



21 世纪大学本科
计算机专业系列教材

蒋本珊 编著

计算机组成原理教师用书

<http://www.tup.com.cn>

- 根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE/CS *Computing Curricula 2001/2004* 同步

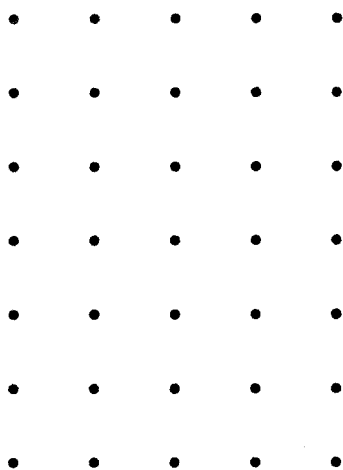


清华大学出版社

21世纪大学本科计算机专业系列教材

计算机组成原理教师用书

蒋本珊 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是与“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”中的《计算机组成原理》(主教材)一书完全配套的教师用书。全书共分 8 章,与主教材的结构相同,每一章都按基本内容要求、误点疑点解惑、相关知识介绍和教材习题解答四大版块进行组织。

全书概念清楚、通俗易懂、由浅入深,其核心内容是每一章的误点疑点解惑和相关知识介绍两大版块。各章中都以专题的形式对有关问题进行了比较详细和深入的讨论,并且通过一些例题来帮助读者加深对“计算机组成原理”课程所学知识的理解。教材习题解答版块则给出了主教材中所附全部习题的详细解答过程和参考答案。

本书是教师讲授“计算机组成原理”课程的教学参考书,也可以作为学生学习本课程的参考用书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理教师用书/蒋本珊编著. —北京:清华大学出版社,2005.8

(21 世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 7-302-11316-5

I. 计… II. 蒋… III. 计算机体系结构—高等学校—教学参考资料 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 074701 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:张瑞庆

封面设计:孟繁聪

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:16.5 字数:346 千字

版 次:2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-11316-5/TP·7456

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

名誉主任：陈火旺

主任：李晓明

副主任：钱德沛 焦金生

委员：(按姓氏笔画为序)

马殿富	王志英	王晓东	宁 洪	刘 辰
孙茂松	李大友	李仲麟	吴朝晖	何炎祥
宋方敏	张大方	张长海	周兴社	侯文永
袁开榜	钱乐秋	黄国兴	蒋宗礼	曾 明
廖明宏	樊孝忠			

秘书：张瑞庆

本书责任编辑：袁开榜

PREFACE

21 世纪是知识经济的时代,是人才竞争的时代。随着 21 世纪的到来,人类已步入信息社会,信息产业正成为全球经济的主导产业。计算机科学与技术信息产业中占据了最重要的地位,这就对培养 21 世纪高素质创新型计算机专业人才提出了迫切的要求。

为了培养高素质创新型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在 20 多年跟踪分析 ACM 和 IEEE 计算机课程体系的基础上,紧跟计算机科学与技术的发展潮流,及时制定并修正教学计划和课程体系是尤其重要的。计算机科学与技术的发展对高水平人才的要求,需要我们从总体上优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,加强教学实践,特别注重综合素质的培养,形成“基础课程精深,专业课程宽新”的格局。

为了适应计算机科学与技术学科发展和计算机教学计划的需要,要采取多种措施鼓励长期从事计算机教学和科技前沿研究的专家教授积极参与计算机专业教材的编著和更新,在教材中及时反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时适当引进国外先进的原版教材。

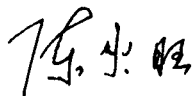
为了提高教学质量,需要不断改革教学方法与手段,倡导因材施教,强调知识的总结、梳理、推演和挖掘,通过加快教案的不断更新,使学生掌握教材中未及时反映的学科发展新动向,进一步拓广视野。教学与科研相结合是培养学生实践能力的有效途径。高水平的科研可以为教学提供最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研还可以为高水平人才的素质教育提供良好的物质基础。学生在课题研究中不但能了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,而且能熏陶和培养良好的科研作风,锻炼和培养攻关能力和协作精神。

进入 21 世纪,我国高等教育进入了前所未有的大发展时期,时代的进步与发展对高等教育质量提出了更高、更新的要求。2001 年 8 月,教育部颁发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》。文件指出,本科教育是高等教育的主体和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。随着高等教育的普及和高等学校的扩招,在校大学本科计算机专业学生的人数将大量上升,对适合 21 世纪大学本科计算机科学与技术学科课程体系要求的,并且适合中国学生学习的计算机专业教材的需求量

