

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

计 算 机 应 用 系 列

21

计算机组成原理

张钧良 张世波 编著



清华大学出版社

21 世纪 高 职 高 专 规 划 教 材

计 算 机 应 用 系 列

计算机组成原理

张钧良 张世波 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是专门为高职高专计算机专业及相关专业编写的计算机教材。

全书按计算机基础、组成、系统三个层次介绍了计算机的组成原理。基础部分包括计算机系统概述、信息编码及在计算机中的表示、代码校验、计算机的基本器件、机器数的运算方法；组成部分包括运算器、指令系统、主存储器和中央处理器；系统部分包括计算机的存储系统、系统总线、外围设备和输入输出系统。

本书针对高职高专的教学特点编写内容，立足于计算机专业，并兼顾非计算机专业，注重内容的先进性、实用性，以教授技能为主，但不忽视理论知识，使本书既有一定的知识面，又突出实用技能，体现最新技术。

本书内容充实，概念清晰，重点突出，通俗易懂，例题丰富，每章后均附有相当数量的习题和作业。是高职高专层次计算机专业及相关专业的适宜教材。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理/张钧良,张世波编著. —北京:清华大学出版社,2004

21世纪高职高专规划教材. 计算机应用系列

ISBN 7-302-08576-5

I. 计… II. ①张… ②张… III. 计算机体系结构—高等学校:技术学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 039440 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

组稿编辑: 束传政

文稿编辑: 刘 青

印 刷 者: 北京四季青印刷厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 24.25 字数: 499 千字

版 次: 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08576-5/TP·6152

印 数: 1~6000

定 价: 29.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、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)62770175-3103 或 (010)62795704

出版说明

计算机组成原理

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,其学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明的、内容质量优秀的教材选题。编审委员会的成员单位皆为教学改革成效较大、办学特色鲜明、师资实力很强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,而教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的优秀教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

这套规划教材的主要特点有:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;
- (4) 教材编写者要求由有丰富教学经验和多年实践经历的教师共同组成,建立“双师

型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

• 服务类

旅游系列

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材的时候,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用基础系列”选择,属于机械类课程可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为更好地方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并及时反馈给我们。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量教材。

高职高专教育教材编审委员会

gzgz@tup.tsinghua.edu.cn

前言

计算机组成原理

随着我国国民经济的蓬勃发展,需要各个层次的计算机技术人才和计算机应用人才。近几年来,我国的高等教育得到了飞速发展,尤其是高等职业技术教育的发展更令人鼓舞。但是适合高职高专层次的教材相当匮乏,计算机学科更是如此。建设高质量的高职高专层次的教材是当务之急。

为了顺应当前我国高等职业技术教育事业飞速发展的新形势,作者根据自己长期教授《计算机组成原理》课程的经验,精心设计内容,为高职高专的计算机专业编写了这本《计算机组成原理》教材。

《计算机组成原理》是计算机专业的一门重要的专业基础课。这门课在计算机专业的各门课程中起着承上启下的作用。学生通过本课程的学习,能够掌握一定的计算机硬件基础知识,为学习计算机专业的专业课和相关课程打下基础。也为毕业后从事相关的计算机工作开拓一定的知识面,和具有一定专业深度的计算机应用基础。

根据《计算机组成原理》课程所具有的知识面广、内容多、难度大、更新快的特点,本教材在编写中考虑内容既要适合高职高专层次学生,又能尽量全面,但基本概念必须清楚;系统性要强,使学生能建立计算机的整机概念;知识结构要合理,循序前进,逐步深入;内容少而精,以适合高职高专层次学生为宜,不涉及计算机系统结构方面太深的内容。

在本书的具体内容编写中,脱开了具体的机型,充分利用当代计算机技术硬件的发展成果,尽量吸收当代计算机硬件发展的先进技术,使教材体现先进性。具体内容共分10章,第1章计算机系统概论;第2章讲述信息编码及在计算机中的表示;第3章叙述组成计算机的基本器件;第4章讲述机器数的运算方法及运算器;第5章是指令系统,叙述寻址方式和指令格式、种类及执行方式;第6章讲述计算机的存储系统;第7章论述中央处理器,主要讲述控制器的功能和构成;第8章讲述系统总线;第9章是外围设备;第10章是输入输出系统,讲述主机与外设的数据传输方式。为了方便教师布置作业和更好地使

