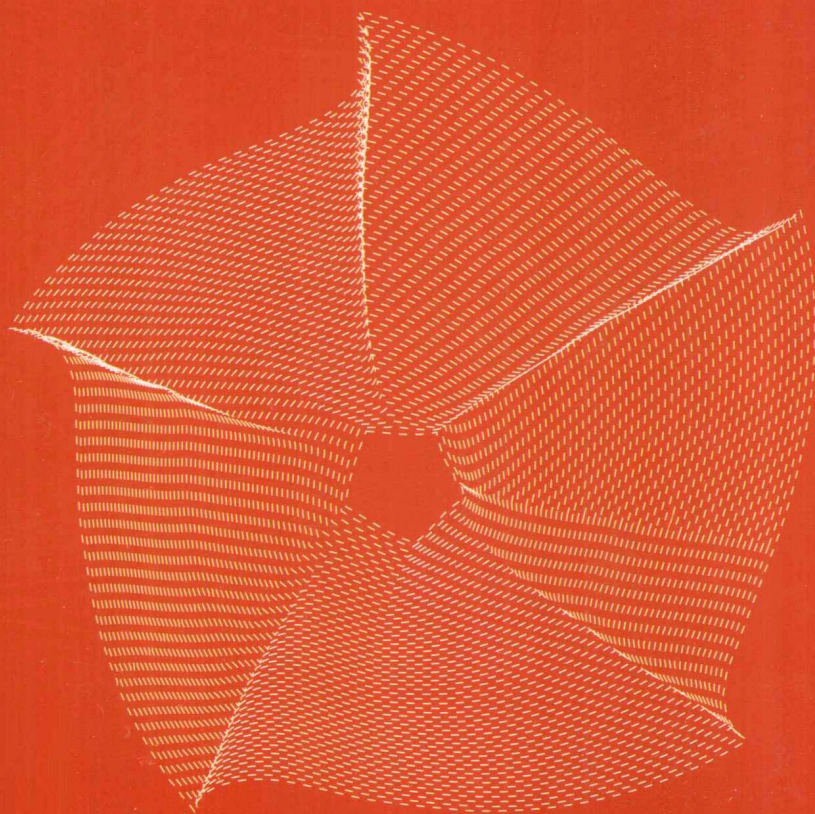


中国高等院校计算机基础教育课程体系规划教材

丛书主编 谭浩强

微机原理与接口技术

李继灿 主编



清华大学出版社

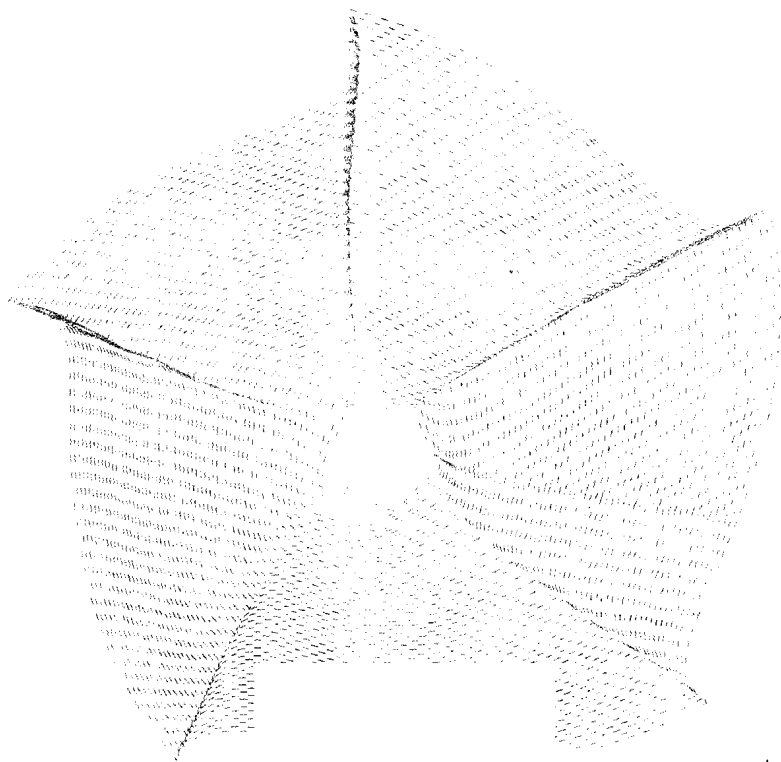


中国高等院校计算机基础教育课程体系规划教材

丛书主编 谭浩强

微机原理与接口技术

李继灿 主编



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书以 Intel 微处理器系列(从 8086 到 Pentium 4)为背景,追踪高性能微型计算机的技术发展方向,抓住关键技术,全面、系统而又深入地介绍微机原理与接口技术,重点讨论微机系统组成、工作过程与运算基础,微处理器系统结构与技术(流水线及超流水线技术、指令预取技术、超标量技术、动态分支转移预测技术),指令系统与扩展指令集,汇编语言程序设计基础,存储系统(存储管理技术、虚拟存储技术以及 Cache 技术),浮点部件及其流水线技术,总线技术,主板(基本结构、芯片组、主板上的插座、插槽与外部接口和 BIOS),输入输出控制技术,接口技术(并行接口、串行接口),数模与模数转换,常用外部设备。

本书内容丰富,结构合理,深入浅出,条理分明,实用性强,选材精细,既可以作为高等院校非计算机专业的教材,也可以作为成人教育的培训教材与科技工作者的参考用书。

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

微机原理与接口技术/李继灿主编. —北京:清华大学出版社,2011.7

(中国高等院校计算机基础教育课程体系规划教材)

ISBN 978-7-302-25312-9

I. ①微… II. ①李… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 068016 号

责任编辑:张 民 赵晓宁

责任校对:李建庄

责任印制:何 芊

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:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24

