

应用型教材

微机原理与接口技术

■ 主编 张 晶 冯 涛

■ 主审 刘海涛



 吉林大学出版社

应用型教材

微机原理与接口技术

主 编 张 晶 冯 涛

参 编 蒲 鑫 秦 颖

刘东明

主 审 刘海涛

吉林出版集团
吉林人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术 / 张晶, 冯涛主编. — 长春: 吉林
大学出版社, 2009.8
ISBN 978-7-5601-4691-1

I. 微… II. ①张…②冯… III. ①微型计算机 - 理论
②微型计算机 - 接口 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148541 号

内容简介

本书是非计算机专业、电类本科《微机原理与接口技术》课程的应用型教材,较系统全面地阐述了 16 位微机的工作原理、体系结构和汇编程序设计方法,以及并行输入/输出、中断、DMA 控制器、可编程定时器/计数器、串行通信等接口技术,并对微机的发展方向与新技术作了介绍。

本书内容丰富、结构合理,并附有大量的实例和习题。既可用于教材,也可供自学和工程人员参考。

书 名: 微机原理与接口技术

作 者: 张晶 冯涛 主编

责任编辑、责任校对: 李国宏

吉林大学出版社出版、发行

开本: 787 × 1092 毫米 1/16

印张: 13.875 字数 420 千字

ISBN 978-7-5601-4691-1

封面设计: 刘海耀

长春市华艺印刷有限公司 印刷

2009 年 08 月 第 1 版

2009 年 08 月 第 1 次印刷

定价: 29.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 421 号 邮编: 130021

发行部电话: 0431 - 88499826

网址: <http://www.jlup.com.cn>

E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

自 20 世纪 70 年代初第一代微型计算机问世以来,计算机以惊人的速度发展,其应用已渗透到各行各业各个领域,深入到科学计算、信息处理、过程控制、仪器仪表、事务管理、计算机辅助设计与制造、家用电器、网络通信服务等方面,极大地改变着人们的工作和生活方式,已成为社会前进的巨大推动力,因此,学习微处理器和微计算机已成为现代科技人员和高等院校各专业学生的一门重点课程。

《微机原理与接口技术》共分 10 章,主要包括:微型计算机系统概述,微型计算机系统的微处理器,8086/8088 的指令系统,汇编语言程序设计,微型计算机总线,半导体存储器,微型计算机和外设间的数据传输,中断系统,微型计算机常用接口技术,微型计算机的发展方向与新技术介绍。学习《微机原理与接口技术》,目的在于加强对微型计算机硬件组成的理解,提高对于计算机硬件应用,甚至硬件开发的能力。

本书是依据培养应用型人才的教學特点,为适应“三个面向”对高校人才的教学需要而编写的。深入浅出、通俗易懂,结合当今科技与生产的实际,列举大量图表和例子来帮助学生知识有较深较广的理解,提高学习兴趣。每章所附的练习题,将有助于学生巩固所学的知识。

本书由第 1、2 章由刘东明编写,第 3、4 章由张晶编写,第 5、7 章由秦颖编写,第 6、10 章由蒲鑫编写,第 8、9 章由冯涛编写。在编写过程中,本书参考了大量的国内外资料,特此对这些文献的作者致以谢意。同时对给予鼓励和支持的长春理工大学光电信息学院各级领导表示感谢。

书中存在的不足之处,恳请广大师生和读者批评指正,作者邮箱 zj021202@163.com.

编 者

于长春理工大学光电信息学院

2009-7

目 录

第 1 章	微型计算机系统概述	1
1.1	微型计算机发展概况	1
1.2	计算机中数的表示与编码	4
1.3	微型计算机系统	9
1.4	计算机常用的名词术语	13
1.5	微型计算机的主要性能指标	13
	练习题	14
第 2 章	微型计算机系统的微处理器	15
2.1	8086/8088 的编程结构	15
2.2	寄存器结构	18
2.3	8086 的引脚和工作模式	23
2.4	8086 系统配置	27
2.5	8086 存储器组织	33
2.6	8086 的 I/O 端口组织	38
2.7	8086 的总线操作时序	38
	练习题	43
第 3 章	8086/8088 的指令系统	45
3.1	指令的基本格式	45
3.2	8086/8088 的寻址方式	45
3.3	8086/8088 指令系统	50
	练习题	92
第 4 章	汇编语言程序设计	95
4.1	汇编语言程序格式	97
4.2	常用伪指令	98
4.3	常数、变量及标号	100
4.4	运算符	101
4.5	程序设计方法	104
	练习题	121

