



高职高专计算机精品课程系列规划教材

微型计算机系统与接口

马宏锋 蔺 鹏 李驰新 龚成莹 陶 冶 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高职高专计算机精品课程系列规划教材

微型计算机系统与接口

马宏锋 蔺 鹏 李驰新 龚成莹 陶 冶 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书以 Intel 8086 为基础, 主要介绍微型计算机系统结构、典型微处理器、存储器技术、指令系统和汇编语言、输入/输出接口技术、微型计算机总线技术、人机交互设备及接口等知识, 对微型计算机应用系统的设计和嵌入式系统也加以介绍, 以扩充读者的知识面。本书以微型计算机的关键技术, 如 cache、存储管理、中断、DMA、系统总线、异步通信接口等作为教材的内容重点, 结合实例分析和实践, 使读者熟练掌握关键技术。同时, 本书编写了相应的实验、实习指导, 通过对上述基本知识的学习和实践, 引导读者逐步培养计算机的硬件电路分析、应用和程序设计的能力。

本书内容融入了作者多年教学和实践经验及体会, 在叙述中, 力求符合教学规律和学习习惯, 突出重点, 强调实际应用。本书是省级精品课程建设项目研究成果的重要组成部分, 编者免费提供配套的多媒体教学、网络学习系统、学习指导、综合测试、实习实训指导等学习课件, 并提供在线答疑。课程资源网址为 <http://210.26.16.44/C25/course/index.htm>。

本书适合作为应用型本科和高职高专电气、电子、计算机等学科相关专业的教材, 也可作为成人教育、在职人员培训、高等教育自学人员, 以及从事微型计算机硬件、软件开发的工程技术人员学习和工作的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

微型计算机系统与接口/马宏锋等编著. —北京: 中国铁道出版社, 2008. 12

(高职高专计算机精品课程系列规划教材)

ISBN 978-7-113-08785-2

I. 微… II. 马… III. ①微型计算机—理论—高等学校: 技术学校—教材②微型计算机—接口设备—高等学校: 技术学校—教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 192748 号

书 名: 微型计算机系统与接口

作 者: 马宏锋 等编著

策划编辑: 翟玉峰 王春霞

责任编辑: 翟玉峰

编辑部电话: (010) 63583215

编辑助理: 鲍 闻

封面设计: 付 巍

封面制作: 白 雪

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

版 次: 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.75 字数: 485 千

印 数: 5 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-08785-2/TP·2816

定 价: 29.00 元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

“微型计算机系统与接口”课程是工科院校电气、电子、计算机等学科相关专业的重要专业基础课程,该课程不仅是计算机应用的硬件基础类课程,也是一门应用性很强的专业技术课。本书力求体现应用型本科和高职高专教育的特点,注重面向应用型人才专业技能和实用技术的培养,以基本概念为基础、以技术发展为主线、以关键技术为重点,特别加强对关键部件的逻辑与时序的分析,强调系统扩展和设计案例分析,紧密结合实验教学,逐步培养微型计算机应用和研发人员所必须掌握的资料阅读能力、时序分析和接口设计能力,以及系统设计、软件编程和硬件调试能力。本书在内容表达上,以实例引出概念、提出问题,然后通过阐述与分析,进行归纳总结,做到层次清晰、脉络分明;在内容组织上,以 8086 微型计算机为基础,多讲实例,多介绍和现代微型计算机密切相关的技术,力求循序渐进、举一反三、突出重点、通俗易懂。

全书共分 10 章,第 1 章概述微型计算机系统的组成和基本概念;第 2 章讲述典型微处理器 8086 的编程结构、引脚功能、总线操作,以及系统配置和存储管理;第 3 章介绍存储器系统的层次结构、存储容量的扩展和新型存储器技术;第 4 章围绕 8086 指令系统和寻址方式,介绍各类指令的使用和汇编语言程序设计的基本方法;第 5 章介绍微型计算机输入/输出处理技术的概念和应用实例,包括 I/O 接口、中断、DMA 和异步通信等关键技术;第 6 章介绍微机系统总线的基本概念及主要类型,讨论 PCI 总线、RS-232-C 总线和 USB 总线的结构及使用方法;第 7 章介绍常用人机交互设备的工作原理和编程方法;第 8 章介绍嵌入式处理器的工作原理和嵌入式系统;第 9 章通过应用实例,说明典型微型计算机应用系统的开发设计方法;第 10 章为实验、实习指导,从实践的角度引导读者逐步培养计算机的硬件电路分析、应用和程序设计能力。为便于学习,本书每章开始均有导学说明,指明学习目标和学习重点;结束时有本章小结,指明教学基本要求,区分应该熟练掌握和一般了解的内容,进行重点难点分析和讲解。