学生得到练习,每章后均附有相当数量的习题,这些习题都是经过精心设计的。

本书在编写过程中,宁波大学信息学院计算机科学与技术系和科技学院计算机系的同仁们,对本书的编写大纲和具体内容提出过许多宝贵的修改意见,作者表示衷心感谢。

限于作者的经验和水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2003 年 10 月于宁波

目 录

计算机组成原理

第 1 章 计算机系统概述	1
1.1 计算机系统的硬件与软件	1
1.1.1 计算机硬件和软件的概念	1
1.1.2 计算机的硬件	3
1.1.3 计算机程序、指令和语言	6
1.2 计算机系统的层次结构	8
1.3 计算机的分类及其应用	9
1.3.1 计算机的分类	9
1.3.2 计算机的应用	9
1.4 计算机的特点和主要性能指标	13
1.4.1 计算机的特点	13
1.4.2 计算机的性能指标	15
1.5 电子计算机的发展	16
1.5.1 电子计算机的发展历史	16
1.5.2 微型计算机的发展	19
1.5.3 计算机的发展趋势	20
1.5.4 我国计算机产业的发展	21
习题 1	24
第 2 章 信息编码及其在计算机中的表示	27
2.1 信息的数字化编码	27
2.2 进位计数制及其相互转换	28
2.2.1 常用的进位计数制	28
2.2.2 常用进位计数制间的相互转换	30

2.3	非数值数据的表示	33
2.3.1	字符数据的表示	33
2.3.2	汉字编码	34
2.4	数值数据的表示和运算	41
2.4.1	机器数	41
2.4.2	定点数的原码、反码、补码和移码	46
2.4.3	定点数和浮点数	50
2.4.4	十进制数的编码	53
2.5	数据校验码	56
2.5.1	码制的距离	57
2.5.2	奇偶校验码	57
2.5.3	汉明码	58
2.5.4	循环冗余校验码	60
习题 2		62
第 3 章	计算机的基本器件	67
3.1	基本逻辑操作与逻辑门的实现	67
3.1.1	三种基本逻辑运算	67
3.1.2	逻辑门的实现	68
3.1.3	正逻辑与负逻辑	68
3.2	组合逻辑电路	69
3.2.1	加法器	69
3.2.2	算术逻辑单元	70
3.2.3	译码器	71
3.2.4	数据选择器	73
3.3	时序逻辑电路	73
3.3.1	触发器	73
3.3.2	寄存器	76
3.3.3	计数器	79
3.4	总线缓冲器和总线控制器	81
3.4.1	总线缓冲器	81
3.4.2	总线控制器	82
3.5	时钟发生器	83
3.5.1	时钟发生器芯片 8284 介绍	83

3.5.2 8284 与 CPU 的连接	85
习题 3	85
第 4 章 机器数的运算方法及运算器	88
4.1 机器数的加减运算及其实现	88
4.1.1 原码加法	88
4.1.2 补码加法	89
4.1.3 减法运算	93
4.1.4 补码加减运算线路的实现	94
4.2 定点乘法及其实现	95
4.2.1 原码一位乘法及其实现	95
4.2.2 定点补码一位乘法及其实现	98
4.2.3 原码两位乘法	102
4.2.4 补码两位乘法	103
4.3 定点除法及其实现	105
4.3.1 定点原码除法	105
4.3.2 定点补码除法	108
4.4 浮点数的算术运算	110
4.4.1 浮点数的补码加法运算	110
4.4.2 浮点数的乘法运算	111
4.4.3 浮点数的除法运算	111
4.5 运算器的组成和结构	112
4.5.1 算术逻辑单元 ALU	112
4.5.2 通用寄存器组	115
4.5.3 状态寄存器	115
4.5.4 数据通路	116
4.5.5 运算器的基本结构	119
4.5.6 运算器组成实例	121
4.6 浮点运算器	123
4.6.1 80387 的主要性能	124
4.6.2 80387 的内部结构	124
4.6.3 80387 的硬件特性	127
4.6.4 协处理器的工作方式	127
习题 4	128