字 数:594 千字

版 次:2011 年 7 月第 1 版

印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00 元

产品编号:040209-01

中国高等院校计算机基础教育课程体系规划教材

编审委员会

主 任：谭浩强

委 员：(按姓氏笔画为序)

王路江	冯博琴	曲建民	刘瑞挺	杨小平
吴文虎	吴功宜	李凤霞	张 森	汪 蕙
高 林	黄心渊	龚沛曾	焦 虹	詹国华

策划编辑：张 民

从20世纪70年代末、80年代初开始,我国的高等院校开始面向各个专业的全体大学生开展计算机教育。特别是面向非计算机专业学生的计算机基础教育,牵涉的专业面广、人数众多,影响深远。高校开展计算机基础教育的状况将直接影响我国各行各业、各个领域计算机应用的发展水平。这是一项意义重大而且大有可为的工作,应该引起各方面的充分重视。

20多年来,全国高等院校计算机基础教育研究会和全国高校从事计算机基础教育的老师始终不渝地在这片未被开垦的土地上辛勤工作,深入探索,努力开拓,积累了丰富的经验,初步形成了一套行之有效的课程体系和教学理念。20年来高等院校计算机基础教育的发展经历了3个阶段:20世纪80年代是初创阶段,带有扫盲的性质,多数学校只开设一门入门课程;20世纪90年代是规范阶段,在全国范围内形成了按3个层次进行教学的课程体系,教学的广度和深度都有所发展;进入21世纪,开始了深化提高的第3阶段,需要在原有基础上再上一个新台阶。

在计算机基础教育的新阶段,要充分认识到计算机基础教育面临的挑战。

(1) 在世界范围内信息技术以空前的速度迅猛发展,新的技术和新的方法层出不穷,要求高等院校计算机基础教育必须跟上信息技术发展的潮流,大力更新教学内容,用信息技术的新成就武装当今的大学生。

(2) 我国国民经济现在处于持续快速稳定发展阶段,需要大力发展信息产业,加快经济与社会信息化的进程,这就迫切需要大批既熟悉本领域业务,又能熟练使用计算机,并能将信息技术应用于本领域的新型专门人才。因此需要大力提高高校计算机基础教育的水平,培养出数以百万计的计算机应用人才。

(3) 从21世纪初开始,信息技术教育在我国中小学中全面开展,计算机教育的起点从大学下移到中小学。水涨船高,这样也为提高大学的计算机教育水平创造了十分有利的条件。