第 5 章	微型计算机总线	123
5.1	总线概述	123
5.2	8088 最大模式下总线信号的形成	126
5.3	常用微型计算机总线介绍(PC、ISA、PCI、USB)	126
5.4	总线仲裁和握手技术	133
	练习题	136
第 6 章	存储器	137
6.1	存储器的分类	137
6.2	存储器的结构	138
6.3	存储器系统设计	144
6.4	新型存储技术	148
	练习题	151
第 7 章	微型计算机和外设间的数据传输	153
7.1	概述	153
7.2	CPU 和输入 / 输出设备间的信号	153
7.3	CPU 和外设之间的数据传送方式	155
	练习题	161
第 8 章	中断技术	162
8.1	中断概述	162
8.2	8086CPU 的中断处理过程	166
8.3	可编程中断控制器 8259A	169
8.4	DOS 下中断服务程序的编写	172
	练习题	174
第 9 章	微型计算机的 I/O 接口技术	176
9.1	I / O 接口	176
9.2	并行接口芯片 8255A	177
9.3	8253 定时器 / 计数器	186
9.4	DMA 控制器 8237A	194
9.5	串行通信接口及应用	195
	练习题	199
第 10 章	微机的发展方向及多媒体技术	200
10.1	微机新技术的发展	200
10.2	多媒体技术	204
参考文献		215

第1章 微型计算机系统概述

1946年世界上第一台电子数字计算机在美国问世。它作为二十世纪的先进技术成果之一,最初只是作为一种现代化的计算工具。在六十多年的发展历程中,从采用电子管、晶体管、中小规模集成电路、大规模集成电路到超大规模集成电路,尤其在70年代初,大规模集成电路技术的发展,微计算机的出现为计算机的广泛应用开拓了极其广阔的前景,展示了它在科学发展技术领域中日益显要的地位。计算机特别是微计算机的科学技术水平、生产规模和应用已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。计算机已经远不只是一种计算工具,它已渗透到国民经济和生活的各个领域,象火车头一样带动着各行各业向现代化迈进。微计算机的发展和运用已引起各界的关注,并已转化成巨大的推动社会前进的生产力。

本章主要介绍微型计算机的基础知识,包括微型计算机的发展概况;计算机中数的表示与编码;微型计算机的组成及工作原理。要求掌握信息和数据在微型计算机中的表示与运算,了解微型计算机的发展历程及整机的工作流程。

1.1 微型计算机发展概况

第一代电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Calculator)使用了 18800 个电子管,重 30 吨,占地 150 平方米,耗电 150 千瓦,每秒完成 5000 次加法运算,第二代在 1958 年推出,用晶体管代替了电子管,大大降低了计算机的成本和体积,运算速度成百倍的提高。1965 年以中小规模集成电路为主体的计算机问世,使计算机的体积进一步缩小,配上各类操作系统,计算机性能极大地提高。1970 年大规模集成电路(LSI)研制成功,计算机也发展到第四代,微型计算机正是第四代计算机的典型代表,1971 年,在美国硅谷第一台微型计算机诞生了,从而开创了微型计算机的新时代。

微型计算机与大型机、中型机、小型机在系统结构和工作原理上相比没有本质区别,但由于它采用了 LSI 器件,集成度高,使它具有独特的优点:体积小,重量轻,可靠性高,结构配置灵活,价格低廉,从而发展迅猛。微型计算机自 1971 年问世以来,几乎每隔二、三年就推出一代新的微处理器(Central Processing Unit,简称 CPU),CPU 是微型计算机的核心,其性能的优劣将直接影响整机的性能。下面看一下 CPU 的发展情况:

1.第一代 CPU(1971 年开始)

4 位和 8 位 CPU(数据总线分别为 4 位和 8 位),典型产品为:

1971 年 Intel 4004

1972 年 Intel 8008

Intel 4004 芯片采用 PMOS 工艺,集成度为 2300 只晶体管/片,时钟频率小于 1MHz,平均指令执行时间为 $10\mu s \sim 15\mu s$,采用机器语言编程。这种微处理器为内嵌式处理器,又称为灵巧型处理器(Smart),主要用在控制设备中,如现金计数器,交通灯控制等。

2. 第二代 CPU(1974 年开始)

8 位 CPU(数据总线 8 位),典型产品为:

1974 年 Intel 8080

1974 年 Motorola MC6800

1975 年 Zilog Z80

1976 年 Intel 8085

8080CPU 采用 NMOS 工艺,集成度为 4500 只晶体管/片,时钟频率 2MHZ,平均指令执行时间 $1 \sim 2\mu\text{s}$,能寻址 64KB 内存空间。用它构成的 CPU 在结构上已具有计算机的体系结构,有中断和 DMA 等功能,指令系统较为完善,软件上也配备了汇编语言、BASIC 和 FORTRAN 语言,使用单用户操作系统。

3. 第三代 CPU(1978 年开始)

16 位 CPU,典型产品为:

1978 年 Intel 8086

1979 年 Zilog Z8000

1979 年 Motorola 68000

1982 年 Intel 80286, Motorola 68010

8086 CPU 采用 HMOS 工艺,集成度达 2.9 万只晶体管/片,时钟频率有 5 MHZ、8MHZ、10 MHZ,平均指令执行时间 $0.5\mu\text{s}$ 。具有丰富的指令系统,采用多级中断,多重寻址方式,有段寄存器结构,配有磁盘操作系统,数据库管理系统和多种高级语言。数据总线为 16 位,地址总线为 20 位,可寻址 1MB 内存空间,投放市场后迅速占领了市场,促进了个人计算机的应用和推广。