本书由马宏锋策划和统稿。编写分工如下:第 1、5 章由马宏锋编写;第 6、10 章由蔺鹏编写;第 3、8 章由李驰新编写;第 2、7 章由龚成莹编写;第 4、9 章由陶冶编写。此外,经过多年努力,本课程已获 2006 年省级精品课程,与主教材配套的还有多媒体教学课件、网络学习系统、学习指导、综合测试、实习实训指导、在线答疑等教学资源,课程资源网站为 <http://210.26.16.44/C25/course/index.htm>。

由于计算机技术发展非常迅速,加之时间仓促,编者水平有限,疏漏及不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2008 年 11 月

目录

CONTENTS

第 1 章 微型计算机基础知识.....	1
1.1 微型计算机发展.....	1
1.2 计算机中数据信息的表示.....	3
1.2.1 数据格式及机器数.....	3
1.2.2 数字信息编码.....	4
1.3 逻辑单元与逻辑部件.....	6
1.3.1 二进制数的逻辑运算与逻辑电路.....	6
1.3.2 常用逻辑部件.....	7
1.4 微型计算机的基本结构.....	10
1.4.1 微型计算机的硬件结构.....	10
1.4.2 微型计算机的软件系统.....	12
1.4.3 微型计算机的工作过程.....	12
本章小结.....	13
习题.....	14
第 2 章 典型微处理器.....	15
2.1 8086 微处理器简介.....	15
2.1.1 8086 微处理器的内部功能结构.....	15
2.1.2 8086/8088 微处理器的引脚功能.....	19
2.2 8086 系统的存储器组织及 I/O 组织.....	21
2.2.1 8086 系统的存储器组织.....	21
2.2.2 8086 系统的 I/O 组织.....	22
2.3 8086 系统的工作模式.....	23
2.3.1 最小模式和最大模式的概念.....	23
2.3.2 最小模式系统.....	23
2.3.3 最大模式系统.....	28
2.4 8086 总线的操作时序.....	31
2.4.1 系统的复位和启动操作.....	31
2.4.2 最小与最大模式下的总线操作.....	32
2.5 80x86/Pentium 系列微处理器.....	36
2.5.1 80286 微处理器.....	36
2.5.2 80386 微处理器.....	37
2.5.3 80486 微处理器.....	38

2.5.4 Pentium 微处理器	39
2.5.5 Itanium 微处理器	40
本章小结	40
习题	41
第 3 章 存储器技术	42
3.1 存储器简介	42
3.1.1 存储器分类	42
3.1.2 存储器的主要性能参数	43
3.1.3 存储系统的层次结构	44
3.2 读写存储器	44
3.2.1 静态读写存储器 SRAM	44
3.2.2 动态读写存储器 DRAM	45
3.2.3 EPROM	48
3.2.4 EEPROM	50
3.2.5 闪速 EEPROM	51
3.2.6 存储器的连接	53
3.3 存储器管理	57
3.3.1 IBM PC/XT 中的存储空间分配	57
3.3.2 扩展存储器及其管理	57
3.4 内部存储器技术的发展	60
3.5 外部存储器	62
3.5.1 硬盘及硬盘驱动器	62
3.5.2 光盘存储器	64
3.6 新型存储器	65
3.6.1 Flash 存储器	65
3.6.2 蓝光光盘	67
3.6.3 固态硬盘	68
本章小结	69
习题	69
第 4 章 指令系统与汇编语言	70
4.1 8086 指令格式与寻址方式	70
4.1.1 8086 指令格式	70
4.1.2 寻址方式	71
4.2 8086/8088 CPU 指令系统	73
4.2.1 数据传送类指令	74
4.2.2 算术运算类指令	77
4.2.3 位操作类指令	81
4.2.4 串操作类指令	85