也将急剧增加。为此,中国计算机学会和清华大学出版社共同规划了面向全国高等院校计算机专业本科生的“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”。本系列教材借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS 最新制定的 *Computing Curricula* 2001(简称 CC2001)课程体系,反映当代计算机科学与技术学科水平和计算机科学技术的新发展、新技术,并且结合中国计算机教育改革成果和中国国情。

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会,在清华大学出版社的大力支持下,跟踪分析 CC2001,并结合中国计算机科学与技术学科的发展现状和计算机教育的改革成果,研究出了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(*China Computing Curricula* 2002,简称 CCC2002),该项研究成果对中国高等学校计算机科学与技术学科教育的改革和发展具有重要的参考价值和积极的推动作用。

“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”正是借鉴美国 ACM 和 IEEE/CS CC2001 课程体系,依据 CCC2002 基本要求组织编写的计算机专业教材。相信通过这套教材的编写和出版,能够在内容和形式上显著地提高我国计算机专业教材的整体水平,继而提高我国大学本科计算机专业的教学质量,培养出符合时代发展要求的具有较强国际竞争力的高素质创新型计算机人才。



中国工程院院士

国防科学技术大学教授

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会名誉主任

2002 年 7 月

前 言

FOREWORD

“计算机组成原理”是计算机各类专业学生的必修核心课程之一,主要讨论计算机各大部件的基本组成原理,以及各大部件互连构成整机系统的技术。本课程在计算机科学与技术学科中处于承上启下的地位,具有内容多、难度大等特点。本书根据作者本人二十年来从事“计算机组成原理”课程教学的经验和体会整理编写而成,以满足讲授“计算机组成原理”课程教师的需要。本书的使用将有助于教师对主教材和相关背景知识的理解,对于改进教学方法,提高教学质量都有着积极的意义。

本书是与“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”中的《计算机组成原理》(主教材)一书完全配套的教师参考用书。全书共分 8 章,与主教材的结构相同,每一章都按基本内容要求、误点疑点解惑、相关知识介绍和教材习题解答等四大版块进行组织。

第一版块按照了解、理解、掌握 3 个不同的层次对各章节的教学内容提出了基本要求,既方便教师在教学过程中根据实际的教学时数合理地安排教学内容,又方便学生在学习过程中把握住重点。

第二版块结合作者多年的教学经验和体会,对本课程学习过程中容易出现的误点与疑点问题进行答疑解惑,指出了教学过程中需要特别注意的问题。

第三版块对主教材中由于篇幅原因没能展开的内容以及与本课程密切相关的背景知识进行介绍和讨论,以丰富读者的视野。

第四版块则给出了主教材中所附全部习题较为详细的解答过程与参考答案,这是应读者的要求而编写的。

本书是根据中国计算机学会教育委员会制订的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(CCC2002)对课程教学内容的要求,结合作者讲授本课程二十年的教学经验和体会“磨”出来的。全书概念清楚、由浅入深。全书的核心内容是每一章的误点疑点解惑和相关知识介绍两大版块,在每章中都以专题的形式对有关问题进行了比较详细和深入的讨论,并且还有一些例题用来帮助读者加深对有关知识点的理解。

考虑到本书的主要读者对象应该是讲授“计算机组成原理”课程的教师,所以在本书每一章的最后一个版块给出了主教材中全部习题的详细解答,以供讲授和辅导时参考。要注意的是,有些习题的答案并不惟一,设计也不一定最优,读者可以根据解题思路自己

解答,不要受到参考答案的限制和束缚。还需要特别指出的是,学生在学习过程中最好不要先看这一部分的内容,一定要给自己留下一个独立思考的空间。

“计算机组成原理”课程的教材在国内已经出版有多种,近年来也出现了一些面向学生的学习指导用书,但目前还没有见到有针对主讲和辅导教师编写的教师用书面世,本书的出版可以说是填补了一个空白,相信它会为广大讲授该课程的教师提供有益的帮助。

主教材《计算机组成原理》一书至2004年3月出版以来,受到读者的欢迎和专家的认可,并已于2004年底被评为北京市精品教材,与主教材配套的《计算机组成原理学习指导与习题解析》一书也已出版,此次本教师用书的出版将会使这套书更丰富和完善,它们将与《计算机组成原理电子教案》一起,构成一个“计算机组成原理”课程的立体教材教学资源体系。

本书既与主教材有紧密的关系,又独立成书,可以单独使用。既可以作为教师讲授“计算机组成原理”课程的参考书,也可以作为学生学习“计算机组成原理”课程的参考书。

在本书编写过程中得到了《21世纪大学本科计算机专业系列教材》编委会的多次指导和建议,清华大学出版社的编辑们也为本书的出版做了许多工作。在此对他们辛勤的工作和热情的支持表示诚挚的感谢!

