



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

丛书主编 谭浩强

高等院校计算机应用技术规划教材

应用型教材系列

第1版为
北京高等教育精品教材

计算机组成原理 (第2版)

谢树煜 编著

根据“中国高等院校计算机基础教育课程体系”组织编写



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

丛书主编 谭浩强

高等院校计算机应用技术规划教材

应用型教材系列

TP303/201

2009

计算机组成原理

(第2版)

谢树煜 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍了计算机的基本组成和工作原理。全书共分9章,分别介绍计算机的基本特性、数据表示、运算方法和运算器、指令系统、存储系统、控制器、外围设备、输入输出系统和计算机发展展望。

本书整体结构清晰,内容充实,概念清楚,重点突出,深入浅出。为了方便学生理解掌握所学知识,本书还列举了丰富的实例加以说明。本书在写作过程中注重内容的先进性、实用性,特别强调基础知识、基本原理和基本技能。本书是面向应用型院校计算机及其相关专业的计算机原理课程教材,也可供工程技术人员学习计算机基础知识时参考。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/谢树煜编著—2. —北京:清华大学出版社,2009.9

(高等院校计算机应用技术规划教材)

ISBN 978-7-302-20723-8

I. 计… II. 谢… III. 计算机体系结构—高等学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第141393号

责任编辑:谢琛

责任校对:白蕾

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:20

字 数:461千字

版 次:2009年9月第2版

印 次:2009年9月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:29.80元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:024130-01

编辑委员会

《高等院校计算机应用技术规划教材》

主 任 谭浩强
副 主 任 焦金生 陈 明 丁桂芝

委 员

王智广	孔令德	刘 星	刘荫铭
安志远	安淑芝	孙 慧	李文英
李叶紫	李 琳	李雁翎	宋 红
陈 强	邵丽萍	尚晓航	张 玲
侯冬梅	郝 玲	赵丰年	秦建中
莫治雄	袁 玫	訾秀玲	薛淑斌
谢树煜	谢 琛		



序

《高等院校计算机应用技术规划教材》

进 入 21 世纪,计算机成为人类常用的现代工具,每一个有文化的人都应当了解计算机,学会使用计算机来处理各种的事务。

学习计算机知识有两种不同的方法:一种是侧重理论知识的学习,从原理入手,注重理论和概念;另一种是侧重于应用的学习,从实际入手,注重掌握其应用的方法和技能。不同的人应根据其具体情况选择不同的学习方法。对多数人来说,计算机是作为一种工具来使用的,应当以应用为目的、以应用为出发点。对于应用性人才来说,显然应当采用后一种学习方法,根据当前和今后的需要,选择学习的内容,围绕应用进行学习。

学习计算机应用知识,并不排斥学习必要的基础理论知识,要处理好这二者的关系。在学习过程中,有两种不同的学习模式:一种是金字塔模型,亦称为建筑模型,强调基础宽厚,先系统学习理论知识,打好基础以后再联系实际应用;另一种是生物模型,植物并不是先长好树根再长树干,长好树干才长树冠,而是树根、树干和树冠同步生长的。对计算机应用性人才教育来说,应该采用生物模型,随着应用的发展,不断学习和扩展有关的理论知识,而不是孤立地、无目的地学习理论知识。

传统的理论课程采用以下的三部曲:提出概念—解释概念—举例说明,这适合前面第一种侧重知识的学习方法。对于侧重应用的学习者,我们提倡新的三部曲:提出问题—解决问题—归纳分析。传统的方法是:先理论后实际,先抽象后具体,先一般后个别。我们采用的方法是:从实际到理论,从具体到抽象,从个别到一般,从零散到系统。实践证明这种方法是行之有效的,减少了初学者在学习上的困难。这种教学方法更适合于应用型人才。

检查学习好坏的标准,不是“知道不知道”,而是“会用不会用”,学习的目的主要在于应用。因此希望读者一定要重视实践环节,多上机练习,千万不要满足于“上课能听懂、教材能看懂”。有些问题,别人讲半天也不明白,自己一上机就清楚了。教材中有些实践性比较强的内容,不一定在课堂上由老师讲授,而可以指定学生通过上机掌握这些内容。这样做可以培养学生的自学能力,启发学生的求知欲望。

全国高等院校计算机基础教育研究会历来倡导计算机基础教育必须坚持面向应用的正确方向,要求构建以应用为中心的课程体系,大力推广新的教学三部曲,这是十分重要的指导思想,这些思想在《中国高等院校计算机基础课程》中作了充分的说明。本丛书完全符合并积极贯彻全国高等院校计算机基础教育研究会的指导思想,按照《中国高等院校计算机基础教育课程体系》组织编写。

