



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

16/32WEI WEIJI YUANLI JI JIEKOU JISHU

# 16/32 位微机原理 及接口技术

朱有产 刘淑平 王桂兰 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

16/32WEI WEIJI YUANLI JI JIEKOU JISHU

# 16/32位微机原理 及接口技术

编著 朱有产 刘淑平 王桂兰  
主审 许会 王振旗



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书将微机原理、汇编语言程序设计和微机接口技术的内容进行整合,以当前国内外广泛使用的 Intel 80X86 系列微处理器为主线,系统地介绍了微型计算机系统及其工作原理、16/32 位微处理器的内部结构、微机总线、指令系统、汇编语言程序设计、存储器管理、中断技术、输入/输出技术、常用 I/O 接口芯片、A/D 和 D/A 接口技术。本书内容简明扼要、由浅入深、循序渐进、结构层次清晰,着重阐明基本概念、基本思路、基本方法及工程应用,并且配有大量的图示、例题和详细的程序注释,便于教学与自学。

本书可作为普通高等院校电气信息类等非计算机专业的本科教材,也可作为成人高等教育、高职高专和各类培训班的教材,还可以作为研究生和从事微机测控及接口技术应用的工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

16/32 位微机原理及接口技术/朱有产,刘淑平,王桂兰编著.  
—北京:中国电力出版社,2009

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5083-9171-7

I. 1. 1… II. ①朱…②刘…③王… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材②微型计算机—接口—高等学校—教材  
IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 124551 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.5 印张 599 千字

定价 39.20 元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

随着微型计算机的广泛应用,掌握微型计算机系统知识及接口技术尤为重要。在微机接口技术及原理的教学中,学生不仅应该掌握原理,更要学会应用,做到理论与实际相结合。同时,接口技术的学习不仅仅是硬件上的设计与分析,还应该包括接口软件的编写。目前,各种微处理器、芯片的发展都是建立在 8086/8088 和常用的各种基本接口芯片基础上的,只是在速度、功能、专用性上有所增强。所以,本书以 16 位微机为主、32 位微机为辅组织内容,较好兼顾基础性、先进性和前沿性。把微机原理、汇编语言和接口技术结合起来,使读者自行可以设计微型计算机系统。在内容的组织上,本着由浅入深、循序渐进的原则,注重基本知识和基本概念的介绍,结合实际应用重点举例介绍,使学生有的放矢,利于掌握所学内容。

16/32 位微机原理及接口技术是非计算机电类及相关专业的一门重要技术基础课。本书不仅适用于偏硬专业的学生,也适合于偏软专业的学生,试图达到硬件、软件一样强。本书主要有下列特点:

(1) 微型计算机的原理讲得透彻,结合模型机讲清计算机的工作原理。

(2) 对 16/32 位 CPU 进行有效的内容组合,在掌握基本原理的基础上,介绍高端 CPU 的不同之处。

(3) 内容组织由浅入深、由理论到应用,介绍构建计算机系统组成部分及应用领域。

(4) 外围接口芯片着重举例说明实际应用编程过程。

本书共分为 10 章:第 1 章是对微型计算机系统基本概念、计算机中数据的表示方法、计算机工作原理的介绍;第 2 章主要介绍 8086 微处理器的结构、工作模式、段结构及总线技术,并分析了 80486 和 Pentium 微处理器的内部结构、工作方式及工作原理的发展变化;第 3 章主要讲述寻址方式、指令系统、汇编语言和汇编程序设计;第 4 章讲述半导体存储器、主存储器的设计及常用外存储器;第 5 章讲述输入输出技术、简单接口电路、DMA 控制器 8237;第 6 章讲述中断系统概念、8086/8088 中断系统、中断控制器 8259A 和键盘中断;第 7 章讲述可编程计数器/定时器 8253 及 8254;第 8 章讲述并行 I/O 接口概念、8255A 及应用;第 9 章讲述串行通信概念、RS-232C 标准、8251A 及应用;第 10 章讲述 D/A、A/D 转换器的工作原理及应用。本书参考学时为 64~70 学时。

本书由朱有产、刘淑平任主编,其中第 1、3、5、7、8 章由朱有产编写,第 2、4、6、10 章由刘淑平编写,第 9 章由王桂兰编写,附录由朱有产整理。华北电力大学的郑颖、郭学英、申鹏飞、许炜强和魏秋娟同学参与了部分图表的绘制。全书由沈阳工业大学许会、华北电力大学王振旗主审,他们认真审阅了稿件并提出了大量宝贵意见,在此编者一并表示最诚挚的感谢。

由于笔者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大同仁和读者提出宝贵意见。

编 者

2009 年 6 月

## 目 录

## 前言

<b>第1章 微型计算机基础知识概述</b> .....	1
1.1 微型计算机系统构成 .....	1
1.2 微型计算机的基本知识 .....	6
1.3 常用术语解析.....	16
1.4 计算机基础.....	18
习题 .....	25
<b>第2章 微处理器</b> .....	26
2.1 微处理器概述.....	26
2.2 8086/8088 微处理器 .....	30
2.3 80486 微处理器 .....	51
2.4 Pentium 微处理器 .....	65
2.5 总线.....	74
2.6 外部通信总线.....	85
习题 .....	91
<b>第3章 指令系统及汇编语言程序设计</b> .....	92
3.1 概述.....	92
3.2 寻址方式.....	93
3.3 指令系统 .....	100
3.4 汇编语言的编程格式 .....	137
3.5 汇编语言程序设计基础 .....	159
习题.....	185
<b>第4章 存储器系统</b> .....	192
4.1 存储器概述 .....	192
4.2 随机读写存储器 RAM .....	198
4.3 只读存储器 ROM .....	203
4.4 存储器系统设计 .....	208
4.5 高速缓冲存储器 Cache .....	221
4.6 虚拟存储器及其管理技术 .....	225
4.7 外存储器 .....	230
习题.....	232
<b>第5章 输入输出技术</b> .....	234
5.1 I/O 接口 .....	234
5.2 简单接口电路 .....	236