4. 第四代 CPU(1983 开始)

32 位 CPU,典型产品为:

1983 年 Zilog Z80000

1984 年 Motorola 68020

1985 年 Intel 80386

1989 年 Intel 80486, Motorola 68040

80386 采用 CHMOS 工艺和 132 条引脚的针筒阵列封装,集成度达 27.5 万只晶体管/片,指令执行速度达到 10MIPS。其工作方式除 80286 的实模式和保护模式外,还增加了虚拟 8086 模式。在实模式下,能运行 8086 指令,而运行速度却比 80286 快 3 倍。而 80486 集成度达 100 万只晶体管/片。它与 80386CPU 不同的是,80486 将不同功能的芯片电路集成到一个芯片上。在 80486 芯片上,除有 80386CPU 外,还集成了 80387 浮点运算器(FPU)、82385 高速暂存控制器和 8KB 的高速缓冲器(Cache)。这样,80486 就在 80386 的基础上更加高速化。当时钟频率为 25 MHZ 时,指令执行速度达 15 MIPS,而时钟频率为 33 MHZ 时,达 15 MIPS

5. 第五代 CPU(1993 年开始)

奔腾(Pentium)产品时代,典型产品为:

1993 年 Pentium(也称为 Intel 80586)

1995 年 Pentium Pro

1997 年 Pentium II

1999 年 Pentium III

2000 年 Pentium4

Pentium 微处理器的面市称得上是 PC 微机发展史上的里程碑。Pentium 微处理器不仅是前代产品 80486 的改进,而且从设计思想上把提高微处理器内部指令的并行性和高效率

作为指导,它把芯片上的 Cache 加倍为 16KB,并分为两个:一个 8KB 作为指令缓冲器(L1),另一个 8KB 作为数据缓冲存储器(L2);数据总线宽度由 32 位增加到 64 位;采用双整数处理器技术,允许每个时钟周期同时执行两条指令。这种有两个独立的整数器技术又称为超标量(Superscalar)技术。为了摆脱 80486 时代处理器名称的混乱,世界最大的 CPU 制造商 Intel 公司把这类新一代的产品命名为 Pentium(奔腾),并注册了。

Pentium Pro(高能奔腾),集成度为 550 万个晶体管/片,时钟频率为 150 MHz,运行速度达到 400MIPS,是一种比 80586 更快的第二代奔腾产品,具有更优化的内部体系结构,整数处理器增加为 3 个,浮点运算速度也加快,这样,内部可以同时执行 3 条指令;片内除原有的第一级 16KB 高速缓冲存储器 L1 外,还增加了一个 256KB 的第二级高速缓冲存储器 L2;采用双重独立总线和动态执行技术,地址总线又增加了 4 条(共 36 条),能寻址 64GB 存储空间。

1996 年 Intel 公司将多媒体扩展技术 MMX(MultiMedia Extension)应用到 Pentium 芯片上,推出 Pentium MMX 处理器,其外部引脚与 80586 兼容,但在指令系统中增加了 57 条多媒体指令用于音频、视频、图形图像数据处理,使多媒体、通信处理能力得到了很大的提高。

Pentium II 集成度为 750 万个晶体管/片,主频分为 233 MHz,266 MHz,300 MHz,333 MHz,350 MHz,400 MHz,450 MHz。主要特性是:双重独立总线结构(二级高速缓存总线及处理器到主内存的系统总线分别独立);内置 MMX 技术;片内高速缓存 L1 从 16KB 增加到 32KB,外部高速缓存 L2 的容量为 512KB,并以 CPU 主频的一半速度运行;动态执行使在给定时间内能处理更多的数据,提高了 CPU 的工作效率;采用单边接触插盒 SECC(Single Edge Contact)和 slot1 接口标准。

Pentium III 采用 0.25 微米工艺制造,内部集成 950 万只晶体管。此外它还有以下特点;主频为 450 MHz,系统总线频率为 100MHz,双重独立总线,一级缓存 L1 为 32KB(16KB 指令缓存和 16KB 数据缓存),二级缓存 L2 为 512KB,以 CPU 核心速度的一半运行。采用 SECC2 封装形式,增加了能够增强音频、视频和 3D 图形效果的 SSE(Streaming SIMD Extensions,数据流单数据多扩展)指令集,共 70 条新指令。能同时处理 4 个单精度浮点变量,提供全新的“处理器分离模式”。