由于时间的原因以及个人的水平限制,书中难免有错误和不妥之处,欢迎同行专家学者和广大读者批评指正。如有问题可直接与作者邮箱联系:bsjiang@public.bta.net.cn。

作 者

2005年5月于北京理工大学



CONTENTS

第 1 章 概论	1
1.1 基本内容要求	1
1.2 误点疑点解惑	1
1. 主机	1
2. 单总线	2
3. 完整的计算机系统	2
4. 硬件、软件的功能划分与逻辑上的等价	2
5. 机器字长和数据通路宽度	3
1.3 相关知识介绍	3
1. 冯·诺依曼型计算机及其计算机系统结构的发展	3
2. 微处理器	4
3. 三态门和总线电路	5
4. 系列机与兼容机	6
5. 计算机的多层次结构	6
6. 广义语言与计算机程序	6
7. 透明性	7
1.4 教材习题解答	8
第 2 章 数据的机器层次表示	10
2.1 基本内容要求	10
2.2 误点疑点解惑	11
1. 真值和机器数的区别	11
2. 模与补码表示法	11
3. 原码和补码的区别	12
4. 定点数的表示范围	12

5. 浮点数的表示范围	14
6. 浮点数的规格化	15
7. 移码偏置值的选择	15
8. 定点数与浮点数的比较	16
9. 3 种汉字编码的区别	17
10. 十进制数的 BCD 编码	18
11. 奇偶校验位的形成和奇偶校验码的检测	19
2.3 相关知识介绍	20
1. 补码 $[X]_{\text{补}}$ 与真值 X 的转换	20
2. 原码 $[X]_{\text{原}}$ 与补码 $[X]_{\text{补}}$ 的转换	21
3. 浮点数的表数范围	22
4. 浮点数尾数基数的选择	22
5. IEEE 754 标准的浮点数	24
6. 汉字的字形码	25
7. 校验码的码距	26
8. 海明编码	27
9. 循环冗余校验码的模 2 运算	28
10. 循环冗余校验码的编码和校验过程	29
11. 循环冗余校验码的纠错原理	30
2.4 教材习题解答	32
第 3 章 指令系统	41
3.1 基本内容要求	41
3.2 误点疑点解惑	42
1. 指令长度	42
2. 双操作数运算类指令的执行	42
3. 地址个数对程序长度和指令长度的影响	44
4. 不同地址数指令的进一步分析	47
5. 非规整性编码——扩展操作码法	47
6. 地址码位数与主存容量和最小寻址单位的关系	48
7. 指令寻址和数据寻址	49
8. 常见数据寻址方式分析	49
9. 各种数据寻址方式的速度比较	50
10. 变址寻址和基址寻址的区别	51

11. 相对寻址中的位移量	52
12. 存储器堆栈的操作	53
13. 返回指令的地址字段	54
14. 输入输出指令的设置	54
3.3 相关知识介绍	55
1. 操作码优化法——Huffman 编码	55
2. 操作码优化法——扩展操作码	57
3. 面向不同对象的寻址方式	59
4. 变址寻址和间接寻址的比较	59
5. 程序在主存中的定位技术	60
6. 缩短指令中地址码长度的方法	61
7. 存储器堆栈组织	61
8. 其他程序控制类指令	62
9. 对指令系统的基本要求	63
3.4 教材习题解答	64
第 4 章 数值的机器运算	72
4.1 基本内容要求	72
4.2 误点疑点解惑	73
1. 并行加法器的进位产生和传递	73
2. 并行加法器的进位传递方式和传递时间	73
3. 补码加减运算及其实现	74
4. 补码 Booth 乘法	75
5. 补码加减交替除法	75
6. 浮点加减运算中的对阶和结果规格化	76
7. 浮点除法运算中的尾数调整	77
8. BCD 码的加法运算	77
9. 基本逻辑运算及其应用	78
4.3 相关知识介绍	79
1. 全加器电路	79
2. 4 位先行进位电路 CLA	80
3. 4 位成组先行进位电路	81
4. 4 位 CLA 加法器和 4 位 BCLA 加法器的比较	81
5. 原码和反码的加减运算	81