5.3	微机与 I/O 设备的信息交换方式 .....	243
5.4	DMA 控制器 8237A .....	248
	习题 .....	260
<b>第 6 章</b>	<b>中断技术</b> .....	<b>261</b>
6.1	中断系统的基本概念 .....	261
6.2	8086/8088 中断系统 .....	266
6.3	可编程中断控制器 8259A .....	270
6.4	键盘中断 .....	289
	习题 .....	292
<b>第 7 章</b>	<b>可编程计数器/定时器 Intel8253</b> .....	<b>294</b>
7.1	概述 .....	294
7.2	8253 的控制字/锁存字 .....	296
7.3	8253 的工作方式 .....	298
7.4	8253 的应用编程 .....	302
7.5	8254 简介 .....	306
	习题 .....	308
<b>第 8 章</b>	<b>微机系统的并行 I/O 接口</b> .....	<b>309</b>
8.1	并行 I/O 接口概述 .....	309
8.2	并行 I/O 接口芯片 Intel 8255A .....	309
8.3	Intel 8255A 应用举例 .....	319
8.4	82C55A 应用于 32 位 CPU 的 I/O 接口 .....	327
	习题 .....	329
<b>第 9 章</b>	<b>微机系统串行通信及接口</b> .....	<b>331</b>
9.1	串行通信 .....	331
9.2	可编程串行接口 8251A .....	339
	习题 .....	347
<b>第 10 章</b>	<b>数模 D/A 和模数 A/D 转换接口</b> .....	<b>348</b>
10.1	模拟量输入输出通道 .....	348
10.2	D/A 转换器 .....	349
10.3	A/D 转换器 .....	360
	习题 .....	367
<b>附录</b>	.....	<b>368</b>
附录 1	美国信息交换标准代码 (ASCII) .....	368
附录 2	8086/8088 指令执行时间及简表 .....	368
附录 3	DOS 及 BIOS 功能调用 .....	373
附录 4	80X86 的浮点指令和操作系统型指令 .....	380
<b>参考文献</b>	.....	<b>383</b>

## 第1章 微型计算机基础知识概述

本章从介绍计算机的软硬件基本组成、数制、编码及数据类型开始，重点介绍计算机的基本结构及其整机工作原理。

### 1.1 微型计算机系统构成

完整的微型计算机系统以微型计算机（简称微机）为中心，配以相应的外围设备以及控制微型计算机工作的软件构成。微型计算机以微处理器为核心，配上由大规模集成电路制作的只读存储器（ROM）、读写存储器（RAM）、输入/输出接口电路及系统总线等组成。微处理器由算术逻辑部件（ALU）和控制部件两大主要部分组成，实现运算功能和控制功能。

微型计算机随着互联网技术的普及与发展，从功能上分为网络工作站（客户端 Client）和网络服务器（Server）两类。网络工作站主要是指家庭用或办公用的个人计算机（PC），从外观上看一般有台式和立式两种，如图 1.1（a）、（b）所示。它主要由主机箱、显示器、键盘、鼠标等组成，主机箱中主要有主板、中央处理单元（CPU，处理器、微处理器）、内存、硬盘、软驱（盘）、显示卡、声卡、网卡、光驱、电源等。主机箱打开以后如图 1.1（c）所示。

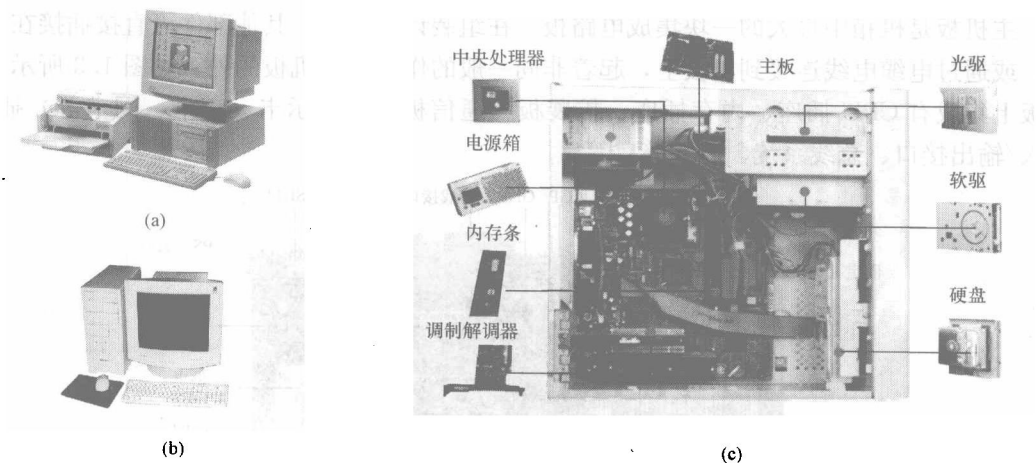


图 1.1 微型计算机系统构成

(a) 台式微型计算机的组成；(b) 立式微型计算机的组成；(c) 主机箱内各组成部分

#### 1.1.1 中央处理单元 (CPU)

微型计算机的核心是中央处理单元 CPU (Central Processor Unit)，主要由运算器和控制器构成，完成指令的解释和运算功能。日常生活或工作中所做的文字编辑、报表制作、画图、声音的处理、看影碟、玩游戏等都是将每一个动作分解为基本指令，由 CPU 来执行。