Pentium4 主频为 1.5GHz~3.6 GHz,有 144 条 SSE2 新指令集,虽然 SSE2 比 SSE 指令集解码之后将会被这部分 8 通道的缓存寄存起来,并且,这部分缓存同时也负责预测处理通道当中的数据。这样做的目的减少了长数据通道带来的坏处。P4 有着很独特的 L2 缓存,CPU 与 L2 之间有 256bit 的内部传输通道,同时每个时钟周期都能实现从 L2 缓存当中交换数据,也就是说这个数据带宽的峰值是现有 CPU 和 L2 缓存之间的数据带宽当中最高的。

以 Intel 微处理器为代表,表 1-1 给出了微处理器性能的演进过程。

随着科学技术的发展,未来计算机的发展趋势有如下几个方面:

- (1)朝着微型计算机和巨型计算机两极方向发展。
- (2)开发和研究的热点是多媒体计算机。
- (3)未来计算机发展的总趋势是智能化计算机。

表 1-1 INTEL 微处理器性能的演进表

芯片	性能	地址总线	数据总线	一级缓存	二级缓存	工作频率(HZ)	集成度 (只/片)
8080		16	8			2M	4500
8088		20	8			5M	29000
8086		20	16			5M,8M,10M	29000
80286		24	16			12M,20M,25M	13.4 万
80386SX		24	16			16M,25M,33M	27.5 万
80386DX		32	32			16M,33M,40M	27.5 万
80486DX		32	32	8KB		25M ~ 100M	120 万
Pentium		32	64	16KB		66M ~ 200M	310 万
Pentium MMX		32(36)	64	16KB		200M ~ 300M	450 万
Pentium Pro		36	64	16KB	256KB	150M ~ 200M	550 万
P II		36	64	32KB	512KB	233M ~ 450M	750 万
P II Xeon		36	64	32KB	512KB	350M ~ 450M	750 万
P III		36	64	32KB	512KB	450M ~ 1.4G	950 万
P4		36	64	32KB	1MB	1.3G ~ 2.8G	4200 万

1.2 计算机中数的表示与编码

计算机中的数是以器件的物理状态来表示的。一个具有两种不同状态,并且能够相互转换的器件即可用来表示一位二进制数。因为二进制数表示简单、可靠、所以计算机中采用二进制数字系统。计算机处理的各种信息,无论其表现形式是文本、符号、图形,还是声音、图象,都必须以二进制数的形式来表示。本节将介绍计算机中常用的数制及其转换,带符号数的表示,及计算机中常用的编码。要求掌握常用的数制及其转换方法;掌握带符号数的表示及补码运算;掌握计算机中常用的编码。

1.2.1 计算机中常用的数制及其转换

1. 数制

人们最常用的是十进制数,计算机中为了存储和计算方便,采用二进制数字系统,只包含 0,1 两个数。但为了书写和阅读方便,引入了八进制数和十六进制数。下面介绍这几种数制及其转换。

几种数制的表示。

书写时,使用后缀表明数的进制:

二进制(Binary)——后缀 B

元素:0,1 例 1010.1011B

八进制(Octal)——后缀 O,为防止与数字 0 混淆常后缀 Q

元素:0,1,2,3,4,5,6,7 例 17.6Q

十进制(Decimal)——后缀 D 或省略

元素:0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 例 4659.37

十六进制(Hexadecimal)——后缀 H

元素:0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

例 8D.AH

总之,R 进制数的特点:

- 1)用 R 个符号表示数。这些符号称为数码。数码的个数称为基数,R 进制的基数是 N。
- 2)在一个数中,每个数码表示的值不仅取决于数码本身,还取决于它所处的位置,每一位有各自的权。

3)采用逢 R 进一的进位规则。

4)小数点右移一位相当于乘 R,左移一位相当于除以 R。

2. 进制计数之间的转换

(1) R 进制转换为十进制数

其基本方法是:“按权展开,并求和”。

例 1-1 将 1101.101B、17.01Q、5DF.8H 转换为十进制数

解: $1101.101B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 13.625$

$$127.04Q = 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 0 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = 87.25$$

$$1DF.4H = 1 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} = 479.25$$

(2) 十进制转换为 R 进制数

对整数和小数部分分别进行转换。

整数部分转换:“除 R 取余,倒写”,即十进制数多次除以转换进制基数,每次取一个余数,直到商为 0。最后将余数从低位排向高位。

例 1-2 将十进制数 38 分别转换成二进制、八进制、十六进制数

$\begin{array}{r l} 2 & 38 \\ \hline 2 & 19 \quad 0 \\ 2 & 9 \quad 1 \\ 2 & 4 \quad 1 \\ 2 & 2 \quad 0 \\ 2 & 1 \quad 0 \\ & 1 \quad 1 \end{array}$	$\begin{array}{r l} 8 & 38 \\ \hline 8 & 4 \quad 6 \\ & 0 \quad 4 \end{array}$	$\begin{array}{r l} 16 & 38 \\ \hline 16 & 2 \quad 6 \\ & 0 \quad 2 \end{array}$
---	--	--

所以, $38 = 100110B$ $38 = 46Q$ $38 = 26H$

小数部分的转换:“乘 R 取整,顺写”,即用转换进制的基数乘以小数部分,每乘一次取积的整数,直至小数部分为 0 或达到转换精度要求的位数。最后将整数从最高位排到最低位。