这套《高等院校计算机应用技术规划教材》是根据广大应用型本科和高职高专院校的迫切需要而精心组织的,其中包括4个系列:

- (1) 基础教材系列。该系列主要涵盖了计算机公共基础课程的教材。
- (2) 应用型教材系列。适合作为培养应用性人才的本科院校和基础较好、要求较高的高职高专学校的主干教材。
- (3) 实用技术教材系列。针对应用型院校和高职高专院校所需掌握的技能技术编写的教材。
- (4) 实训教材系列。应用型本科院校和高职高专院校都可以选用这类实训教材。其特点是侧重实践环节,通过实践(而不是通过理论讲授)去获取知识,掌握应用。这是教学改革的一个重要方面。

本套教材是从1999年开始出版的,根据教学的需要和读者的意见,几年来多次修改完善,选题不断扩展,内容日益丰富,先后出版了60多种教材和参考书,范围包括计算机专业和非计算机专业的教材和参考书;必修课教材、选修课教材和自学参考的教材。不同专业可以从中选择所需要的部分。

为了保证教材的质量,我们遴选了有丰富教学经验的高校优秀教师分别作为本丛书各教材的作者,这些老师长期从事计算机的教学工作,对应用型的教学特点有较多的研究和实践经验。由于指导思想明确、作者水平较高,教材针对性强,质量较高,本丛书问世7年来,愈来愈得到各校师生的欢迎和好评,至今已发行了240多万册,是国内应用型高校的主流教材之一。2006年被教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,向全国推荐。

由于我国的计算机应用技术教育正在蓬勃发展,许多问题有待深入讨论,新的经验也会层出不穷,我们会根据需要不断丰富本丛书的内容,扩充丛书的选题,以满足各校教学的需要。

本丛书肯定会有不足之处,请专家和读者不吝指正。

全国高等院校计算机基础教育研究会会长
《高等院校计算机应用技术规划教材》主编

谭浩强

2008年5月1日于北京清华园

前言

在现代社会中,计算机已经成为社会发展的技术支柱,成为人们工作、学习、生活中不可缺少的助手和工具。进行计算机技术教育,是培养各领域中现代应用人才的当务之急,也是各行各业第一线技术人员迫在眉睫的选择。20 世纪 90 年代,党中央就提出科教兴国,教育为本,做出人才强国的战略决策。国家非常重视人才培养,强调发展教育事业,作为计算机教育战线的一名教师,应该勇于承担历史赋予的责任,为这一宏伟事业添砖加瓦。

培养计算机应用人才有许多事情要做,其中一个关键就是要有好的教材,能用通俗的语言、生动的事例系统地讲解计算机基础知识,便于学生学习和掌握。我 1959 年从清华大学计算机专业毕业留校后,长期从事计算机专业的教学和科研工作,先后主讲过计算机原理、计算机组织与结构、并行和分布处理系统等课程,积累了一定的教学经验。2002 年,我有机会从事高等职业教育的教学工作,深感编写一本好教材的迫切,在清华大学出版社的大力支持下,2003 年编写了《计算机组成原理》一书。这本书是一本面向普通高等教育,包括高等职业教育和成人教育的计算机原理教材,也是一本引导广大计算机爱好者步入计算机应用领域的计算机基础教材。为了培养学生动手能力,加强实践教学环节,清华大学计算机系计算机组成原理实验室的老师们专门为本课程研制了 EC-2003 教学实验系统。2004 年 10 月出版了该书的配套实验指导书——《计算机组成原理实验指导》。2005 年 4 月又出版了《计算机组成原理例题分析与习题解答》。三本教材密切配合,提供了一种理论联系实际、训练动手能力、培养分析方法的良好学习环境,受到读者欢迎。该套教材于 2006 年被评为“北京高等教育精品教材”,并且,第 2 版已被教育部列为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。由于多年在高等教育战线上辛勤耕耘,本人于 2004 年 4 月获得北京市优秀教师称号。

我认为作为教材,首先要把课程中最重要的内容,如基本概念、基本方法、基本原理讲清楚,越是基本的内容越具有普遍意义,是可以举一反三的。其次,内容要跟上技术发展的步伐,要努力缩小教材与产品的差距。第三,内容

要有一定深度,面向应用型教育的计算机教材也是大学教材,与中专教材不同,不能越简单越好。第四,教材要有系统性,要按照事物发展规律由浅入深、由近及远地叙述。第五,教材内容要联系实际,计算机组成原理是一门计算机硬件基础课程,讲述计算机主要部件的具体组成和工作原理,只有通过典型事例才容易说明问题。本套教材就是基于以上几点思想编写的。