4.2.5	控制转移类指令	90
4.2.6	处理器控制类指令	95
4.3	汇编语言的语句	95
4.4	汇编语言的伪指令	101
4.4.1	符号定义伪指令	101
4.4.2	数据定义伪指令	101
4.4.3	段定义伪指令	103
4.4.4	过程定义伪指令	105
4.5	汇编语言程序设计基础	106
4.5.1	程序设计的一般步骤	106
4.5.2	程序设计的基本方法	107
4.5.3	子程序设计与调用技术	111
4.6	DOS 功能子程序的调用	114
4.6.1	概述	114
4.6.2	基本 DOS 功能子程序	115
	本章小结	118
	习题	119
第 5 章	输入/输出技术	122
5.1	输入/输出接口概述	122
5.1.1	输入/输出接口电路	122
5.1.2	CPU 与外设数据传送的方式	124
5.1.3	I/O 端口的编址方式	128
5.2	中断系统	129
5.2.1	中断基本概念	129
5.2.2	可编程中断控制芯片 8259A	136
5.2.3	8259A 的应用举例	143
5.3	并行接口	146
5.3.1	并行通信与并行接口	146
5.3.2	可编程并行通信接口芯片 8255A	148
5.3.3	8255A 的编程及应用	153
5.4	串行接口	156
5.4.1	串行通信及串行接口	156
5.4.2	可编程串行通信接口芯片 8251A	158
5.4.3	8251A 的编程及应用	164
5.5	DMA 控制技术	166
5.5.1	可编程 DMA 控制器 8237	167
5.5.2	8237A 的编程及应用	171
5.6	定时器/计数器	173

5.6.1	可编程定时器/计数器 8253	173
5.6.2	8253A 的编程及应用	177
5.7	D/A 转换器及 A/D 转换器接口	180
5.7.1	D/A 转换器及其与 CPU 的接口	180
5.7.2	A/D 转换器及其与 CPU 的接口	184
	本章小结	187
	习题	188
第 6 章	微型计算机总线技术	189
6.1	总线基本知识	189
6.1.1	概述	189
6.1.2	微型计算机总线技术的现状	190
6.1.3	计算机总线技术的未来发展趋势	192
6.1.4	总线分类和总线标准	193
6.2	系统总线	195
6.2.1	PCI 总线	195
6.2.2	AGP 总线	198
6.2.3	新型 PCI Express 总线	200
6.3	外总线	202
6.3.1	RS-232-C 总线	202
6.3.2	IEEE-488 总线	204
6.3.3	SCSI 总线	204
6.3.4	USB 总线	205
6.3.5	IEEE 1394 总线	211
6.4	现场总线	213
6.4.1	现场总线的产生	213
6.4.2	现场总线控制系统的技术特点	214
6.4.3	现场总线技术的现状及发展前景	215
6.4.4	现场总线举例	216
	本章小结	221
	习题	221
第 7 章	人机交互设备及接口	222
7.1	显示接口	222
7.1.1	CRT 显示系统	222
7.1.2	LCD 及其接口	226
7.1.3	LED 及其接口	228
7.2	键盘、鼠标接口	230
7.2.1	键盘接口	231
7.2.2	鼠标接口	234

7.3	并行打印机接口	236
7.3.1	常用打印机及工作原理	236
7.3.2	主机与打印机接口	237
7.3.3	打印机编程应用	239
7.4	其他外设	243
7.4.1	扫描仪	243
7.4.2	数码照相机	244
7.4.3	光盘存储器	245
7.4.4	光盘刻录机	246
7.4.5	DVD-ROM	247
7.4.6	磁盘接口	247
7.4.7	外围设备发展方向	248
	本章小结	248
	习题	248
第 8 章	嵌入式系统	250
8.1	嵌入式系统综述	250
8.1.1	嵌入式系统的发展历史	250
8.1.2	嵌入式系统具备的特性	251
8.1.3	嵌入式系统的特点	252
8.1.4	嵌入式系统组成	252
8.1.5	嵌入式系统的应用	253
8.2	嵌入式处理器	254
8.2.1	嵌入式处理器概述	254
8.2.2	ARM 微处理器	255
8.2.3	ARM 微处理器系列	255
8.2.4	ARM 微处理器结构	259
8.3	ARM 处理器编程结构	259
8.3.1	ARM 微处理器的工作状态	260
8.3.2	ARM 体系结构的存储器格式	260
8.3.3	处理器模式	261
8.3.4	寄存器组织	261
8.3.5	异常	265
8.4	嵌入式系统开发过程	266
8.4.1	嵌入式系统设计的过程	266
8.4.2	开发平台的选择	267
8.4.3	基于 Linux 的嵌入式系统开发概述	269
	本章小结	273
	习题	273