目前生产微型计算机 CPU 的主要厂商是美国的 Intel 公司和 AMD 公司，占市场的主要

份额，另外还有 Cyrix、Motorola、NEC 等公司。Intel 公司一直代表着微型计算机 CPU 的最先进技术，推出了一系列产品，从早期的 Intel 8086/8088、80286、80386、80486 到 Pentium、Pentium Pro、Pentium II、Pentium III、Pentium IV 等。

封装后 CPU 的形状如图 1.2 所示。在它们的内部集成了成千上万的逻辑门阵电路，这些电路组成了用于运算的算术逻辑单元、译码器、数据缓冲器、触发器、寄存器、计算器等基本运算单元。由计算机的各种高级语言书写的程序最终都翻译成机器认识的机器语言程序，由上述基本运算单元来处理。

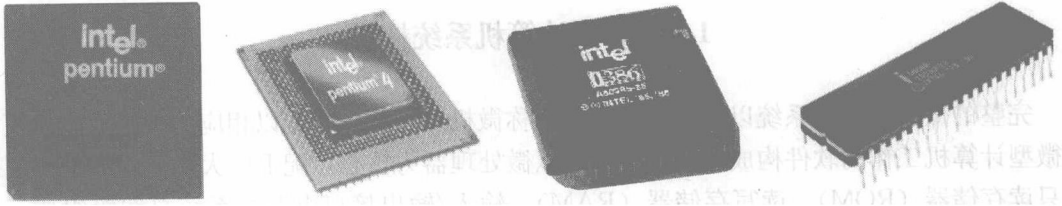


图 1.2 封装后 CPU 的形状

通常我们评价一个 CPU 的性能看下列四个指标：一看主频。主频越高，其运算速度越快。二看 CPU 的缓存大小和速率。缓存大且读写速度快，则 CPU 的运算速度会提高，反之会变低。三看字长。字长是 CPU 一次能并行处理的二进制位数。位数越长，单位时间内处理的二进制信息越多，从而提高 CPU 的处理能力。四看集成度。集成度越高，CPU 的处理能力越强。

### 1.1.2 系统主板

主板是机箱中最大的一块集成电路板。在组装计算机时，其他部件可直接插接在主板上，或通过电缆电线连接到主板上，起着非同一般的作用，主板的外观如图 1.3 所示。主板上集成有 CPU 插座、内存插座、扩展板（通信板卡、显示卡、声卡、网卡等）插座、输入/输出接口、总线系统、电源接口等。

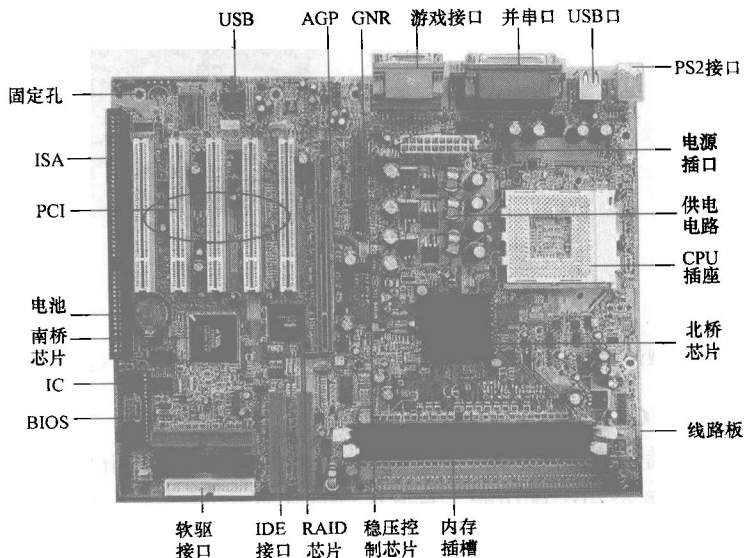


图 1.3 微机系统主板构成



最早推出的微型计算机 (IBM-PC、IBM-PC/XT) 主机板采用近百个中小规模集成电路构成, 其中有 Intel 8255 并行接口芯片、8253 定时计数芯片、8259 中断控制芯片、8237DMA 控制器芯片、8250 串行接口芯片等外设接口芯片。随着集成电路技术的发展和微型计算机的迅速普及, 一些专用芯片集成了上述中小规模集成电路和接口芯片, 形成了 PC 机的芯片组。

从体系结构角度来看, 传统芯片组采用分控体系结构, 即 PCI 总线。随后 Intel 在其芯片组采用加速集线器结构取代原有的 PCI 总线, 并用专用总线连接各个设备和 CPU 来达到高速处理的目的。目前芯片组采用新型内存控制集线器和 I/O 控制集线器, 其带宽比传统的 PCI 总线速度增加一倍。另外, 还有一些新型的控制如固件集线器、图形存储控制集线器、音频解码控制器等。现在主机板中不再配 ISA 总线插槽, 而是将 PCI 插槽作为基本插槽。

现在微型计算机除了通过并口、串口或主机板上的总线扩展槽方式与外部设备连接外, 有一种全新的串行接口方式——USB 接口。主流微型机主机板支持 2~4 个 USB 接口, 并可以连接如键盘、鼠标、MODEM、摄像头、数码相机、扫描仪、打印机等多种设备。