本教材的第一版本主要是面向高职高专院校编写的,由于教材内容充实、重点突出、联系实际,很多应用型本科院校也希望选用,本次改版采纳了一些应用型本科院校的意见,根据计算机发展的最新情况,对第一版教材进行了补充修改,对于不同类型、不同层次、不同要求的学校,书中提供了一些可以选学的内容(目录中带*号的章节)。本教材以面向应用型人才培养为特色,适合应用型本科和高职高专院校教学需要。计算机组成原理课程对学习计算机专业知识具有承上启下、承前启后的地位,在推广普及计算机技术中具有重要作用。本教材也可作为从事计算机应用开发人员的自学用书或培训教材。本书中难免存在不足和疏漏之处,敬请指正。

作 者

2009年4月于清华园

目录

第1章 绪论	1
1.1 计算机的基本特性	1
1.1.1 二进制数据	2
1.1.2 存储程序	2
1.1.3 逻辑运算	2
1.1.4 高速电子开关电路	2
1.1.5 数字编码技术	2
1.2 计算机的基本组成	3
1.2.1 基本组成原理	3
1.2.2 CPU、主机与输入输出设备	5
1.2.3 存储器	6
1.2.4 总线	6
1.3 计算机系统	7
1.3.1 计算机系统组成	7
1.3.2 计算机层次结构	8
1.4 计算机分类	8
1.5 计算机发展简史	10
1.6 微处理器发展的启示	11
1.7 计算机的应用	12
1.7.1 科学计算、工程设计	13
1.7.2 数据处理	13
1.7.3 实时控制	13
1.7.4 辅助设计	13
1.7.5 人工智能	13
习题	14

第 2 章 数据表示	15
2.1 计数制	15
2.1.1 十进制计数制	15
2.1.2 二进制计数制	16
2.1.3 R 进制计数制	16
2.1.4 在计算机中为什么采用二进制数	17
2.2 不同数制间数据的转换	17
2.2.1 十进制整数转换为二进制整数	17
2.2.2 十进制小数转换为二进制小数	18
2.2.3 二进制数转换为十进制数	19
* 2.2.4 任意两种进制数间的转换	20
2.3 十进制数据编码	21
2.3.1 有权码方案	21
2.3.2 无权码方案	22
2.4 字符编码	23
2.4.1 ASCII 字符编码	24
2.4.2 EBCDIC 码	25
2.4.3 字符串	25
2.5 汉字编码	26
2.5.1 汉字输入码	26
2.5.2 国标码与内码	27
2.5.3 汉字输出码	28
2.6 机器数及其编码	30
2.6.1 定点小数编码	31
2.6.2 定点整数编码	34
2.6.3 浮点数编码	36
2.7 数据校验码	38
2.7.1 奇偶校验码	39
* 2.7.2 海明校验码	40
* 2.7.3 循环冗余校验码	42
习题	45
第 3 章 运算方法与运算器	47
3.1 定点加减法运算	47
3.1.1 补码加减法运算	48

3.1.2	溢出的产生及判别	49
3.1.3	全加器与加法装置	50
3.2	定点乘法运算	55
3.2.1	一位原码乘法	55
* 3.2.2	两位原码乘法	57
3.3	定点除法运算	60
3.3.1	原码恢复余数除法	60
3.3.2	加减交替法除法	63
3.4	逻辑运算	65
3.4.1	逻辑乘法	66
3.4.2	逻辑加法	66
3.4.3	求反操作	66
3.4.4	异或运算	67
3.5	位片结构定点运算器	67
3.5.1	位片运算器电路 Am 2901	68
3.5.2	先行进位电路 Am 2902	71
* 3.5.3	多片 Am 2901 组成的位片结构运算器	72
3.6	浮点加减法运算	74
3.6.1	运算规则及算法	74
3.6.2	浮点加减法运算流程	76
3.6.3	浮点加减法装置及流水线结构运算器	77
3.7	浮点乘除法运算	79
3.7.1	浮点乘法	79
3.7.2	浮点除法	80
习题		82

► 第4章 指令系统

4.1	指令格式	85
4.1.1	指令字	86
4.1.2	指令操作码及其扩展技术	88
4.1.3	地址码与数据字长	89
4.2	寻址方式	90
4.2.1	存储器寻址方式	90
4.2.2	寄存器寻址方式	93
4.2.3	立即数寻址方式	95
4.2.4	堆栈寻址方式	95