迎接21世纪的挑战,大力提高我国高等学校计算机基础教育的水平,培养出符合信息时代要求的人才,已成为广大计算机教育工作者的神圣使命和光荣职责。全国高等院校计算机基础教育研究会和清华大学出版社于2002年联合成立了“中国高等院校计算机基础教育改革课题研究组”,集中了一批长期在高校计算机基础教育领域从事教学和研究的专家、教授,经过深入调查研究,广泛征求意见,反复讨论修改,提出了

高校计算机基础教育改革思路和课程方案，并于2004年7月公布了《中国高等院校计算机基础教育课程体系2004》（简称CFC 2004）。CFC 2004公布后，在全国高校中引起强烈的反响，国内知名专家和从事计算机基础教育工作的广大教师一致认为CFC 2004提出了一个既体现先进性又切合实际的思路和解决方案，该研究成果具有开创性、针对性、前瞻性和可操作性，对发展我国高等院校的计算机基础教育具有重要的指导作用。根据近年来计算机基础教育的发展，课题研究组对CFC 2004进行了修订和补充，使之更加完善，于2006年和2008年公布了《中国高等院校计算机基础教育课程体系2006》（简称CFC 2006）和《中国高等院校计算机基础教育课程体系2008》（简称CFC 2008），由清华大学出版社出版。

为了实现课题研究组提出的要求，必须有一批与之配套的教材。教材是实现教育思想和教学要求的重要保证，是教学改革中的一项重要的基本建设。如果没有好的教材，提高教学质量只是一句空话。要写好一本教材是不容易的，不仅需要掌握有关的科学技术知识，而且要熟悉自己工作的对象，研究读者的认识规律，善于组织教材内容，具有较好的文字功底，还需要学习一点教育学和心理学的知识等。一本好的计算机基础教材应当具备以下5个要素。

(1) 定位准确。要十分明确本教材是为哪一部分读者写的，要有的放矢，不要不问对象，提笔就写。

(2) 内容先进。要能反映计算机科学技术的新成果、新趋势。

(3) 取舍合理。要做到“该有的有，不该有的没有”，不要包罗万象、贪多求全，不应把教材写成手册。

(4) 体系得当。要针对非计算机专业学生的特点，精心设计教材体系，不仅使教材体现科学性和先进性，还要注意循序渐进，降低台阶，分散难点，使学生易于理解。

(5) 风格鲜明。要用通俗易懂的方法和语言叙述复杂的概念。善于运用形象思维，深入浅出，引人入胜。

为了推动各高校的教学，我们愿意与全国各地区、各学校的专家和老师共同奋斗，编写和出版一批具有中国特色的、符合非计算机专业学生特点的、受广大读者欢迎的优秀教材。为此，我们成立了“中国高等院校计算机基础教育课程体系规划教材”编审委员会，全面指导本套教材的编写工作。

这套教材具有以下几个特点。

(1) 全面体现CFC 2004、CFC 2006和CFC 2008的思路和课程要求。本套教材的作者多数是课题研究组的成员或参加过课题研讨的专家，对计算机基础教育改革的方向和思路有深切的体会和清醒的认识。因而可以说，本套教材是CFC 2004、CFC 2006和CFC 2008的具体化。

(2) 教材内容体现了信息技术发展的趋势。由于信息技术发展迅速，教材需要不断更新内容，推陈出新。本套教材力求反映信息技术领域中新的发展、新的应用。

(3) 按照非计算机专业学生的特点构建课程内容和教材体系，强调面向应用，注重培养应用能力，针对多数学生的认知规律，尽量采用通俗易懂的方法说明复杂的概念，使学生易于学习。