第 9 章 微型计算机应用系统	274
9.1 微型计算机应用系统设计	274
9.1.1 概述	274
9.1.2 微型计算机应用系统设计举例	276
9.2 PCI 总线、USB 总线接口设计	280
9.2.1 PCI 总线与 DSP 通信接口电路设计	280
9.2.2 USB 总线与 DSP 通信接口电路设计	283
9.3 Windows 驱动程序设计	288
9.3.1 驱动程序概述	288
9.3.2 USB 设备 WDM 驱动程序设计	291
本章小结	292
习题	292
第 10 章 实验、实习指导	293
10.1 汇编语言程序运行环境	293
10.1.1 编辑、汇编与连接	293
10.1.2 程序的调试与 DEBUG 命令	296
10.2 汇编语言部分实验	299
10.2.1 数码转换实验	299
10.2.2 运算类编程实验	301
10.2.3 分支程序设计实验	302
10.2.4 子程序设计实验	304
10.2.5 显示器显示控制实验	305
10.3 硬件接口实验	305
10.3.1 中断特性及 8259 应用编程实验	306
10.3.2 8255 并行接口应用实验	307
10.3.3 8253 定时/计数器应用实验	308
10.3.4 DMA 特性及 8237 应用实验	309
10.3.5 8251 串行接口应用实验	310
10.3.6 存储器扩展实验	311
10.3.7 A/D 和 D/A 转换实验	311
10.4 实习指导	312
10.4.1 交通信号灯控制设计	313
10.4.2 动画程序设计	315
10.4.3 模拟电梯控制设计	316
10.4.4 七段码电子表显示设计	316
10.4.5 微机灯光控制系统	317
本章小结	318
参考文献	319

第 1 章 微型计算机基础知识

学习目标

本章重点介绍微型计算机的发展历程和系统组成；计算机中的数据格式及机器码、有符号数的表示、字符编码的基本知识以及常用的逻辑单元和逻辑部件。学习本章内容要求熟悉和掌握微型计算机的发展历史、发展前景、工作特点、组成分类、应用领域等相关知识，为后续章节的学习打下良好的基础。

学习重点

- 微型计算机的发展过程及各代微处理器的特点。
- 微型计算机系统的组成及性能评价指标。
- 计算机中的数据格式及机器数表示，有符号数和无符号数的表示方法。
- ASCII 码、BCD 码的概念和应用。
- 基本逻辑运算的规律和常用逻辑部件的特点。

1.1 微型计算机发展

计算机的发明标志着人类文明进入了一个新的历史阶段。20 世纪 70 年代初期，微电子技术和超大规模集成电路技术的发展，导致以微处理器为核心的微型计算机的诞生。微型计算机现在已渗透到国民经济的各个领域，极大地改善了人们的工作、学习以及生活方式，成为信息时代的主要标志。

1. 微型计算机的发展

从 1946 年第一台电子计算机问世至 20 世纪末，计算机的发展已经历了电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模和超大规模集成电路 4 个阶段。进入 21 世纪，随着生物科学、神经网络技术、纳米技术的飞速发展，生物芯片、神经网络技术进入计算机领域——计算机的发展进入第 5 个发展阶段。

按体积、性能和价格来分，计算机可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。微型计算机是指以微处理器为核心，配以存储器、输入/输出接口电路及其设备所组成的计算机。微型计算机采用超大规模集成电路技术，将运算器和控制器——微处理器（microprocessor），集成在一片硅片上。

随着微电子与超大规模集成电路技术的发展，微型计算机技术的发展基本遵循摩尔定律，微处理器集成度每隔 18 个月翻一番，芯片性能随之提高一倍左右。通常，微型计算机的发展是以微

处理器的发展为表征的。以其字长和功能来分,微处理器的发展经历了如下几个阶段:

- 1971~1973 年是 4/8 位低档微处理器时代。代表芯片是 Intel 4004 和 Intel 8008,微处理器采用 PMOS 工艺,集成度为 2 300 元件/片,基本指令执行时间 20~50 μ s,主频在 500kHz 以下,基本指令 48 条。第一代微处理器主要用于家电和简单控制场合。
- 1973~1977 年是 8 位中档微处理器时代。代表芯片是 MC6800、Z80、Intel 8080/8085 等,微处理器采用 NMOS 工艺,集成度较上代提高 4 倍,基本指令执行时间 2~10 μ s,主频高于 1MHz,基本指令 70 多条。第二代微处理器主要用于电子仪器等。
- 1978~1984 年是 16 位微处理器时代。代表芯片是 Intel 8086/8088、MC6800、Z8000,采用 HMOS 工艺,集成度 2 万~7 万元件/片,基本指令执行时间为 0.5 μ s,主频 4~8 MHz;采用这代微处理器的计算机指令系统完善,采用流水线技术、多级中断、多种寻址方式、段寄存器等结构,能够与协处理器相配合进行浮点运算。
- 1985~1992 年为 32 位微处理器时代,它标志着微处理器跨入了第四代。代表芯片是 Intel 80386、Intel 80486、MC68040 等,采用 HOMS/CMOS 工艺,集成度 100 万元件/片,基本指令执行速度 25MIPS (百万条指令每秒),主频 16~25MHz,引入了高速缓存和采用精简指令集,其体系结构较 16 位机发生了概念性变化。
- 1993 年推出的 32 位 Pentium 微处理器 P5,采用 0.6 μ m 的静态 CMOS 工艺,集成度 350 万元件/片,基本指令执行时间 0.5 μ s,主频 60MHz 以上,采用扩展总线,设置高速程序缓存、数据缓存、超流水线结构。两年后推出的 Pentium Pro 系列微处理器 P6,主频 133MHz,设置两级缓存,采用动态执行技术,性能大大提高。而后又推出了具有 MMX 技术——附加多媒体声像处理指令的 Pentium II,其可用于多媒体应用领域。

截止目前,Intel 系列的微处理器中,最高主频已超过 3.0GHz。80x86/Pentium 系列部分 CPU 的主要性能参数如表 1-1 所列。

表 1-1 Intel 80x86/Pentium 系列 CPU 的主要性能参数

微处理器	推出时间	生产工艺/ μ m	首批时钟频率/ MHz	集成度百万元件/片	寄存器位数	数据总线宽度/bit	最大寻址空间	高速缓存
8086	1978	10	8	0.040	16	16	1MB	无
80286	1982	2.7	12.5	0.125	16	16	16MB	无
80386DX	1985	2	20	0.275	32	32	4GB	无
80486DX	1989	1, 0.8	25	1.200	32	32	4GB	8KB L1
Pentium	1993	0.8, 0.6	60	3.100	32	64	4GB	16KB L1
Pentium Pro	1995	0.6	200	5.500	32	64	64GB	16KB L1/256KB L2
Pentium II	1997	0.35	300	7.500	32	64	64GB	32KB L1/256KB L2
Pentium III	1999	0.18	500	9.500	32	64	64GB	32KB L1/512KB L2
Pentium IV	2000	0.13	1 300	42.00	32	64	64GB	128KB L1/512KB L2

2. 微型计算机的特点

微型计算机运算速度快,计算精度高,高集成度使得微处理器非常稳定且造价低廉。微型计算机硬件平台开放,易于扩展,适应性强,因此微处理器的配套应用芯片和软件丰富,更新也很快。此外,微型计算机还具有体积小,质量小,耗电省及维护方便等特点。

3. 微型计算机的应用

科学计算是微型计算机应用的主要领域。应用包括卫星发射控制、航天飞机制造、高层建筑设计、机械产品设计以及生物信息学研究、基因测序、医学病理分析与处理等。

过程控制是微型计算机在工业应用中的重要领域,应用包括大型工业锅炉控制、铁路调度控制、数控机床控制,以及由上、下位微型计算机构成的分布式工业生产自动控制系统等。嵌入式系统的发展和应用使工业控制的应用领域更加广泛,市场应用前景更加广阔。