USB 的英文原名是 Universal Serial Bus, 即通用串行接口, 是由 Intel、Microsoft、IBM、DEC、Compaq、Northern Telecom 等公司共同提出的一种全新的串行总线式接口, 可以完成输入/输出功能, 详细介绍见 2.6.3。

### 1.1.3 内存储器

存储器分为内存储器和外存储器。内存储器简称为内存, 由半导体存储器构成; 外存储器则包括硬盘、软盘、光盘、磁带等。

内存储器以内存条的形式插在主机板的内存扩展槽中。常用的内存条有 32、64、128、256MB 等, 可由用户自行决定插入内存条的数量和容量。

一台微机当 CPU 确定后, 决定机器速度的最主要因素就是内存了, 即内存的容量和内存的工作速度。当应用程序运行时, 程序和数据先要装入内存; 在运行时 CPU 要频繁地访问内存, 从中取出指令和数据以便执行任务。内存通常由大规模的 MOS 电路构成, 其工作速度比硬盘高, 但仍比 CPU 慢一个数量级。为此, 现在微机常采用更高速度的存储器 (当然容量更小) 作为 CPU 与内存之间的高速缓存 (Cache)。而从 486CPU 以后, 把 Cache 集成到 CPU 内部, 以形成多级 Cache 结构。

现代微机采用高速缓存 (若干级)、内存和后备存储器 (如硬盘) 这样的多级存储体系, 以追求存储容量大、存取速度快和性能价格比高。

### 1.1.4 外存储器

外存储器常用的有硬盘、软盘和光盘存储器。

硬盘是微机主要的外存储器设备, 由驱动器、控制器、盘片三部分组成。上述部件密封组合为硬盘。硬盘的主轴马达带动盘片高速旋转, 产生浮力使磁头漂浮在盘片上方。当存取资料的扇区到了磁头下方时, 才能读取所需的内容。所以, 转速在很大程度上决定了硬盘的读/写速度。一个硬盘通常由多个盘片组成。决定硬盘性能的主要因素有单盘片容量、转速、缓存大小、平均寻道时间、接口类型、平均数据传输率、突发性数据传输率、噪声、抗震性能等。

在微机系统中使用的硬盘均是 IDE (集成设备电路) 或 SCSI (小型计算机系统接口)

标准的硬盘，SCSI 接口比 IDE 接口复杂、传输速度快、价格也贵一些，一般用于微型计算机服务器中。一台计算机安装多块硬盘时可利用跳线将其设置为主盘或辅盘，主盘是用于启动系统的硬盘。硬盘出厂时默认设置为主盘，即跳线连接在“Master”一侧。微机中已有主盘，现要连接一个辅盘，则要将跳线连接在“Slave”或“Cable Selection”一侧。标准主机板上设计了两个 IDE 硬盘接口，一个 IDE 接口可以用一根数据电缆接一块主盘和一块辅盘，所以一台微机最多可以接四块硬盘。

软盘存储器由软盘驱动器、软盘控制器以及软盘盘片三部分组成。因其存储的盘片类似于塑料薄膜唱片的柔性材料，故俗称为软盘。其存储数据的原理同硬盘。软盘片有 8 英寸、2.25 英寸和 3.5 英寸，主流是 3.5 英寸软驱和软盘，但现在已基本退出市场。

光盘存储器是光盘和光盘驱动器的统称，是利用光字方式进行读写信息的介质，与磁盘相比，光盘记录密度更高，更容易保存。光盘信息存储格式类似磁盘，是分轨道（这里不能说磁道）、扇区来记录信息的字节，但它的轨道不是像磁盘那样的同心圆，而是螺旋形由中心向外散布。

光盘分为下列三种：

(1) 只读型光盘 (CD-ROM)：只能读出其中信息，而不能更改。存储容量 650~740MB。

(2) 一次性写入光盘：用户购买此类光盘后，配以可读写光驱，用户可向光盘写入想要的信息。只能写入一次，但写入后可以读出。

(3) 可擦写型光盘：可对光盘反复进行读写操作，但须配可擦写光驱。存储容量可达 10GB 以上。

随着 CD-ROM 技术的日益成熟，现在微机中已可以配置数字化视频光盘 (DVD-ROM) 驱动器，通过个人电脑刻录时其存储容量达 4.7GB。

在微机中 CD-ROM 光驱像硬盘一样，有 IDE 和 SCSI 接口且认为是像硬盘一样的设备。

### 1.1.5 显卡与显示器

显卡是插在主机板上总线扩展槽上的一块电路卡，它是主机与显示器之间的接口，它接收 CPU 和内存发送来的信息，并且将这些信息处理转换后向显示器发送视频信号和同步信号。现在显卡本身已成为一个功能完善的小计算机了，高档的显卡有自己的 CPU、存储器等。

目前，显卡大约有三种发展方向：一是注重游戏市场，二是注重高端三维设计和 CAD 辅助设计，三是注重上述两者的结合。

评价显卡的主要指标是显卡的工作频率、显示缓存的大小、像素填充率等。

显卡的输出电缆接显示器，显示器是当前微机中最主要的输出设备，目前主流是液晶显示器。显示器性能的好坏要看下面一些指标：

(1) 显像管外形：会影响图像质量、色彩、亮度、反射和对比度等。它主要有球面屏幕、平面直角屏幕、柱面屏幕、LCD 液晶显示器等。

(2) 扫描方式：分为“逐行扫描”和“隔行扫描”两种。隔行扫描是指每隔一行显示，如先从第一行开始，一行、三行、五行、……到底后再返回显示刚才未显示的行；而逐行扫描是指顺序显示每一行。逐行扫描比隔行扫描拥有更稳定的显示效果。