第5章 指令系统	131
5.1 机器指令的格式	131
5.1.1 指令的含义	131
5.1.2 指令格式	131
5.1.3 指令格式举例	134
5.1.4 指令操作码的编码格式	134
5.1.5 指令字长度与机器字长的关系	136
5.1.6 指令助记符	137
5.2 寻址方式	138
5.2.1 寻址方式和有效地址的概念	138
5.2.2 基本寻址方式	139
5.2.3 寻址方式举例	143
5.3 指令的种类	145
5.3.1 数据传送类指令	145
5.3.2 算术逻辑运算类指令	146
5.3.3 字符串处理指令	147
5.3.4 输入/输出(I/O)指令	148
5.3.5 特权指令和陷阱指令	149
5.3.6 转移指令	150
5.3.7 子程序调用指令	150
5.3.8 处理器控制指令	152
5.4 指令的执行方式	152
5.4.1 指令的顺序执行方式	152
5.4.2 重叠执行方式	153
5.4.3 流水线方式	154
5.4.4 指令的执行过程	154
5.5 精简指令计算机(RISC)的指令系统	159
5.5.1 RISC的由来与发展	159
5.5.2 RISC的特点	160
5.5.3 RISC指令系统举例	160
习题5	163

第 6 章 计算机的存储系统	167
6.1 存储器与存储系统概述	167
6.1.1 存储器的作用	167
6.1.2 存储器分类	168
6.1.3 存储器的层次结构	170
6.2 主存储器	172
6.2.1 主存储器的性能技术指标	172
6.2.2 随机存取存储器	174
6.2.3 只读存储器	190
6.3 并行主存储器	195
6.4 高速缓冲存储器	199
6.4.1 高速缓冲存储器的工作原理	199
6.4.2 高速缓冲器的组织与管理	201
6.5 虚拟存储器	205
6.5.1 虚拟存储器的基本概念	205
6.5.2 页式虚拟存储器	207
6.5.3 段式虚拟存储器	211
6.5.4 段页式虚拟存储器	211
6.6 存储保护	213
6.6.1 存储区域保护	214
6.6.2 访问方式保护	216
习题 6	217
第 7 章 中央处理器	220
7.1 CPU 的功能及组成	220
7.1.1 CPU 的功能	220
7.1.2 CPU 的组成	221
7.1.3 CPU 中的主要寄存器	222
7.1.4 操作控制器和时序产生器	224
7.2 指令周期	224
7.2.1 指令周期的基本概念	224
7.2.2 非访内指令的指令周期	226
7.2.3 直接访内指令的指令周期	228

7.2.4	间接访内指令的指令周期	231
7.2.5	程序控制指令的指令周期	233
7.3	组合逻辑控制器	234
7.3.1	组合逻辑控制器原理	234
7.3.2	组合逻辑控制器举例	235
7.4	微程序控制器	238
7.4.1	微程序控制器的基本原理	238
7.4.2	微指令结构	241
7.4.3	串/并行微程序控制	248
7.4.4	动态微程序设计	248
7.4.5	毫微程序设计	249
7.5	门阵列控制器	251
7.5.1	通用可编程逻辑器件	251
7.5.2	门阵列控制器	253
7.6	流水线处理器	255
7.6.1	流水线原理	255
7.6.2	流水线分类	257
7.6.3	流水线中的相关问题	258
7.7	RISC 硬件结构	261
7.7.1	RISC 特点	261
7.7.2	RISC CPU	263
7.7.3	RISC 寄存器	264
7.8	CPU 的发展	266
7.8.1	CPU 采用的新技术	266
7.8.2	CPU 的新发展	269
	习题 7	273
第 8 章	系统总线	276
8.1	总线概述	276
8.1.1	总线原理	276
8.1.2	总线结构类型	277
8.1.3	总线的分类	279
8.1.4	数据总线、地址总线和控制总线	281
8.2	总线的组成	282