4.3	指令类型	97
4.3.1	按操作数据类型分类	97
4.3.2	按指令功能分类	98
4.4	小型机指令系统举例	99
4.4.1	PDP-11 计算机简介	99
4.4.2	单操作数指令	100
4.4.3	双操作数指令	102
* 4.5	大型机指令系统举例	103
4.5.1	IBM 360 /370 计算机简介	103
4.5.2	指令格式	104
4.5.3	指令举例	106
* 4.6	微型机指令系统举例	107
4.6.1	IBM PC 计算机及 Pentium IV 处理器简介	107
4.6.2	Intel 8086 指令格式	108
4.6.3	Intel 8086 指令的寻址方式	110
4.6.4	8086 指令系统	112
4.7	机器语言与汇编语言	113
4.7.1	Intel 8086 汇编标记与运算符	113
4.7.2	汇编语句	114
4.8	精简指令系统计算机	115
4.8.1	MIPS 指令格式	116
4.8.2	MIPS 指令分类	117
	习题	119

第5章 存储系统 121

5.1	存储器的基本特性	121
5.1.1	主存储器的特性	121
5.1.2	辅助存储器的特性	122
5.1.3	主存储器的主要技术指标	122
5.2	半导体存储器的基本记忆单元	123
5.2.1	随机存储器的记忆单元	123
5.2.2	只读存储器的记忆单元	125
5.2.3	闪速存储器	127
5.3	主存储器的组成和工作原理	127
5.3.1	主存储器概述	127
5.3.2	RAM 集成电路	128
5.3.3	半导体存储器的组成	130

5.3.4	存储器控制	132
5.3.5	存储器读写时序	134
5.4	高速存储器	135
* 5.4.1	新型 RAM 芯片技术	136
5.4.2	并行存储结构	137
5.4.3	高速缓冲存储器及分级存储体系	138
5.5	高速缓冲存储器	139
5.5.1	高速缓冲存储器(Cache)工作原理	139
5.5.2	高速缓冲存储器组织	140
5.6	虚拟存储器	144
5.6.1	基本原理	144
5.6.2	页式虚拟存储器	145
* 5.6.3	段式虚拟存储器	146
* 5.6.4	段页式虚拟存储器	148
5.7	存储保护	148
5.7.1	存储区保护	148
5.7.2	访问方式保护	150
习题		150

第 6 章 控制器 152

6.1	指令执行过程	152
6.2	控制器的功能和组成	153
6.2.1	控制器的功能	153
6.2.2	控制器的基本组成	155
6.3	处理器总线及数据通路	159
6.3.1	ALU 为中心的数据通路	160
6.3.2	单内总线 CPU 结构	160
6.4	组合逻辑控制器	162
6.4.1	组合逻辑控制器的特征	162
6.4.2	组合逻辑控制器设计原理	162
* 6.4.3	可编程序逻辑阵列控制器	167
6.5	微程序控制器	168
6.5.1	微程序设计的基本原理	168
6.5.2	微指令方案	170
* 6.5.3	微程序设计的基本问题	172
6.6	微程序的顺序控制	174
6.6.1	后继微地址的增量方式	174

6.6.2 后继微地址的断定方式	176
* 6.6.3 顺序控制部件——Am 2910	177
6.7 微程序设计举例	180
6.7.1 指令流程图	180
6.7.2 微程序控制器逻辑图	181
6.7.3 微程序编码	181
6.8 指令流水线结构	183
习题	185

第7章 外围设备 186

7.1 外围设备的种类和特性	186
7.1.1 外围设备的分类	186
7.1.2 外围设备工作的特性	188
7.2 常用输入设备	189
7.2.1 键盘	189
7.2.2 鼠标	190
7.2.3 扫描仪	191
7.3 显示设备	192
7.3.1 显示设备的分类和基本概念	192
7.3.2 字符显示器	194
7.4 打印装置	197
7.4.1 点阵式打印机	197
7.4.2 激光打印机	198
7.4.3 喷墨打印机	199
7.4.4 汉字的显示与打印	200
7.5 外存储器	201
7.5.1 存储原理和记录方式	201
7.5.2 磁盘存储器	206
7.5.3 软磁盘存储器	211
* 7.5.4 磁带存储器	216
* 7.5.5 磁盘阵列	219
7.6 光盘存储器	220
* 7.7 通信设备	222
7.7.1 调制解调器	222
7.7.2 模/数与数/模转换装置	223
习题	225