(3) 点距：是指屏幕上两个相邻荧光点的距离，点距越小，显示器显示图形越清晰。

(4) 刷新频率：分为垂直刷新率和水平刷新率，垂直刷新率表示屏幕的图像每秒钟重绘

多少次,也就是指每秒钟屏幕刷新的次数,以 Hz (赫兹) 为单位。水平刷新率又称行频,它表示显示器从左到右绘制一条水平线所用的时间,以 kHz 为单位。当刷新率低于 60Hz 的时候,屏幕会有明显的抖动现象,而一般要到 72Hz 以上才能较好地保护用户的眼睛。

(5) 频率带宽:指每秒钟电子枪扫描过的总像素数,等于“水平分辨率 $\times$ 垂直分辨率 $\times$ 场频(画面刷新次数)”。

(6) 分辨率:是以乘法形式表现的,比如 800 $\times$ 600,其中“800”表示屏幕水平方向显示的点数,“600”表示垂直方向显示的点数。所谓的分辨率就是指画面的解析度,由多个像素点构成,其数值越大,图像也就越清晰。

(7) 控制方式:由模拟式调节到现在的数码式调节,能对亮度、对比度、图像大小、位置、失真等屏幕参数进行调节。

### 1.1.6 声卡与音箱

声卡插在主机板的总线扩展槽中,也有的主机板上集成有声卡。机箱上对外留有用来接音箱、耳机、麦克风的插口。声卡的好坏取决于所用的声音处理芯片,同时也需要好的音箱。

音箱的选择通常看下述指标:

(1) 频率响应:一般人耳的听力范围是 25Hz~20kHz。因此,音箱的频率响应至少要达到 40Hz~20kHz,这样才能保证基本覆盖人耳的有效听力范围。该指标范围越宽,音箱的性能越好。

(2) 灵敏度:该指标越高,音箱的性能越好。一般计算机用户选择 85dB 左右即可。

(3) 谐波失真:是指由于音箱所产生的谐振现象而导致声音重放失真。

(4) 输出功率:这是标称功率而非峰值功率。一般,音箱功率越大,音质效果就越好。

### 1.1.7 网卡

网络接口卡简称网卡,插在主机板的总线扩展槽中,也有集成在主机板上的。机箱外留有电缆接口。一旦上网,计算机内信息可以通过网卡转换再通过网络电缆传输出去,外面信息通过网络电缆线传输到网卡上,经转换传入计算机。

网卡按传输速率分为 10、100、1000M,按传输介质分为粗缆接口、细缆接口、光纤接口等网卡。

### 1.1.8 机箱、鼠标、键盘

除上述设备外,微机中还有机箱、鼠标、键盘等。甚至配有手写板输入设备、语音输入设备、微型摄像输入设备、打印机设备、扫描仪等。

机箱是用来固定计算机主板,并将所有设备安装在其中的装置,在选择时要注意它的散热条件,电源系统是否稳定可靠,近来更考虑机箱的美观性。

鼠标是一种坐标定位输入设备,分为机械式、光电式等。机械式鼠标是通过鼠标下面的小球与桌面摩擦,小球与 4 个方向的电位器接触,测量出各方位的相对位移量,从而换算出在屏幕上的光标位置;光电式鼠标需要在一块布满小方格的平板上移动,安装在鼠标下面的光电转换装置可以定位鼠标在平板上的坐标点,从而确定在屏幕上的位置。

键盘是数字和字符输入装置,它是从早期的机械式打字机的基础上演变过来的输入设备,近年来已经研制出了无线键盘和无线鼠标。

### 1.1.9 微机的基本结构

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分构成。

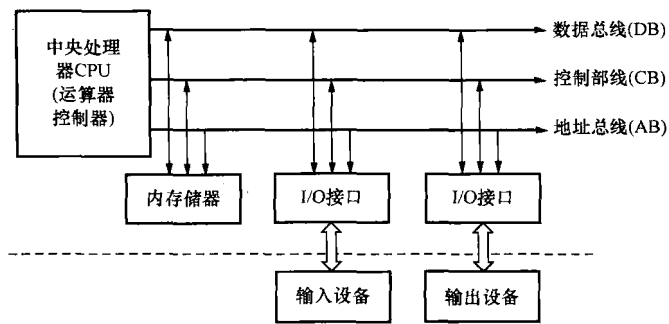


图 1.4 微型计算机的基本结构

以上介绍了微机系统的外观、主要构成，即硬件系统，俗称裸机。随着技术的不断进步，这些部件的功能与性能都会不断发展，但计算机的基本结构不变，如图 1.4 所示。

首先要有能进行运算的部件，称为运算器；其次要有能记忆程序、原始数据和中间结果以及为了使机器能自动进行运算而编制

的各种命令的器件，这种器件就称为存储器；再次，要有控制器，能根据事先给定的命令发出各种控制信息，使整个计算过程能一步步地自动进行。原始的数据与命令要输入，要有输入设备；计算结果（或中间过程）要输出，要有输出设备。

目前，微型计算机都采用总线结构。所谓总线，就是用来传送信息的一组通信线，分内总线和外总线。内总线将微处理器、内存和输入、输出接口部件连接起来，分为地址总线、数据总线和控制总线。数据总线用来传送各种原始数据、中间结果、程序等。计算机的各种命令（即程序），以数据形式由存储器送入控制器，控制器经过译码后变为各种控制信号，由控制总线传送，以控制运算器按规定一步步地进行各种运算和处理，控制存储器的读和写，控制输入、输出设备的启停。CPU 从内存读写数据、程序等信息时，首先要给出信息所在的内存中的位置信息，即地址信息，由地址总线传送。微机与外部设备（包括其他计算机）的连接线称作外总线，其功能是实现计算机与计算机或计算机与其他外部设备的信息传送。