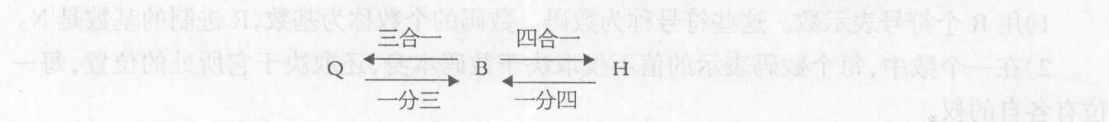
例 1-3 将 0.625 转换成二进制、八进制、十六进制数

$\begin{array}{r l} 0.6875 & \\ \times 2 & \\ \hline 1.375 & 1 \\ \times 2 & \\ \hline 0.750 & 0 \\ \times 2 & \\ \hline 1.500 & 1 \\ \times 2 & \\ \hline 1.000 & 1 \end{array}$	$\begin{array}{r l} 0.6875 & \\ \times 8 & \\ \hline 5.5000 & 5 \\ \times 8 & \\ \hline 4.0000 & 4 \end{array}$	$\begin{array}{r l} 0.6875 & \\ \times 16 & \\ \hline 11.0000 & \\ & 11 = BH \text{ (十六进制)} \end{array}$
---	---	--

所以, $0.6875=0.1011\text{B}$ $0.6875=0.54\text{Q}$ $0.6875=0.\text{BH}$

(3) 二进制与八进制、十六进制之间的相互转换

因 $8=2^3$, $16=2^4$ 所以二进制数与八进制、十六进制数之间的转换相对简单:



八进制转换为二进制: 1 位八进制数用 3 位二进制数表示。

十六进制转换为二进制: 1 位十六进制数用 4 位二进制表示。

二进制转换为八进制: 从小数点开始, 分别向左、右两边把 3 位二进制数码划为一组, 最左和最右一组不足 3 位用 0 补充, 然后每组用一个八进制数码代替。

二进制转换为十六进制: 与八进制类似, 但是 4 位分为一组。

例 1-4 将 101011.1011B 转换为八进制和十六进制数。

解: 101011.1011B 三合一为八进制数, 四合一为十六进制数, 不足补 0

$$\begin{array}{cccc} 101 & 011.101 & 100\text{B} & =53.54\text{Q} \\ 5 & 3 & 5 & 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} 0010 & 1011.1011\text{B} & =2\text{B}.\text{BH} \\ 5 & \text{B} & \text{B} & \end{array}$$

例 1-5 将 576.3Q 、 $3\text{F}.\text{A9H}$ 转换为二进制数。

解: 576.3Q 一分三, $3\text{F}.\text{A9H}$ 一分四为二进制数。

$$\begin{array}{cccc} 5 & 7 & 6 & 3\text{Q}=101111110.011\text{B} \\ 101 & 111 & 110 & 011 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} 3 & \text{D} & \text{A} & 9\text{H}=111101.10101001\text{B} \\ 0011 & 1101 & 1010 & 1001 \end{array}$$

1.2.2 带符号数的表示

计算机中的数用二进制表示, 数的符号也用二进制表示, 一般用最高位有效位来表示数的符号, 0 表示正数, 1 表示负数。将一个数与符号用数值化表示, 这样的数称为机器数。机器数的字长由计算机的字长(即数据线的数量)决定, 也决定了机器数的表示范围。

8 位字长(即 8 条数据线)可以表示 $2^8=256$ 个数, 对无符号数, 取值范围为 $00000000\text{B} \sim 11111111\text{B}$, 即 $00\text{H} \sim \text{FFH}$ ($0 \sim 255$); 对有符号数, 由于最高位表示符号位, 故取值范围为 $10000000\text{B} \sim 01111111\text{B}$, 即 $80\text{H} \sim 7\text{FH}$ ($-128 \sim +127$)。

16 位字长(即 16 条数据线)的微机, 可以表示 $2^{16}=65536$ 个数, 无符号数的取值范围为 $0000\text{H} \sim \text{FFFFH}$ ($0 \sim 65535$), 有符号数的取值范围为 $8000\text{H} \sim 7\text{FFFH}$ ($-32768 \sim +32767$)。

n 位字长(即 n 条数据线)的微机, 可以表示 2^n 个数

常用的机器数的表示方法有原码、反码、补码, 而机器数所代表的实际数值, 称为真值。

例 1-6 写出下列机器数的真值。

$$[\text{X}_1]_{\text{机}}=01000101\text{B}$$

$$[\text{X}_2]_{\text{机}}=11000101\text{B}$$

解:真值: $X_1 = +1000101B = +69$

$X_2 = -1000101B = -69$

1.原码:正数的符号位用“0”表示,负数的符号位用“1”表示,数值部分用真值的绝对值来表示的二进制数称为原码。用 $[X]_{\text{原}}$ 表示,设 X 为整数。