(4) 考虑到教学对象不同,本套教材包括了各方面所需要的教材(重点课程和一般课程,必修课和选修课,理论课和实践课),供不同学校、不同专业的学生选用。

(5) 本套教材的作者都有较高的学术造诣,有丰富的计算机基础教育的经验,在教材中体现了研究会所倡导的思路和风格,因而符合教学实践,便于采用。

本套教材统一规划、分批组织、陆续出版。希望能得到各位专家、老师和读者的指正,我们将根据计算机技术的发展和广大师生的宝贵意见随时修订,使之不断完善。

全国高等院校计算机基础教育研究会荣誉会长
“中国高等院校计算机基础教育课程体系规划教材”编审委员会主任

谭浩强

“微机原理与接口技术”是高等院校理工类、机电类、电气自动化与电子信息类等非计算机专业的一门非常重要的技术基础课。

本书在参照中国高等院校计算机基础教育课程体系 2006 与 2008 规划要求的基础上,结合近些年来我国高等院校计算机基础教育改革和实践的基本经验,跟进计算机硬件技术的最新发展,确保教材的先进性与易学性。本书凝聚了作者多年来从事计算机硬件教学与教材同步改革的新成果,经过精细加工而成,其主要特色如下:

(1) 定位准确,内容先进。根据多年来对国内外计算机硬件技术及其相关教材发展演变的动态跟踪与改革趋势分析,对教材编写模式与内容做了改进,不仅适应于计算机硬件教学与科研的需要,也体现了先进性与实用性相结合的教材改革方向。

(2) 结构严谨,特色突出。结构符合中国高等院校计算机基础教育课程体系 2006 与 2008 的设计要求,同时还兼顾了硬件技术的最新发展;反映了 8086—Pentium 系列微处理器结构、编程及接口的主流模式,将 16 位与 32 位和最新的 Pentium 4 系列及硬件技术的最新发展有机地结合起来。

(3) 条理分明,实用性强。本书保持了“以 16 位机为基础,追踪 32 位和 64 位主流系列高性能微型计算机的技术发展方向”这一基本特色,抓住计算机硬件关键技术发展的主线,使教材做到全局优化,基础扎实,更新迅速,实用性强。

(4) 选材精练,篇幅适中。贯彻“少而精”的原则,文字流畅,深入浅出,有利于教师将微机硬件知识的精华在有限时间里教给学生。

本教材共分 12 章,第 1 章为微机系统概述,描述了计算机的组成与工作原理以及计算机的运算基础。第 2 章为微处理器系统结构与技术,主要介绍 CISC 与 RISC 技术,典型的 16 位与 80x86 32 位微处理器的系统结构,Pentium 的体系结构与技术特点、Pentium 系列及相关技术的发展。第 3 和第 4 章分别介绍了典型的和应用普遍的 Intel 系列微处理器的指令系统和 CPU 的扩展指令集以及汇编语言程序设计基础。第 5 章为存储器系统,在介绍传统存储器系统及其接口的基础上,对高速缓存 cache 技术、内存的技术发展、外部存储器、存储器分层结构以及存储器管理技术等,都有精辟的解析。第 6 章为浮点部件,在简要介绍 80x86 微处理器的浮点部件基础上,主要介绍 Pentium 微处理器的浮点部件及其流水线操作。第 7 章为总线技术,在介绍微机总线基本概念、分类与特点的基础上,着重介绍了几种常用的扩展总线,如 PCI、AGP、PCI-E 等。第 8 章为主板及其 I/O 接口,介绍了主板设计中的一些技术特点、主板芯片

组, 主板上的插座、插槽以及主板的 I/O 接口。第 9 章为输入输出控制技术, 在介绍几种常见的 I/O 技术基础上, 对 8259A 中断控制器和 8253-5 定时/计数器作了详细解析。第 10 章为接口技术, 重点介绍 8255A 并口和 8250 串口接口芯片。第 11 章为数/模与模/数转换, 主要介绍了 DAC 0832 以及 ADC 0809 转换芯片。第 12 章为多媒体外部设备及接口卡, 介绍常见的多媒体输入输出设备及显卡和声卡。

本书由李继灿教授策划并任主编, 负责全书的大纲拟定、编著与统稿。长江大学计算机科学学院沈疆海副教授参与了存储器、微处理器以及习题中部分章节内容的编写; 长江大学工程技术学院郭麦成教授对本书结构优化和内容精选提出了宝贵建议, 并参与了汇编程序设计部分内容的文字加工; 重庆理工大学电子学院张红民教授参与了有关总线等部分内容的文字加工; 李爱珺女士参与了主板及其 I/O 接口和多媒体外部设备及接口卡等部分内容的文字加工。

在本系列教材多年的编著过程中, 始终得到大连海事大学朱绍庐教授(博士生导师)和傅光永教授(博士生导师)以及北京大学李晓明教授(博士生导师)、王克义教授(博士生导师)等诸位计算机专家的大力支持, 在此, 本人对他们和所有关心与支持本书出版的专家教授们表示诚挚的感谢!