低档的微型计算机在仪器仪表和家电的智能控制方面的应用,取代了过去的硬件逻辑电路对仪器仪表和家电的控制,用程序的重复执行以及循环控制,可以做到电路最省、控制更佳,并可通过修改程序来修改控制方案,因而灵活多变,可靠性高。

计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)借助微型计算机调整、修改产品设计,CAM围绕中心数控机床及其自动化设备,用以完成部件的加工、运输、组装、测量、检查等功能,CAD与CAM的集成——CAD/CAM一体化,是今后工业自动化发展的重要方向。

人工智能的主要目标是利用计算机模拟人的大脑,实现对知识学习、理解与推理并且将信息进行处理。人工智能理论的新突破,特别是人工神经网络和DNA芯片技术的研究,急需大型、并行计算机的模拟计算和新型计算机的研究。

利用微型计算机可以构成计算机网络,实现微机系统的软硬件资源和数据资源的共享。

1.2 计算机中数据信息的表示

计算机主要的功能之一是信息处理,这些信息包括数值、文字、声音、图形和图像等,这些信息以数字化形式传输、存储和处理。因此,各种数制与信息编码是至关重要的。

1.2.1 数据格式及机器数

1. 数据格式

在微处理器中,进行整数和小数运算,如何处理小数点的位置是十分重要的,人们经常采用定点法和浮点法来表明小数点的位置。

(1) 定点格式

在定点格式中,小数点在数据中的位置固定不变。定点格式可表示成定点小数或定点整数。通常,小数点的位置确定后,在运算中不再考虑小数点的问题,因而,小数点不占用存储空间。定点数表示简单,但数的取值范围小,精度低。

(2) 浮点格式

采用浮点格式的机器中的数据的小数点位置可变。浮点数的一般格式为

$$N=R^e \cdot m$$

式中, N 为浮点数或实数; m 是浮点数的尾数,是纯小数; e 是浮点数的指数,是整数;基数 R 是常数。

机器中的浮点数用尾数和阶码及其符号位表示。尾数用定点小数表示,尾数给定有效数字的位数并决定浮点数的表示精度;阶码用定点整数表示,指明小数点在数据中的位置并决定浮点数的表示范围。

(3) 带符号数和无符号数

对于整数来说最高有效位为符号位, 则该数为带符号数; 反之, 若数的最高有效位为数值位, 则为无符号数。无符号数不一定是正数, 当数据处理时, 若不需要考虑数的正负, 则可以使用无符号数。带符号数和无符号数的取值范围不同, 对于字长为 8 位的定点整数, 无符号数的取值范围是 $0 \leq X \leq 255$, 有符号数的取值范围是 $-128 \leq X \leq 127$ 。

2. 符号数的表示

计算机用数的符号和数值部分一起编码的方法表示带符号的数。常用的有原码、反码和补码三种表示方法。这些表示方法都将数的符号数码化。通常“+”用“0”表示, “-”用“1”表示。为了区分书写时表示的数和机器中编码表示的数, 我们称前者为真值, 后者为机器数, 即数值连同符号数码“0”或“1”在机器中的一组二进制数表示形式, 称为机器数, 而它所表示的数值连同符号“+”或“-”称为机器数的真值。把机器数的符号位也当作数值的数, 就是无符号数。

为了表示方便, 常把 8 位二进制数称为字节, 把 16 位二进制数称为字, 把 32 位二进制数称为双字。对于机器数应将其用字节、字或双字表示, 所以只有 8 位、16 位或 32 位机器数的最高位才是符号位。

正数的原码、反码、补码相同, 即 $[x]_{\text{原}} = [x]_{\text{反}} = [x]_{\text{补}}$ 。

负数的机器数求解方法如下:

- 反码: 其原码符号位保持不变, 数值位按位取反。
- 补码: 反码末位加 1。

当计算机采用不同的码制时, 运算器和控制器的结构将不同。由于补码具有唯一性, 因此小型计算机和微型机大都为补码机。计算机中引入补码的优点如下:

- 符号位和数值位成为一体, 共同参与运算, 运算结果的符号位由运算得出。
- 减法可以转换成加法运算来完成, 乘法和除法可以通过加法和移位运算来完成。这样, 二进制数的四则运算只须加减法和移位运算即可完成。