2.反码:正数的反码与其原码相同;负数的反码最高位不变,即“1”表示负数,其余位为数值位按位取反。

例 1-7 若计算机的字长为 8 位,写出 +4、-4、+0、-0、+127、-127 的原码、反码。

解:

$\begin{cases} [+4]_{\text{原}} = 00000100B \\ [+4]_{\text{反}} = [+4]_{\text{原}} = 00000100B \end{cases}$	$\begin{cases} [-4]_{\text{原}} = 10000100B \\ [-4]_{\text{反}} = 11111011B \end{cases}$
$\begin{cases} [+0]_{\text{原}} = 00000000B \\ [+0]_{\text{反}} = [+0]_{\text{原}} = 00000000B \end{cases}$	$\begin{cases} [-0]_{\text{原}} = 10000000B \\ [-0]_{\text{反}} = 11111111B \end{cases}$
$\begin{cases} [+127]_{\text{原}} = 01111111B \\ [+127]_{\text{反}} = [+127]_{\text{原}} = 01111111B \end{cases}$	$\begin{cases} [-127]_{\text{原}} = 11111111B \\ [-127]_{\text{反}} = 10000000B \end{cases}$

由例 1-7 可以看出,+0 和 -0 的原码不同,即“0”占用 2 个码,即真值 0 有两种不同的表示形式。因此,对于 8 位机,原码只能表示 $2^8 - 1 = 255$ 个数,表示整数范围为 $-127 \sim +127$ 。同理,反码也只能表示 255 个数。

3.补码:正数的补码同原码,负数的补码为其反码(含符号位)加 1。

例 1-8 若计算机的字长为 8 位,写出 +4、-4、+0、-0、+127、-127、-128 的补码。

解:

$$[+4]_{\text{补}} = [+4]_{\text{原}} = 00000100B = 04H$$

$$[-4]_{\text{补}} = [-4]_{\text{反}} + 1 = 11111011 + 1 = 11111100B = FCH$$

$$[+0]_{\text{补}} = [+0]_{\text{原}} = 00000000B = 00H$$

$$[-0]_{\text{补}} = [-0]_{\text{反}} + 1 = 11111111 + 1 = 00000000B = 00H$$

$$[+127]_{\text{补}} = [+127]_{\text{原}} = 01111111B = 7FH$$

$$[-127]_{\text{补}} = [-127]_{\text{反}} + 1 = 10000000 + 1 = 10000001B = 81H$$

$$[-128]_{\text{补}} = 10000000 = 80H \text{ (对于 8 位机, } -128 \text{ 没有原码和反码)}$$

从上面的例子可以看出,+0 和 -0 的补码相同,即“0”只占用 1 个码。对于 8 位机,-128 虽没有原码和反码,但有补码,所以,补码的整数表示范围为 $-128 \sim +127$;对于 16 位机,补码的整数表示范围为 $-32768 \sim +32767$;若字长为 n ,则补码的整数表示范围为 $-2^{n-1} \sim +(2^{n-1}-1)$ 。恰好是 2^n 个数。所以计算机中常用补码表示数。

补码的运算规则:

$$[X+Y]_{\text{补}} = X_{\text{补}} + Y_{\text{补}}$$

$$[X-Y]_{\text{补}} = X_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$$

例 1-9 $X = 28, Y = -73$

$$[X+Y]_{\text{补}} = -45_{\text{补}} = 11010011B$$

$$X_{\text{补}} + Y_{\text{补}} = 28_{\text{补}} + (-73)_{\text{补}} = 00011100B + 10110111B = 11010011B$$

$$[X-Y]_{\text{补}} = 101_{\text{补}} = 01100101B$$

$$X_{补} - Y_{补} = 28_{补} + 73_{补} = 00011100B + 01001001B = 01100101B$$

上面的例子说明采用补码来表示数,在计算机中的加、减法运算中,不必判断数的正负、只要符号位参加运算就能自动得到正确的结果。

4.移码:所谓移码是将真值在数轴上往正方向平移了 2^{n-1} 。对 8 位数,平移了 $2^7=128$ 。移码也被称为余码、增码或偏进二进制码。移码中,符号的表示方法与原码、反码和补码相反,即符号位为“1”时表示正数,为“0”时表示负数;其它位与补码相同。所以求一个数的移码时只需将其二进制补码的符号位取反即可。

例 1-10 计算机的字长为 8 位,写出 +4、-4 的补码和移码。

解: $[+4]_{补} = 00000100B$ $[+4]_{移} = 10000100B$

$[-4]_{补} = 11111100B$ $[-4]_{移} = 01111100B$

1.2.3 计算机中常用的编码

1.BCD(Binary-Coded Decimal)码:二进制编码的十进制数

BCD 码又称为二□十进制编码或 8421 码,其方法是用 4 位二进制数表示 1 位十进制数,自左至右每一位对应的位权是 8、4、2、1。十进制的 0~9 分别用 BCD 数的 0000~1001 表示,而不是整个十进制数转换成二进制形式。BCD 码有压缩和非压缩两种形式。压缩 BCD 码(Packed BCD)用 1 个字节表示 2 位 BCD 码;非压缩 BCD 码(Unpacked BCD)用 1 个字节低 4 位来表示 1 位 BCD 码,高 4 位为 0(无意义)。