诚恳期待使用本教材的广大师生和读者提出宝贵的意见和建议, 以使本教材质量不断提高。

李继灿

2011 年 5 月

第 1 章 微机系统概述	1
1.1 微机硬件技术的发展	1
1.2 微机系统的组成	3
1.2.1 硬件系统	3
1.2.2 软件系统	8
1.3 微机硬件系统结构	9
1.4 微处理器结构模型的组成	11
1.5 存储器的组成与读写操作	12
1.6 微机的工作过程	14
1.7 微机的运算基础	20
1.7.1 进位记数制	20
1.7.2 各种进位数制之间的转换	21
1.7.3 二进制编码	24
1.7.4 二进制数的运算	26
1.7.5 二进制数的逻辑运算	29
1.8 数的定点与浮点表示	30
1.9 带符号数的表示法	32
1.9.1 机器数与真值	32
1.9.2 机器数的种类和表示方法	33
1.9.3 补码的加减法运算	35
1.9.4 溢出及其判断方法	37
习题 1	38
第 2 章 微处理器系统结构与技术	41
2.1 CISC 与 RISC 技术	41
2.1.1 CISC	41
2.1.2 RISC	42

2.2	典型的 16 位微处理器的系统结构	43
2.2.1	8086/8088 CPU 的内部组成结构	43
2.2.2	8086/8088 CPU 的寄存器结构	46
2.2.3	8086/8088 总线周期的概念	48
2.2.4	8086/8088 的引脚信号和功能	49
2.3	8086/8088 系统的最小/最大工作方式	52
2.3.1	最小方式	52
2.3.2	最大方式	54
2.4	8086/8088 的存储器与 I/O 组织	56
2.4.1	存储器组织	56
2.4.2	存储器的分段	58
2.4.3	实际地址和逻辑地址	59
2.4.4	堆栈	60
2.4.5	“段加偏移”寻址机制允许重定位	60
2.4.6	I/O 组织	61
2.5	80x86 微处理器	61
2.5.1	80286 微处理器	61
2.5.2	80386 微处理器	63
2.5.3	80486 微处理器	64
2.6	Pentium 微处理器	65
2.7	Pentium 系列及相关技术的发展	68
2.7.1	Pentium II 微处理器(P II 或奔腾 II)	68
2.7.2	Pentium III (P III 或奔腾 III)	69
2.7.3	Pentium 4 微处理器	70
2.7.4	Pentium 4 系列 CPU 的主要性能指标	73
2.8	多处理器计算机系统概述	75
2.8.1	多处理器系统的基本概念	75
2.8.2	多处理器系统的特点	77
2.8.3	多机系统的基本组成	78
2.9	嵌入式计算机系统的应用与发展	79
2.9.1	嵌入式计算机系统概述	79
2.9.2	嵌入式计算机体系结构的发展	81
2.9.3	自主计算的 MPP 体系结构	81
2.9.4	自然计算的 MPP 体系结构	81
习题 2		82
第 3 章	微处理器的指令系统	84
3.1	8086/8088 的寻址方式	84
3.1.1	数据寻址方式	84

3.1.2	程序存储器寻址方式	90
3.1.3	堆栈存储器寻址方式	90
3.1.4	其他寻址方式	90
3.2	数据传送类指令	91
3.2.1	通用数据传送指令	91
3.2.2	目标地址传送指令	95
3.2.3	标志位传送指令	96
3.2.4	I/O 数据传送指令	97
3.3	算术运算类指令	99
3.3.1	加法指令	99
3.3.2	减法指令	101
3.3.3	乘法指令	104
3.3.4	除法指令	105
3.3.5	十进制调整指令	106
3.4	逻辑运算和移位循环类指令	110
3.5	串操作类指令	112
3.6	程序控制指令	116
3.6.1	无条件转移指令	116
3.6.2	条件转移指令	119
3.6.3	循环控制指令	120
3.6.4	中断指令	121
3.7	处理器控制类指令	123
3.8	CPU 指令集	124
	习题 3	126
第 4 章	汇编语言程序设计	130
4.1	程序设计语言概述	130
4.2	8086/8088 汇编源程序	131
4.2.1	8086/8088 汇编源程序实例	131
4.2.2	8086/8088 汇编语言语句的类型及格式	132
4.3	8086/8088 汇编语言的数据项与表达式	134
4.3.1	常量	134
4.3.2	变量	134
4.3.3	标号	135
4.3.4	表达式和运算符	135
4.4	8086/8088 汇编语言的伪指令	138
4.4.1	数据定义伪指令	138
4.4.2	符号定义伪指令	141
4.4.3	段定义伪指令	142

