used to construct computer components, to the increasing use of parallel organization concepts in combining those components.

In spite of the variety and pace of change in the computer field, certain fundamental concepts apply consistently throughout. The application of these concepts depends on the current state of the technology and the price/performance objectives of the designer. The intent of this book is to provide a thorough discussion of the fundamentals of computer organization and architecture and to relate these to contemporary design issues.

The subtitle suggests the theme and the approach taken in this book. It always has been important to design computer systems to achieve high performance, but never has this requirement been stronger or more difficult to satisfy than today. All of the basic performance characteristics of computer systems, including processor speed, memory speed, memory capacity, and interconnection data rates, are increasing rapidly. Moreover, they are increasing at different rates. This makes it difficult to design a balanced system that maximizes the performance and utilization of all elements. Thus, computer design increasingly becomes a game of changing the structure or function in one area to compensate for a performance mismatch in another area. We will see this game played out in numerous design decisions throughout the book.

A computer system, like any system, consists of an interrelated set of components. The system is best characterized in terms of structure—the way in which components are interconnected—and function—the operation of the individual components. Furthermore, a computer’s organization is hierarchical. Each major component can be described further by decomposing it into its major subcomponents and describing their structure and function. For clarity and ease of understanding, this hierarchical organization is described in this book from the top down:

- **Computer system:** Major components are processor, memory, I/O.
- **Processor:** Major components are control unit, registers, ALU, and instruction execution unit.
- **Control Unit:** Provides control signals for the operation and coordination of all processor components. Traditionally, a microprogramming implementation has been used, in which major components are control memory, microinstruction sequencing logic, and registers. More recently, microprogramming has been less prominent but remains an important implementation technique.

The objective is to present the material in a fashion that keeps new material in a clear context. This should minimize the chance that the reader will get lost and should provide better motivation than a bottom-up approach.

Throughout the discussion, aspects of the system are viewed from the points of view of both architecture (those attributes of a system visible to a machine language programmer) and organization (the operational units and their interconnections that realize the architecture).

EXAMPLE SYSTEMS

This book uses examples from a number of different machines to clarify and reinforce the concepts being presented. Many, but by no means all, of the examples are drawn from two computer families: the Intel Pentium 4, and the IBM/Motorola PowerPC. These two systems together encompass most of the current computer design trends. The Pentium 4 is essentially a complex instruction set computer (CISC) with some RISC features, while the PowerPC is essentially a reduced instruction set computer (RISC). Both systems make use of superscalar design principles and both support multiple processor configurations.

PLAN OF THE TEXT

The book is organized into five parts:

Part One. Overview: This part provides a preview and context for the remainder of the book.

Part Two. The Computer System: A computer system consists of processor, memory, and I/O modules, plus the interconnections among these major components. With the exception of the processor, which is sufficiently complex to be explored in Part Three, this part examines each of these elements in turn.

Part Three. The Central Processing Unit: The CPU consists of a control unit, registers, the arithmetic and logic unit, the instruction execution unit, and the interconnections among these components. Architectural issues, such as instruction set design and data types, are covered. Part Three also looks at organizational issues, such as pipelining.

Part Four. The Control Unit: The control unit is that part of the processor that activates the various components of the processor. This part looks at the functioning of the control unit.

Part Five. Parallel Organization: This final part looks at some of the issues involved in multiple processor and vector processing organizations.

The book also includes an extensive glossary, a list of frequently used acronyms, and a bibliography. Each chapter includes homework problems, review questions, a list of key words, and suggestions for further reading.

Intended Audience

The book is intended for both an academic and a professional audience. As a textbook, it is intended as a one- or two-semester undergraduate course for computer science, computer

engineering, and electrical engineering majors. It covers all of the topics in *CS 220 Computer Architecture*, which is one of the core subject areas in the *IEEE/ACM Computer Curricula 2001*.

For the professional interested in this field, the book serves as a basic reference volume and is suitable for self-study.

INTERNET SERVICES FOR INSTRUCTORS AND STUDENTS

There is a Web site for this book that provides support for students and instructors. The site includes links to other relevant sites, and copies of the figures and tables from the book in PDF (Adobe Acrobat) format. The Web page is at WilliamStallings.com/COA/COA7e.html; see the section, "Web Site for this Book," preceding this Preface, for more information. As soon as typos or other errors are discovered, an errata list for this book will be available at WilliamStallings.com. In addition, the Computer Science Student Resource site, at WilliamStallings.com/StudentSupport.html, provides documents, information, and useful links for computer science students and professionals.

PROJECTS FOR TEACHING COMPUTER ORGANIZATION AND ARCHITECTURE

For many instructors, an important component of a computer organization and architecture course is a project or set of projects by which the student gets hands-on experience to reinforce concepts from the text. This book provides an unparalleled degree of support for including a projects component in the course. The instructor's manual not only includes guidance on how to assign and structure the projects but also includes a set of suggested projects that covers a broad range of topics from the text:

- **Research projects:** The manual includes series of assignments that instruct the student to research a particular topic on the Web or in the literature, and write a report.
- **Simulation projects:** The manual provides support for the use of the two simulation packages: SimpleScalar can be used to explore computer organization and architecture design issues. SMPCache provides a powerful educational tool for examining cache design issues for symmetric multiprocessors.
- **Reading/report assignments:** The manual includes a list of papers in the literature, one or more for each chapter, that can be assigned for the student to read and then write a short report.

See Appendix C for details.

WHAT'S NEW IN THE SEVENTH EDITION

In the three years since the sixth edition of this book was published, the field has seen continued innovations and improvements. In this new edition, I try to capture these changes while maintaining a broad and comprehensive coverage of the entire field. To begin this process of revision, the sixth edition of this book was reviewed extensively by a number of professors who teach the subject. In addition, a number of professionals working in the field reviewed individual chapters. The result is that, in many places, the narrative has been clarified and tightened, and illustrations have been improved. Also, over 100 new "field-tested" problems have been added.