6. 补码的移位操作	84
7. 各种舍入方法的比较	84
8. 补码校正乘法	86
9. 原码两位乘法	86
10. 不同情况除法运算中的寄存器安排	89
11. 二进制移码加减法	89
12. 浮点乘法运算的溢出和舍入问题	91
13. 多功能算术逻辑单元 74181	93
14. 先行进位发生器 74182	94
15. 位片式运算器	95
4.4 教材习题解答	96
第5章 存储系统和结构	108
5.1 基本内容要求	108
5.2 误点疑点解惑	109
1. 存储系统和存储器	109
2. 主存储器组织	110
3. 字节编址计算机的大端方案和小端方案	110
4. 主存储器的存储容量和存取速度	111
5. 边界对齐的数据存放方法	111
6. 动态随机存储器的刷新	112
7. 各类半导体存储芯片的特点	113
8. 存储芯片的地址译码系统	114
9. 存储容量的扩展及存储芯片与 CPU 的连接	115
10. 选片地址的全译码和部分译码	116
5.3 相关知识介绍	116
1. 存储系统的性能分析	116
2. 访问的局部性原理	117
3. 静态 RAM 芯片分析	118
4. 动态 RAM 芯片分析	119
5. MROM 和 PROM 的写入	121
6. RAM 的奇偶校验电路	122
7. BIOS 和 CMOS 芯片	122
8. 双端口存储器	123

9. 多体并行系统	123
10. 主存与 Cache 之间的地址变换与映像方式	125
11. 虚拟存储器的工作过程	125
12. 相联存储器	127
5.4 教材习题解答	128
第 6 章 中央处理器	141
6.1 基本内容要求	141
6.2 误点疑点解惑	142
1. CPU 中寄存器的设置	142
2. CPU 的主要性能指标参数	143
3. 控制器的功能与组成	144
4. 控制器的核心——控制单元	145
5. 指令的机器周期	146
6. 指令执行的控制方式	147
7. 指令微操作序列的安排	148
8. 字段直接编码和字段间接编码	153
9. 微程序控制方式	153
10. 形成后继微地址的几种方式比较	154
6.3 相关知识介绍	155
1. 外频与前端总线频率的区别与联系	155
2. CPU 的性能	156
3. 微程序控制器结构	158
4. 后继微地址形成实例	159
5. 微程序设计举例	164
6. 毫微程序设计和毫微程序控制器	166
7. 流水线的性能分析	168
8. 消除流水线瓶颈的方法	169
6.4 教材习题解答	170
第 7 章 外部设备	182
7.1 基本内容要求	182
7.2 误点疑点解惑	183
1. 磁盘存储器的平均存取时间	183

2. 改进调频制提高记录密度的分析	183
3. 硬盘存储器的圆柱面	184
4. 磁盘的基本操作	184
5. 非编码键盘的行列扫描法	185
6. 点阵针式打印机的打印方式	186
7. 激光打印机的印字原理	186
8. 图形和图像	187
9. CRT 显示器的有关技术指标	187
10. VRAM 的容量和内容	188
11. 字符显示原理和具体显示过程	189
12. 显示器的同步控制	190
7.3 相关知识介绍	193
1. 磁记录方式的性能特点	193
2. 几种磁记录方式的读出过程分析	195
3. 群码制(GCR)	195
4. 1/4 英寸的数据流磁带机	196
5. CD-ROM 读盘方式	196
6. 光盘刻录机工作原理	197
7. 无线鼠标	198
8. 鼓式宽行打印机	199
9. 色光三原色和颜料三原色	200
10. 彩色喷墨打印机工作原理	201
11. 彩色激光打印机色彩合成原理	202
12. AGP 接口	202
7.4 教材习题解答	203
第 8 章 输入输出系统	211
8.1 基本内容要求	211
8.2 误点疑点解惑	212
1. 接口与接口中的寄存器	212
2. 程序查询方式传送举例	213
3. 中断系统的功能	213
4. 程序中中断方式不适合高速外设数据传送的原因	214
5. 中断响应阶段完成的任务	214

6. 中断服务程序入口地址的获取方式	215
7. 程序中断方式中容易混淆的几个问题	216
8. DMA 控制器的控制过程	217
9. 单字传送与成组连续传送	218
10. 周期挪用法的特点	218
11. 采用周期挪用法的数据传送过程	219
12. 3 种不同类型通道的比较	220
13. 通道操作的全过程	221
8.3 相关知识介绍	222
1. 输入输出系统的特点	222
2. 主机与外设的连接方式	223
3. 中断系统的软硬件功能分配	224
4. 可屏蔽中断和不可屏蔽中断	225
5. 向量中断与向量地址的产生	225
6. 向量中断的执行过程	227
7. 中断升级的另一种方法——改变处理机优先级	228
8. 连接多台外设的 DMA 控制器	230
9. 通道中的数据传送过程	230
10. 通道的流量分析	232
8.4 教材习题解答	234
参考文献	246