4.4.4 过程定义伪指令	145
4.5 8086/8088 汇编语言程序设计基本方法	145
4.5.1 顺序结构程序	145
4.5.2 分支结构程序	146
4.5.3 循环结构程序	147
4.5.4 DOS 中断调用	150
习题 4	153
第 5 章 存储器系统	159
5.1 存储器的分类与组成	159
5.1.1 半导体存储器的分类	159
5.1.2 半导体存储器的组成	160
5.2 随机存取存储器	162
5.2.1 静态随机存取存储器	162
5.2.2 动态随机存取存储器	165
5.3 只读存储器	168
5.3.1 只读存储器存储信息的原理和组成	168
5.3.2 只读存储器的分类	169
5.3.3 常用 ROM 芯片举例	170
5.4 存储器的扩充及其与 CPU 的连接	173
5.4.1 存储器的扩充	173
5.4.2 存储器与 CPU 的连接	175
5.5 内存条技术的发展	182
5.6 外部存储器	184
5.6.1 硬盘	184
5.6.2 光盘驱动器	187
5.7 存储器系统的分层结构	190
5.8 存储管理概述	191
5.8.1 虚拟存储管理	191
5.8.2 高速缓存 Cache 技术	197
习题 5	200
第 6 章 浮点部件	202
6.1 80x86 微处理器的浮点部件概述	202
6.1.1 iAPx86/88 系统中的协处理器	202
6.1.2 80386/80486 系统中的浮点部件	202
6.2 Pentium 微处理器的浮点部件	203
6.3 Pentium 流水线的分级结构及其操作	207
习题 6	208

第 7 章 微机总线应用技术	209
7.1 微机总线技术概述	209
7.2 总线分类	210
7.3 几种常用的扩展总线	211
7.3.1 PC 总线	212
7.3.2 ISA/EISA 总线	212
7.3.3 PCI 局部总线	213
7.3.4 AGP	214
7.3.5 PCI-X	215
7.3.6 PCI Express 总线	216
7.3.7 HyperTransport 总线	217
7.4 微机总线的组成及性能指标	218
习题 7	219
第 8 章 微型计算机的主板及其 I/O 接口	220
8.1 主板概述	220
8.2 主板的基本结构	221
8.3 主板的多功能外围芯片组	222
8.3.1 主板芯片组概述	222
8.3.2 主流芯片组简介	222
8.4 主板设计中的一些技术特点	225
8.5 主板上的插座、插槽与外部接口	227
8.5.1 CPU 插座	227
8.5.2 总线扩展槽	229
8.5.3 内存条插槽	230
8.5.4 主板的 I/O 接口	232
8.6 主板的 BIOS 与 CMOS	234
8.6.1 主板的 BIOS	234
8.6.2 主板的 CMOS	236
习题 8	238
第 9 章 输入输出控制技术	239
9.1 输入输出接口概述	239
9.2 CPU 与外设之间数据传送的方式	241
9.2.1 程序传送	241
9.2.2 中断传送	247