► 第 8 章 输入输出系统与控制	227
8.1 系统总线	227
8.1.1 系统总线结构	227
8.1.2 总线控制方式	229
8.1.3 总线通信方式	231
8.2 微机总线	232
8.2.1 S-100 总线	233
8.2.2 STD 总线	233
8.2.3 IBM PC 总线	233
8.2.4 ISA 总线	233
8.2.5 EISA 总线	234
8.2.6 RS-232C 总线	234
8.2.7 IEEE-488 总线	236
8.2.8 IDE 磁盘接口	237
8.2.9 SCSI 总线	237
8.2.10 PCI 总线	238
* 8.2.11 串行总线(USB)	239
8.3 基本 I/O 接口组成和工作原理	243
8.3.1 设备选择电路	243
8.3.2 数据缓冲寄存器	243
8.3.3 设备工作状态	244
8.3.4 传输中断的请求与屏蔽	244
8.4 输入输出控制方式	245
8.4.1 程序查询方式	246
8.4.2 程序中断方式	247
8.4.3 直接存储器访问方式	248
* 8.4.4 输入输出处理机方式	249
8.5 中断系统	250
8.5.1 为什么要设置中断	251
8.5.2 CPU 响应中断的条件	252
8.5.3 中断周期	254
8.5.4 优先排队器及编码电路	255
8.5.5 中断处理过程	258
8.5.6 中断级及中断嵌套	259
8.6 DMA 控制方式	261
8.6.1 DMA 基本概念	261

8.6.2	DMA 的工作方式	262
8.6.3	DMA 控制器的组成	262
8.6.4	DMA 数据传送过程	263
* 8.6.5	通用 DMA 接口 Intel 8257	264
8.7	通用并行接口	268
8.7.1	分类	268
8.7.2	基本的并行接口电路	269
* 8.7.3	可编程序并行接口	270
8.8	串行通信与通用串行接口	275
8.8.1	串行通信方式	276
* 8.8.2	可编程序串行接口	276
习题		282

第 9 章 计算机发展展望 284

9.1	计算机发展史上的重大事件	284
9.2	中国计算机事业发展中重大事件	288
9.3	并行处理技术进展	289
9.3.1	超标量处理机	290
9.3.2	超流水线处理机	291
9.3.3	大规模并行处理系统 MPP	293
* 9.4	智能计算机进展	293
9.4.1	数据流计算机	294
9.4.2	数据库机与知识库机	294
* 9.5	分布式计算机系统与机群系统	295
9.5.1	分布式计算机系统	295
9.5.2	计算机支持的协同工作	296
9.5.3	机群系统(Cluster)	296
9.6	计算机网络	296
9.7	多媒体计算机	297

参考文献 298

第1章

绪 论

计算机是一种现代化信息处理工具,是 20 世纪最新科学技术的成就,是新的生产力的代表。当今世界正在经历一场新的技术革命,人类社会正在步入信息社会,这场变革的动力和中心是计算技术及其应用。一个国家计算技术的发展水平及其应用的深度和广度,已经成为衡量这个国家现代化水平的重要标志。

众所周知,任何机器和工具都是人类器官功能的延伸。例如:一切交通工具都是人腿功能的延伸;工具、机床是人手功能的延伸;望远镜、显微镜、电视、雷达是眼睛功能的延伸;而电话、无线电和卫星通信是耳朵功能的延伸;计算机则是人类思维器官——大脑功能的延伸。大脑是指挥人体各器官运作的中枢,因此计算机的创造和开创性应用比历来一切发明都具有更加深刻和广泛的意义。

自从世界上第一台电子计算机诞生以来,计算技术获得了飞速的发展,经历了一代、二代、三代、四代发展的过程,目前正在酝酿新的突破。50 多年来,计算机的运算速度、存储容量、使用功能取得了巨大的进步,而且应用领域已遍及科学研究、军事防御、工业、农业、天文气象、商务营销、金融财会、交通运输、宇航通信、电子政务、文化教育、旅游餐饮、家庭娱乐等人类活动的一切领域,对人类活动的各个方面发挥着巨大的推动作用。特别是计算机网络的出现,大大地缩短了人与人之间的距离,世界各国人民,虽远在千里却如同近在咫尺,如同生活在一个地球村里。电子商务的发展,使各国厂商用户,可以不分地点、不分时间,一年 365 天,一天 24 小时都可以谈判交往,极大地提高了工作效率,改变了人们的生活方式。

计算机如此神通广大,具有如此魅力,原因何在? 与人类祖先几千年来沿用的计算工具有什么本质区别? 计算机是如何工作的? 包括哪些部件? 相互之间有什么关系? 这些问题都将在本书中得到说明和解答。

1.1 计算机的基本特性

作为现代计算工具的电子计算机与过去使用的计算工具相比,主要区别表现在五个方面:①计算的对象是采用二进制表示的数据;②表示计算过程的计算程序像数据一样存储在存储器中;③计算机不但可以进行算术运算,还可以进行逻辑运算;④运算的速