由此可见, 计算机中引入补码的目的是简化运算方法, 从而简化运算器的结构和设计。

【例 1.1】用二进制 8 位字长表示 -109, 54, 0.625 和 -0.25 的原码、反码、补码。

解: 十进制数	二进制数	原码	反码	补码
-109	-1101101	11101101	10010010	10010011
54	110110	00110110	00110110	00110110
0.625	0.101	0.1010000	0.1010000	0.1010000
-0.25	-0.01	1.0100000	1.1011111	1.1100000

1.2.2 数字信息编码

所谓编码, 就是用少量的基本符号, 按照一定的排列组合原则表示大量复杂多样信息的一种操作。基本符号的种类和排列组合规则是信息编码的两大要素。下面分别简单介绍计算机中信息编码和常用数据表示的几种方法。

1. 二进制编码的十进制数

计算机内部采用二进制数, 而外部数据的输入/输出使用十进制数。为此, 采用编码方式来完成二-十进制数的转换。8421BCD 码就是用 4 位二进制数的编码来表示十进制数, 如表 1-2 所列。采用 8421BCD 码可以直接使用二进制数完成十进制数的存储和运算。

表 1-2 常用编码形式与十进制数的对应关系

十进制数	十六进制数	8421BCD	十进制数	十六进制数	8421BCD
0	0	0000 0000	8	8	0000 1000
1	1	0000 0001	9	9	0000 1001
2	2	0000 0010	10	A	0001 0000
3	3	0000 0011	11	B	0001 0001
4	4	0000 0100	12	C	0001 0010
5	5	0000 0101	13	D	0001 0011
6	6	0000 0110	14	E	0001 0100
7	7	0000 0111	15	F	0001 0101

2. 字符编码

ASCII 码（American Standard Code for Information Interchange）是国际通用的字符编码标准。ASCII 码采用 7 位二进制数编码表示 128 个字符，如表 1-3 所列。其中 34 个起控制作用的编码称为功能码，其余的 94 个符号称为信息码，供书写程序和描述命令之用。在确定某个字符的 ASCII 码时，先确定该字符在表中所对应的行与列，列对应着高位码 $d_6d_5d_4$ ，行对应低位码 $d_3d_2d_1d_0$ ，高位码与低位码的组合就是该字符的 ASCII 码。

表 1-3 ASCII 码字符表

654 位 3210 位	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SPACE	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

注：SPACE = 空格，LF = 换行，FF = 换页，CR = 回车，DEL = 删除，BEL = 振铃。

3. 汉字编码

当计算机用于汉字处理时, 可用若干位二进制编码来表示一个汉字。通常, 一个汉字的编码可用内码、字模码和外码来描述。内码是用于汉字的存储、交换等操作的计算机内部代码。一个汉字内码通常用两个字节表示, 且这两个字节的最高位均为 1, 以区别英文字符的 7 位 ASCII 码。字模码是汉字的输出编码, 字库中存放的就是字模码。外码是汉字的输入码, 用来输入汉字的编码。

1.3 逻辑单元与逻辑部件

逻辑单元是组成微型计算机系统的基本单元, 在微型计算机系统中, 逻辑单元具体由计算机的逻辑部件来实现。

1.3.1 二进制数的逻辑运算与逻辑电路

计算机除了可进行基本的算术运算外, 还可对两个或一个无符号二进制数进行逻辑运算。计算机中的逻辑运算主要是“逻辑非”、“逻辑与”、“逻辑或”和“逻辑异或”4 种基本运算。下面介绍这 4 种基本逻辑运算及实现这些运算的逻辑电路。

1. 逻辑非

逻辑非运算也称“求反”。对二进制数进行逻辑非运算, 就是按位求它的“反”, 常在逻辑变量上方加一横线来表示。

例如, $A=01100001B$, $B=11001011B$, 对 A 和 B 求逻辑非, 则有:

$$\bar{A}=10011110B, \bar{B}=00110100B$$

实现逻辑非运算的电路称为非门, 又称反相器。非门只有一个输入和一个输出。其图形符号如图 1-1 所示。

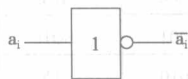


图 1-1 非门的图形符号

2. 逻辑与

对两个二进制数进行逻辑与运算, 就是按位求它们的“与”, 又称“逻辑乘”, 常用记号“ $\wedge$ ”或“ $\cdot$ ”来表示。二进制数逻辑与的规则为 $0\wedge 0=0$, $0\wedge 1=0$, $1\wedge 0=0$, $1\wedge 1=1$ 。