9.2.3 直接存储器存取传送	247
9.3 中断技术	248
9.3.1 中断概述	249
9.3.2 单个中断源的中断	250
9.3.3 向量中断	253
9.3.4 中断优先权	253
9.4 8086/8088 的中断系统和中断处理	253
9.4.1 8086/8088 的中断系统	253
9.4.2 8086/8088 CPU 的中断处理过程	258
9.4.3 可屏蔽中断的过程	260
9.4.4 中断响应时序	261
9.5 可编程中断控制器 8259A	262
9.5.1 8259A 的引脚与功能结构	262
9.5.2 8259A 内部结构框图和中断工作过程	263
9.5.3 8259A 的控制字格式	266
9.5.4 8259A 应用举例	272
9.6 计数/定时控制技术	273
9.6.1 8253-5 的引脚与功能结构	273
9.6.2 8253-5 的内部结构和寻址方式	274
9.6.3 8253-5 的 6 种工作方式及时序关系	275
9.6.4 8253 应用举例	278
习题 9	280
第 10 章 接口技术	282
10.1 接口的分类及功能	282
10.2 并行接口	283
10.2.1 8255A 芯片引脚定义与功能	283
10.2.2 8255A 寻址方式	285
10.2.3 8255A 的控制字	286
10.2.4 8255A 的 3 种工作方式	287
10.2.5 时序关系	291
10.2.6 8255A 应用举例	292
10.3 串行接口	294
10.3.1 串行通信基础	294
10.3.2 8250 芯片引脚定义与功能	299
10.3.3 8250 芯片的内部结构和寻址方式	300
10.3.4 8250 内部控制状态寄存器的功能及其工作过程	302
10.3.5 8250 通信编程	306
习题 10	308

第 11 章 数/模与模/数转换	310
11.1 DAC 0832 数/模转换器	310
11.2 ADC 0809 模/数转换器	315
习题 11	321
第 12 章 多媒体外部设备及接口卡	322
12.1 输入设备	322
12.1.1 字符输入设备——键盘	322
12.1.2 图形输入设备	324
12.1.3 图像输入设备	326
12.1.4 智能输入装置	330
12.2 图形/图像输出设备	332
12.2.1 显示器	332
12.2.2 打印机	334
12.3 输入输出复合设备	336
12.3.1 传真机	336
12.3.2 多功能一体机	337
12.4 显卡	337
12.4.1 显卡的分类	337
12.4.2 显卡内部结构	338
12.4.3 显卡的性能参数	340
12.5 声卡	340
习题 12	342
附录 A 8086/8088 的指令格式	343
附录 B 调试软件 DEBUG 及调试方法	347
附录 C 部分习题答案	351
参考文献	364

第1章

微机系统概述

【学习目标】

本章是整个课程的基础与重点。首先,简要介绍计算机与微机的发展简史与分类,以及微机系统组成的基本概念。然后,重点讨论典型的单总线微机硬件系统结构,微处理器组织及各部分的作用,存储器组织及其读写操作过程。在此基础上,将微处理器和存储器结合起来组成一个最简单的微机模型,通过具体例子说明冯·诺依曼型计算机的运行机理与工作过程。最后,讨论微机运算的一些基础知识。

【学习要求】

- 了解计算机的发展简史。
- 正确理解微型计算机的硬件系统和软件系统。
- 理解 CPU 对存储器的读写操作过程,重点掌握冯·诺依曼计算机的设计思想。
- 着重理解和熟练掌握程序执行的过程。
- 能熟练掌握与运用各种数制及其相互转化的综合表示法。
- 熟练掌握补码及其运算,着重理解补码与溢出的区别。

1.1 微机硬件技术的发展

自从 1946 年发明计算机至今,计算机硬件技术获得了飞速地发展。特别是在 1971 年推出微处理器芯片之后,以微处理器为核心的微型计算机(简称微型机或微机)系统获得了更加迅猛的周期性提升和广泛的应用。如今,以 Pentium 4 后系列为主流机型的 32 位现代微机技术和 64 位微机技术已达到相当高的水平,其应用也更加普及。

1. 计算机的发展简史

电子计算机按其逻辑元件的更新可分为 4 代:第 1 代,电子管计算机(1946—1956);第 2 代,晶体管计算机(1957—1964);第 3 代,中小规模集成电路计算机(1965—1970);第 4 代,超大规模集成电路计算机(1971 至今)。

电子计算机按其性能可分为 5 类:大型计算机/巨型计算机(Mainframe Computer)、中型计算机(Mediumcomputer)、小型计算机(Minicomputer)、微型计算机(Microcomputer)、单片计算机(Single-Chip Microcomputer)。