通常把运算器、控制器和存储器合在一起称为微机的主机；把各种输入、输出设备称为计算机的外围设备或外部设备（Peripheral）；把运算器和控制器合在一起称为中央处理单元 CPU；把整个 CPU 集成在一个集成电路芯片上，常称为微处理器（Microprocessor）；整个微型计算机只安装在一块印刷电路板上，常称为单板计算机；把整个计算机集成在一个芯片上，就称为单片机。不论计算机规模大小，必须同时具有 CPU、存储器和输入、输出设备，才能构成一台计算机。

微机软件系统分为系统软件和应用软件两大类。系统软件用来对构成微机的各部件进行管理和协调，使它们有条不紊、高效率地工作。如操作系统、各种高级语言、数据库系统等为系统软件；应用软件是针对不同应用、实现用户要求的功能软件；如因特网网站上的 Web 页、各部门的 MIS 程序、高校的综合教务管理等。

## 1.2 微型计算机的基本知识

### 1.2.1 计算机中的常用数制

人们通常用十进制数来记数和计算。而计算机只识别由“0”和“1”构成的二进制数。当一个较大的数用二进制来表示或人们在书写计算机程序时，数据位数既长又难记忆，常采用八进制、十六进制和十进制计数制。

表 1.1 列出了 4 种进位制中数的表示法, 其中数后 B(Binary) 表示为二进制数; Q(Octal) 的缩写为字母“O”, 为区别于数字“0”写为“Q”) 表示为八进制数; H(Hexadecimal) 表示为十六进制数; D(Decimal) 表示为十进制数, 可省略。

表 1.1 十进制、二进制、八进制、十六进制数码对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000B	0Q	0H	8	1000B	10Q	8H
1	0001B	1Q	1H	9	1001B	11Q	9H
2	0010B	2Q	2H	10	1010B	12Q	AH
3	0011B	3Q	3H	11	1011B	13Q	BH
4	0100B	4Q	4H	12	1100B	14Q	CH
5	0101B	5Q	5H	13	1101B	15Q	DH
6	0110B	6Q	6H	14	1110B	16Q	EH
7	0111B	7Q	7H	15	1111B	17Q	FH

那什么是计数制呢? 对于任意进制的数  $N$  均可表示为:

$$N = a_{n-1}X^{n-1} + a_{n-2}X^{n-2} + \dots + a_0X^0 + a_{-1}X^{-1} + \dots + a_{-(m-1)}X^{-(m-1)} + a_{-m}X^{-m}$$

式中, 数  $N$  的大小不但取决于其中的数字本身, 而且还取决于各数字所在的位置, 故称为数的位置记数法。

其中, 对每一个数位  $a_{n-1}$ 、 $\dots$ 、 $a_0$ 、 $a_{-1}$ 、 $\dots$ 、 $a_{-m}$  赋予一定的位值  $X^{n-1}$ 、 $\dots$ 、 $X^0$ 、 $X^{-1}$ 、 $\dots$ 、 $X^{-m}$ , 则称各位值为权。每个数位上的数字所表示的量是这个数字和权的乘积。相邻两位中高位的权与低位的权之比如果是个常数, 则此常数称为基数, 上式中用  $X$  表示。式中、从  $a_0X^0$  起向左是数的整数部分, 向右是数的小数部分。数位  $a_i$  ( $n-1 \geq i \geq -m$ ) 可以在  $0$ 、 $1$ 、 $\dots$ 、 $X-1$  共  $X$  种基数中任意取值。 $m$  和  $n$  为幂指数, 均为正整数。基数  $X$  取不同值, 便得到不同进位计数制的表达式。

### 1. 十进制数

十进制数的表达式为:  $(N)_{10} = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i$ 。其特点是:  $a_i$  只能在  $0 \sim 9$  这 10 个数字中取值; 每个数位上的权是 10 的  $i$  次幂; 在加、减运算中, 采用“逢十进一”、“借一当十”的规则。例如:

$$2346.18 = 2 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 6 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 8 \times 10^{-2}$$

### 2. 二进制数

二进制数的表达式为:  $(N)_2 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 2^i$ 。其特点是:  $a_i$  只能是 0 或 1; 每个数位上的权是 2 的  $i$  次幂; 在加、减运算中, 采用“逢二进一”、“借一当二”的规则。例如:

$$11\ 001.101B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

因为二进制计数制中只有 0 和 1 两个数字, 用电路实现最为方便且运算也特别简单, 所以电子计算机内部均采用此计数制。

### 3. 八进制数

八进制数的表达式为:  $(N)_8 = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 8^i$ 。其特点是:  $a_i$  只能在  $0 \sim 7$  这 8 个数字中取

值；每个数位上的权是 8 的  $i$  次幂；在加、减运算中，采用“逢八进一”、“借一当八”的规则。例如：

$$257.16Q = 2 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 6 \times 8^{-2}$$