第 1 章

概 论

1.1 基本内容要求

本章将从存储程序的概念入手,讨论计算机的基本组成与工作原理,使读者对于计算机系统先有一个简单的整体概念,为今后深入讨论各个部件打下基础。

学习要求

- ◆ 了解存储程序概念
- ◆ 掌握 CPU 和主机两个术语的含义
- ◆ 掌握 5 大基本部件的功能
- ◆ 理解总线概念和总线分时共享的特点
- ◆ 理解三态门与总线电路
- ◆ 了解大、中型计算机的典型结构
- ◆ 理解计算机系统的含义
- ◆ 理解硬件与软件的关系
- ◆ 了解系列机和软件兼容
- ◆ 了解计算机系统的多层次结构
- ◆ 了解实际机器和虚拟机器
- ◆ 理解计算机中主要性能指标(基本字长、数据通路宽度、存储容量等)

1.2 误点疑点解惑

1. 主机

主机 = CPU + 主存储器

主机是一个简单的基本概念,但经常会有学生回答:主机 = CPU + 存储器。这个答案对早期的计算机来说不能算错,但对现代的计算机来说就不能算对了,起码这个答案是

不完整的。因为存储器有主存储器和辅助存储器之分,主机中只包括主存储器,而不包括辅助存储器。主存储器由 RAM 和 ROM 组成,对于微型计算机而言,是指插在主板上的内存条和其他存储芯片。辅助存储器则是硬盘、软盘、光盘等存储器的总称,它们处于主板之外,属于外部设备。

2. 单总线

总线结构是小型、微型计算机的典型结构,它可以将五大基本部件连接成硬件系统。单总线(系统总线)按总线上传送信息的不同又可以细分为:地址总线、数据总线和控制总线。地址总线用来传输由 CPU 向主存、外设发送的地址信息,其位数决定了系统能够使用的最大的存储容量;数据总线用来传输各功能部件之间的数据信息,其位数是决定系统总体性能的关键因素;控制总线上传输的是控制信息,包括 CPU 送出的控制命令和主存(或外设)返回 CPU 的反馈信号。

一提到地址总线、数据总线和控制总线,不少人可能会把它们误认为是 3 组不同的总线。事实上地址总线、数据总线和控制总线都是系统总线的一部分,只是根据总线上传送的信息不同而分别定名,不能因为它们的名称不同而认为它们是 3 个总线。

3. 完整的计算机系统

一个完整的计算机系统包含硬件系统和软件系统两大部分。

硬件系统包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大基本部件。

软件系统分为系统软件和应用软件两大类。系统软件包括操作系统、诊断程序、计算机语言处理程序等;应用程序包括厂家出售的通用软件 and 用户自己编写的应用程序。

这是一个简单的基本概念,但经常会有学生误认为计算机的硬件系统就是计算机系统。应当强调指出硬件和软件是相辅相成的、不可分割的整体。软件是计算机系统的灵魂,没有软件的硬件“裸机”将不能提供给用户使用,犹如一堆废铁。

4. 硬件、软件的功能划分与逻辑上的等价

硬件是躯体,是物质基础;软件是灵魂,是硬件功能的完善和补充。没有硬件,或者没有良好的硬件,就无从谈起运行软件,也就无法计算、处理某一方面的问题。没有软件,或者没有优秀的软件,计算机就是一个空壳,根本无法工作,或者不能高效率地工作。因此,硬件与软件具有相互渗透、相互依存、互相配合、互相促进的关系,二者缺一不可。

硬件与软件之间的功能分配关系常常随着技术发展而变化,哪些功能分配给硬件,哪些功能分配给软件是没有固定模式的。在计算机中,实际上有许多功能既可以直接由硬件实现,也可以在硬件的支持下依靠软件来实现,也就是说硬件和软件在逻辑功能上是等价的。例如,乘法运算,既可以用硬件乘法器实现,也可以用乘法子程序实现。在设计一台计算机时,硬、软件功能如何分配取决于所选定的设计目标、系统的性能价格比,也与当时的技术水平有关。

早期较多采用“硬件软化”的技术策略。为了降低计算机的造价,只让硬件完成比较