例如, $01100001B\wedge 11001001B$, 逻辑与算式如下:

$$\begin{array}{r} 01100001 \\ \wedge 11001001 \\ \hline 01000001 \end{array}$$

即 $01100001B\wedge 11001001B=01000001B$ 。

实现逻辑与运算的电路称为与门, 2 输入与门的国标符号如图 1-2 所示。



图 1-2 与门的图形符号

3. 逻辑或

对两个二进制数进行逻辑或运算, 就是按位求它们的“或”, 又称“逻辑加”, 常用记号“ $\vee$ ”或“ $+$ ”来表示。二进制数逻辑加的规则为 $0\vee 0=0$, $0\vee 1=1$, $1\vee 0=1$, $1\vee 1=1$ 。

例如, $01100001B\vee 11001001B$, 逻辑加算式如下:

$$01100001$$

$$\vee 11001001$$

$$11101001$$

即 $01100001B \vee 11001001B = 11101001B$ 。

实现逻辑加运算的电路称为或门, 2 输入或门的图形符号如图 1-3

所示。



图 1-3 或门的图形符号

4. 逻辑异或

对两个二进制数进行逻辑异或运算, 就是按位求它们的模 2 和, 所以逻辑异或又称“按位加”, 常用符号“ $\oplus$ ”来表示。二进制数的逻辑异或运算规则为 $0 \oplus 0 = 0$, $0 \oplus 1 = 1$, $1 \oplus 0 = 1$, $1 \oplus 1 = 0$ 。

例如, $01100001B \oplus 11001001B$, 逻辑异或算式如下:

$$\begin{array}{r} 01100001 \\ \oplus 11001001 \\ \hline 10101000 \end{array}$$

即 $01100001B \oplus 11001001B = 10101000B$ 。

注意: 按位加与普通整数加法的区别是它仅按位相加, 不产生进位。

实现逻辑异或运算的电路称为异或门, 二输入异或门的图形符号如图 1-4 所示。



图 1-4 异或门的图形符号

异或门的特点是, 只有当输入的两个变量相异时, 输出为高 (1), 否则输出为低 (0)。

1.3.2 常用逻辑部件

逻辑部件是用来对二进制数进行寄存、传送和变换的数字部件, 其种类繁多, 本书简单地介绍微型计算机中常用的几种逻辑部件。构成逻辑部件的基本单元电路是触发器。

1. 触发器

触发器是具有记忆功能的基本逻辑单元电路。它能接收、保存和输出逻辑信号 0 和 1。各类触发器都可以由逻辑门电路组成。

(1) 基本 RS 触发器

基本 RS 触发器是最简单的触发器, 它是将两个与非门的

输入与输出交叉连接构成, 如图 1-5 所示。触发器的两个输入

端分别是 $\bar{R}$ 和 $\bar{S}$, 其中 $\bar{S}$ 端称为置 1 或置位 (set) 端, $\bar{R}$ 端称为置 0 或复位 (reset) 端。触发器有两输出端 Q 和 $\bar{Q}$, 在正常工作时, 它们总是处于互补的状态, 一般用 Q 端的状态来表示触发器的状态。其状态由与非门的逻辑功能决定, 要使触发器为 1 状态, 可使 $\bar{S}=0$, $\bar{R}=1$ 。同样要使触发器为 0 状态, 需令 $\bar{R}=0$, $\bar{S}=1$ 。触发器一旦为 1 状态 (或 0 状态), $\bar{S}$ (或 $\bar{R}$) 端从 0 变成 1, 触发器将保持 1 状态 (或 0 状态) 不变。即 $\bar{R}=1$, $\bar{S}=1$ 时, 触发器的状态不变。 $\bar{R}$ 和 $\bar{S}$ 不能同时为 0, 因为同时为 0 时, Q 和 $\bar{Q}$ 都为 1。当这种输入状态消失时, 触发器的 Q 端可能为 0, 也可能为 1, 到底是 0 还是 1, 是不确定的。

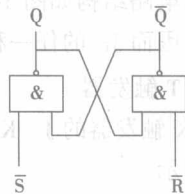


图 1-5 基本 RS 触发器的结构图