例 1-11 写出 13、1622 的压缩和非压缩 BCD 码、二进制数。

十进制 压缩 BCD 码 非压缩 BCD 码

13 0001 0011 00000001 00000011

1622 00010110 00100010 00000001 00000110 00000010 00000010

注意:BCD 与二进制数不同。例 1-11 中 13 的二进制数是 1101B,622 的二进制数为 001001100110B。

2.ASCII(American Standard Code for Information Interchang)码

计算机中字母和字符必须按照特定的规则用二进制编码表示。最普遍采用美国信息交换标准码(American Standard Code for Information Interchang),即 ASCII 码。标准 ASCII 码采用 7 位编码,表示 128 个字符,包括英文大小写、数字、专用字符(如 +,□,*、/、空格等)以及非打印的控制符号(如换行 LF,回车,换码 ESC 等)。这种代码用 1 个字节表示,需要时可在 b7 位加奇偶校验位。ASCII 码字符如表 1-2 所示,其控制字符见表 1-3。

表 1-2 ASCII 码字符表

b₇b₆b₅b₄ b₃b₂b₁b₀ 000 001 010 011 100 101 110 111								
0000	NUL	DLE	SP	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

(续上表)

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	CS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	-	o	DEL

表 1-3 ASCII 码的控制符

NUL	空	DLE	数据连接变更
SOH	标题开始	DC1	设备控制 1
STX	文本开始	DC2	设备控制 2
ETX	文本结束	DC3	设备控制 3
EOT	传输结束	DC4	设备控制 4
ENQ	询问	NAK	否定
ACK	确认	SYN	同步空闲
BEL	报警符(可听见的符号)	ETB	信息组传送结束
BS	退一格	CAN	取消
HT	水平表格	EM	纸尽
LF	换行	SUB	取代
VT	垂直制表	ESC	换码
FF	换页	FS	文件分隔符
CR	回车	GS	组分分隔符
SO	移位输出	RS	记录分隔符
SI	移位输入	US	单元分隔符
SP	空格	DEL	删除

1.3 微型计算机系统

微处理器、微型计算机和微型计算机系统三者的概念和含义不同,但相互间却有着十分密切的关系。

1. 微处理器

利用超大规模集成电路技术把运算器和控制器集成在一块硅片上形成微处理器,该微处理器也称中央处理器 CPU。CPU 是微型计算机的核心部件,由算术逻辑部件 ALU,累加器和寄存器组,指令指针寄存器,段寄存器,时序和控制逻辑部件,内部总线等组成。CPU 的主要功能是取出指令、分析、并执行指令,也就是不断地从存储器中取出指令和操作数,完成指

令所规定的操作工作。

- (1)算术逻辑单元 ALU:进行各种算术运算和逻辑运算。
- (2)累加器和通用寄存器组:保存参加运算的数据和运算的中间结果。累加器是特殊的寄存器,它既向 ALU 提供操作数,又接收 ALU 的运算结果。
- (3)CPU 中有一些专用寄存器(如指令指针 IP、堆栈指针 SP 和标志寄存器 FR 等)。
- (4)指令指针 IP 用来存放下一条要执行指令的地址。
- (5)堆栈指针 SP:用来存放栈顶地址。堆栈是一种特殊的存贮区域,按照“先进后出”的原则工作。
- (6)标志寄存器:存放指令执行结果的特征和处理器的状态。
- (7)指令译码器:对指令进行译码,产生相应的控制信号送至时序和控制逻辑电路,组合成外部电路工作所需要的时序和控制信号。

指令执行的基本过程:

- (1)假设程序已存储在内存单元中。开始执行程序时,指令指针 IP 中保存第一条指令的地址,指明当前将要执行的指令存放在存储器的哪个单元。
- (2)控制器将 IP 中的地址送至地址寄存器 MAR,并发出读命令。存储器根据此地址取出一条指令,经过数据总线送入指令寄存器 IR。
- (3)指令译码器对 IR 中的指令进行译码,并由控制逻辑阵列向存储器、运算器等部件发出操作命令,执行指令操作码规定的操作。操作可以是读 / 写内存、算术 / 逻辑运算或输入 / 输出操作等。
- (4)修改 IP 的内容,为取下一条指令做准备。