8.2.1	总线驱动和三态门	283
8.2.2	总线控制	284
8.2.3	总线通信	287
8.2.4	出错处理	288
8.3	微机总线	288
8.3.1	工业标准总线 ISA	289
8.3.2	微通道总线 MCA	289
8.3.3	扩充的工业标准总线 EISA	291
8.3.4	局部总线 PCI	291
8.3.5	AGP 总线	292
8.3.6	通用串行总线 USB	293
	习题 8	295
第 9 章	外围设备	298
9.1	外围设备概述	298
9.1.1	什么是外围设备	298
9.1.2	外围设备的分类和功能	298
9.1.3	外围设备与主机系统的联系	302
9.1.4	外围设备的发展方向	304
9.2	输入设备	305
9.2.1	键盘	305
9.2.2	图形输入设备	307
9.2.3	其他输入设备	308
9.3	显示设备	310
9.3.1	显示设备分类及显示技术的有关术语	310
9.3.2	字符显示器	313
9.3.3	图形显示器	316
9.3.4	图像显示器	318
9.4	打印机	319
9.4.1	打印机的分类	319
9.4.2	点阵式打印机	320
9.4.3	激光打印机	323
9.4.4	喷墨打印机	325

9.5 磁记录设备	326
9.5.1 磁记录设备概述	326
9.5.2 硬磁盘存储器	331
9.5.3 软磁盘存储器	335
9.5.4 磁带存储器	339
9.6 光盘存储器	341
9.6.1 概述	341
9.6.2 光盘存储器的组成	342
9.6.3 光盘存储器工作原理	343
9.7 移动存储设备	344
9.7.1 移动存储设备的分类	344
9.7.2 爱国者“迷你王”	346
9.7.3 快闪存储器	346
习题 9	347
第 10 章 输入输出系统	350
10.1 I/O 系统概述	350
10.1.1 I/O 系统的功能与组成	350
10.1.2 输入输出设备的寻址方式	351
10.1.3 输入输出数据传输控制方式	352
10.2 程序查询输入输出方式	353
10.2.1 程序查询方式的接口	353
10.2.2 程序查询输入输出方式	354
10.3 程序中断输入输出方式	355
10.3.1 中断的基本概念	355
10.3.2 中断方式的接口	357
10.3.3 中断的响应和处理	358
10.3.4 多级中断	359
10.4 DMA 方式	361
10.4.1 DMA 方式的基本概念	361
10.4.2 DMA 传输方式	362
10.4.3 基本的 DMA 控制器	363
10.4.4 DMA 工作过程	364

10.5 通道方式·····	366
10.5.1 通道的作用和功能·····	366
10.5.2 通道的种类·····	367
10.5.3 通道的工作过程·····	368
习题 10 ·····	369
参考文献·····	372

计算机系统概述

电子计算机的诞生、发展和应用的普及,是 20 世纪科学技术的卓越成就,是人类历史上最伟大的发明之一,是新的技术革命的基础。在信息时代,计算机的应用必将加速信息革命的进程。计算机不仅能代替人类繁重的体力劳动,而且能代替人的脑力劳动。随着科学技术的发展及计算机应用的更广泛普及,它对国民经济的发展和社会的进步将起到越来越巨大的推动作用。

什么是计算机?它是从英语“Computer”这个词翻译过来的。因为在 20 世纪 40 年代开始研制这种机器时,其目的就是为了研制新型的计算工具,并且早期的 Computer 的主要用途是进行武器研制中的科学计算。20 世纪 50 年代初,我们接触到这个词,把它翻译成“计算机”是非常恰当的。随着计算机技术的迅速发展,计算机的应用范围迅速扩大,从 20 世纪 60 年代开始,数据处理和事务处理已成为计算机的主要应用领域,计算机的其他重要应用领域还有过程控制、计算机辅助系统、计算机通信等。现在看来,把“Computer”单纯当成“计算机”似乎不太确切。假如现在才接触到“Computer”,科技界会把它翻译成“信息处理机”。既然 50 多年来一直认为“Computer”就是“计算机”,现在我们就无须改动它了。如何正确理解“计算机”这个术语呢?凡是能完成以下三类工作的机器就是计算机:①能接受程序和数据的输入,并存储起来;②能按照存储的程序对输入的数据进行自动处理并得出结果;③能把结果输出。所以,计算机是一种能够接收信息,存储信息,并按照存储在其内部的程序(这些程序是人们意志的体现)对输入的信息进行加工、处理,得到人们所期望的结果,然后把处理结果输出的高度自动化的电子设备。本章讲述计算机系统的基本概念。

1.1 计算机系统的硬件与软件

1.1.1 计算机硬件和软件的概念

硬件和软件是学习计算机知识中经常遇到的术语。