图 1-1 所示是 8 位微处理器的基本结构结构。

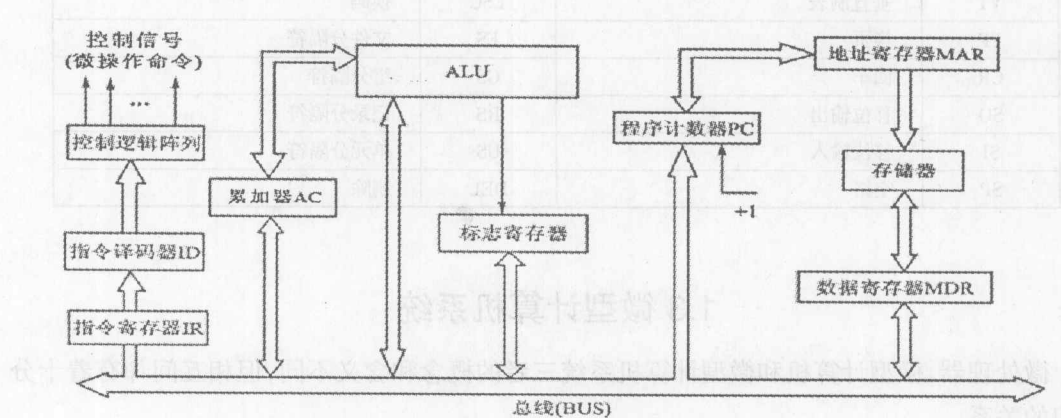


图 1-1 微处理器结构

2. 微型计算机

微处理器本身不能构成独立的工作系统,必须配上存储器、输入 / 输出接口、其它一些辅助电路(如时钟发生器、各类译码器、缓冲器等)及系统总线,才能构成一台微计算机,起到计算机的作用。因此,所谓微计算机就是以微处理器为核心,配上大规模集成电路的随机存

存储器 RAM、只读存储器 ROM、输入 / 输出接口 I/O 以及相应的辅助电路而构成的微型化的计算机装置,如图 1-2 所示。

有的大规模集成电路的生产厂家把 CPU、存储器和输入 / 输出接口电路都集成制作在单块芯片上,使之具有完整的计算机功能,我们称这种大规模集成电路片子为单片微型计算机,简称单片机。

(1)总线:总线是计算机系统各功能模块间传递信息的公共通道,一般由总线控制器、总线发送器、总线接收器以及一组导线组成。

微型计算机在结构上采用总线结构。在微型计算机中,根据总线所处的位置和应用场合,将总线分为片内总线、片总线(局部总线)、内总线(系统总线)和外总线(通信总线)。

系统总线包括数据总线 DB、地址总线 AB 和控制总线 CB。地址总线用来传送地址信息,是由 CPU 送出的单向总线。地址总线的位数决定了 CPU 可以直接寻址的内存空间。数据总线用来传送数据,数据既可从 CPU 送往其它部件,也可以从其它部件送往 CPU。数据总线是双向的,其位数和微处理器的位数相对应,是微型机的一个重要指标。控制总线传输控制信号,包括 CPU 送往其它部件的控制信号,如读信号、写信号等,也包括其它部件送往 CPU 的,如中断请求信号、总线请求信号等。

微型机的各功能部件通过系统总线相连,各功能部件之间的相互关系转变为各部件面向系统总线的单一关系。一个部件只要符合总线标准,就可以连接到采用总线标准的微机系统中,为系统功能的扩展、更新和产品的标准化、通用性提供了良好的基础。在微型计算机中,使用的标准总线有 PC 总线、ISA 总线、EISA 总线和 PCI 总线等。

(2)存储器:存储器是用来存储数据、程序的部件。存储器分类方法很多,按照与 CPU 的关系,分为内存储器(主存)和外存储器(辅存)。按工作方式,分为随机存储器和只读存储器。

内存储器是由 CPU 直接随机存取的存储器。其特点是:存取速度比外存储器快,具有体积小、集成度高、外部电路简单等优点,但其容量较小。

外存储器不能由 CPU 直接访问,其特点是:存储容量大,成本低,数据能长期保存,非易失性,但速度慢。目前主要外存有软盘、硬盘、光盘、U 盘等。

随着计算机系统的不断发展,其应用领域的不断扩大,要求存储器的容量大、存取速度快、成本价格低。但这种要求是相互矛盾、相互制约的、要同时满足这三方面是很困难的。为协调速度、容量、成本之间的关系,目前管理计算机系统广泛参与由高速缓冲存储器、内存器和外存储器组成的三级存储结构。

外设:计算机中除主机以外的其它机电或电子设备统称外部设备,简称外设。

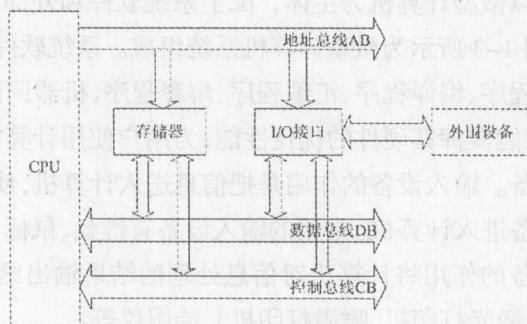


图 1-2 微型计算机组成