#### 4. 十六进制数

十六进制数的表达式为： $(N)_{16} = \sum_{i=-m}^{r-1} a_i \times 16^i$ 。其特点是： $a_i$  只能在 0~15 这 16 个数字中取值（其中 0~9 这十个数字借用十进制中的数码，10~15 这 6 个数用 A、B、C、D、E、F 表示）；每个数位上的权是 16 的  $i$  次幂；在加、减法运算中，采用“逢十六进一”、“借一当十六”的规则。例如：

$$63BE.FAH = 6 \times 16^3 + 3 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 14 \times 16^0 + 15 \times 16^{-1} + 10 \times 16^{-2}$$

### 1.2.2 各种数制间的转换

人们习惯使用十进制数，而计算机只认识二进制数。为了书写方便，编写汇编程序时多采用十六进制数，因此在不同场合需要不同进位计数制之间的转换。

#### 1. 非十进制数到十进制数的转换

非十进制数到十进制数的转换只要将它们按相应的权表达式展开，按十进制运算规则求表达式的值，即得到它所对应的十进制数。

**[例 1.1]** 将二进制数 1101.001B、十六进制数 1A.CH 转换为十进制数。

**解** 根据二进制数的权展开式，有：

$$1101.001B = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 13.125$$

根据十六进制数的权展开式，有

$$1A.CH = 1 \times 16^1 + 10 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} = 26.75$$

#### 2. 十进制数转换为非十进制数

(1) 十进制数转换为二进制数。十进制数转换为二进制数时，整数和小数部分应分别转换。整数部分采用“除 2（基）取余”法，即连续除以 2 并取余数作为结果，直至商为 0，得到的余数从低位（最先得到的余数）到高位（最后得到的余数）依次排列即得到转换后二进制数的整数部分；对小数部分采用“乘 2（基）取整”法，即对小数部分连续乘 2，以最先得到的乘积的整数部分为最高位，直至达到所要求的精度或小数部分为零为止。

**[例 1.2]** 将十进制数 100.625 转化为二进制数。

**解** 整数部分：

小数部分：

2   100		0.625	
2   50 ..... 余数 0	↑ 最低位	× 2	↓ 最高位
2   25 ..... 余数 0		-----	
2   12 ..... 余数 1		1.250 ..... 整数 1	
2   6 ..... 余数 0		× 2	
2   3 ..... 余数 0		-----	
2   1 ..... 余数 1		0.500 ..... 整数 0	
0 ..... 余数 1	↑ 最高位	× 2	↓ 最低位
		-----	
		1.000 ..... 整数 1	

所以得  $100.625 = 1100100.101B$

(2) 十进制数转换为八进制数、十六进制数。与十进制数转换为二进制数的方法类似，整数部分采用“除8、16（基）取余”法，小数部分采用“乘8、16（基）取整”法。

[例 1.3] 将十进制数 100.625 转化为十六进制数。

解 整数部分：

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 100} \\ \underline{16 \times 6} \phantom{00} \\ 100 \phantom{00} \end{array} \begin{array}{l} \text{..... 余数 4} \\ \phantom{100} \text{..... 余数 6} \end{array}$$

小数部分：

$$\begin{array}{r} 0.625 \\ \times \phantom{00} 16 \\ \hline 3750 \\ \phantom{00} 625 \\ \hline 10.000 \end{array} \quad \text{..... 整数 A}$$

所以得  $100.625 = 64.AH$

同理得  $100.625 = 144.5Q$

### 3. 二进制数与八进制数、十六进制数间的转换

由于  $2^4 = 16$ ，故一位十六进制数能够表示的数值恰好相当于四位二进制数能够表示的数值。据此将二进制数转换为十六进制数的方法是：对整数部分从小数点开始向左每四位一组，若最后一组不足4位，则在其左边补零直到4位；对小数部分从小数点开始向右每四位一组，若最后一组不足4位，则在其右边补零直到4位。然后将每组二进制数用对应的十六进制数代替，则得到转换结果。

[例 1.4] 将二进制  $110011011.101101B$  转换为十六进制数。

$$\begin{array}{cccccc} \text{解 二进制数:} & 0001 & 1001 & 1011 & 1011 & 0100 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{十六进制数:} & 1 & 9 & B & B & 4 \end{array}$$

所以得  $110011011.101101B = 19B.B4H$

与上述过程相反，可将十六进制数转换为二进制数，可自己试试。

由于  $2^3 = 8$ ，故一位八进制数恰好等于三位二进制数能够表示的数值。转换方法同上。

[例 1.5] 将二进制  $1110011011.1011011B$  转换为八进制数。

$$\begin{array}{cccccc} \text{解 二进制数:} & 001 & 110 & 011 & 011 & 101 & 100 \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{十六进制数:} & 1 & 6 & 3 & 3 & 5 & 4 \end{array}$$

所以得  $1110011011.1011011B = 1633.554Q$

### 1.2.3 无符号二进制数

在编程解决实际问题时，首先要涉及到数据及数据类型。80X86 系列微机中，常用的数据类型包括无符号整数、有符号整数、BCD 数、字符串、位、浮点数。

在 80X86 系列微处理器中，参加运算的整数操作数可为 8 位长的字节、16 位长的字；80386/80486CPU 及其以后的微处理器中，参加运算的整数操作数还可为 32 位长的双字。整数分为无符号数和有符号数两种。所谓无符号数，是指对应的 8 位、16 位、32 位二进制数全部用来表示数值本身，没有用来表示符号位的位，因而为正整数。

#### 1. 二进制的算术运算

(1) 加法运算：

$0+0=0$ ,  $0+1=1$ ,  $1+0=1$ ,  $1+1=0$  (有进位)

(2) 减法运算:

$0-0=0$ ,  $1-0=1$ ,  $1-1=0$ ,  $0-1=1$  (有借位)

(3) 乘法运算:

$0*0=0$ ,  $0*1=0$ ,  $1*0=0$ ,  $1*1=1$

计算机中的乘法运算通过加法和移位运算实现的。

(4) 除法运算。除法是乘法的逆运算, 计算机中是通过减法和右移运算实现的。每右移一位相当于除以 2, 右移  $n$  位就相当于除以  $2^n$ , 手工计算时与十进制除法一样。

(5) 无符号二进制数表示的范围。一个  $n$  位无符号整数所表示的数值范围是  $0 \sim 2^n - 1$ 。例如: 8 位无符号整数所表示的数值范围是  $0 \sim 255$ ; 16 位无符号整数所表示的数值范围是  $0 \sim 65535$ ; 32 位无符号整数所表示的数值范围是  $0 \sim (4G-1)$ , 其中  $G$  为  $2^{30}$ 。

(6) 无符号二进制的溢出判断。最高有效位有进位或借位, 则产生溢出。

## 2. 二进制数的逻辑运算

(1) “与” (又称逻辑乘) 运算:

$1 \wedge 1=1$ ,  $1 \wedge 0=0$ ,  $0 \wedge 1=0$ ,  $0 \wedge 0=0$

(2) “或” (又称逻辑加) 运算:

$0 \vee 0=0$ ,  $0 \vee 1=1$ ,  $1 \vee 0=1$ ,  $1 \vee 1=1$

(3) “非”运算。二进制 0 做逻辑非运算得 1, 二进制 1 做逻辑非运算得 0。

(4) “异或”运算:

$0 \oplus 0=0$ ,  $1 \oplus 1=0$ ,  $0 \oplus 1=1$ ,  $1 \oplus 0=1$

### 1.2.4 有符号数的表示方法

由于计算机只能识别 0 和 1 组成的数或代码, 所以有符号数的符号也只能用 0 和 1 来表示, 一般用 0 表示正, 用 1 表示负, 这种将符号数码化了, 连同同一个符号位在一起的一个数称为机器数。而直接用“+”号和“-”号来表示其正负的数为有符号数 (该机器数) 的真值。例如:

机器数 01010101B, 真值: +85 或 +1010101B;

机器数 11010101B, 真值: -85 或 -1010101B。

但由于数值部分的表示方法不同, 机器数有原码、反码和补码三种表示方法, 它们同样具有字节、字及双字三种不同长度的整数类型。

#### 1. 机器数的表示法

(1) 原码。对一个二进制数而言, 若用最高位表示数的符号 (常以“0”表示正数, “1”表示负数), 其余各位表示数值本身, 则称为该机器数的原码表示法。例如, 设  $X = +1011100B$ ,  $Y = -1011100B$ , 则  $[X]_{\text{原}} = 01011100B$ ,  $[Y]_{\text{原}} = 11011100B$ 。  $[X]_{\text{原}}$  和  $[Y]_{\text{原}}$  分别为  $X$  和  $Y$  的原码, 称为机器数。下面介绍原码  $[X]_{\text{原}}$  和真值  $X$  之间的关系:

当  $X \geq +0$  时,  $[X]_{\text{原}} = X$

当  $X \leq -0$  时,  $[X]_{\text{原}} = 2^{n-1} - X$

其中,  $n$  为二进制数位数, 最高位为符号位。

值得注意的是, 二进制原码表示中有 +0 和 -0 之分, 即:

$[+0]_{\text{原}} = 000 \cdots 00B$  ( $n$  位二进制数, 最高位为符号位)

$[-0]_{\text{原}} = 100 \cdots 00B$  ( $n$  位二进制数, 最高位为符号位)



(2) 补码。补码的定义根据同余的概念  $X + NK = X \pmod{K}$ , 其中  $K$  为模,  $N$  为任意整数。其含义是数  $X$  与该数加上其模的任意整数倍之和相等。

一个二进制数, 若以  $2^n$  为模 ( $n$  为二进制数位数, 它通常与计算机中机器数的长度一致), 它的补码叫做 2 补码, 以后把 2 补码简称补码, 即:

当  $0 \leq X \leq 2^{n-1}$  时,  $[X]_{\text{补}} = X$ ;

当  $-2^{n-1} \leq X < 0$  时,  $[X]_{\text{补}} = 2^n + X$ 。

同理, 一个十进制数若以  $10^n$  为模, 它的补码叫做 10 补码。

可见, 正数的补码与原码相同, 只有负数才有求补码的问题。

1) 根据定义求补法。  $[X]_{\text{补}} = 2^n + X = 2^n - |X|, X < 0, \pmod{2^n}$ , 即负数  $X$  的补码等于模  $2^n$  加上其真值, 或者减去其真值的绝对值。例如,  $X = -1010111\text{B}$ ,  $n=8$ , 则  $[X]_{\text{补}} = 2^8 + (-1010111\text{B}) = 10000000\text{B} - 1010111\text{B} = 10101001\text{B} \pmod{2^8}$ 。

这种方法因为要做一次减法, 很不方便。

2) 利用原码求补法。一个负数的补码等于其原码除符号位不变外, 其余各位按位求反, 再在最低位加 1, 简称取反加 1。例如,  $X = -1010111\text{B}$ , 则  $[X]_{\text{原}} = 11010111$ ,  $[X]_{\text{补}} = 10101000\text{B} + 1 = 10101001\text{B}$ 。

如果将  $[X]_{\text{补}}$  再求一次补, 就得到  $[X]_{\text{原}}$ , 即有  $[[X]_{\text{补}}]_{\text{补}} = [X]_{\text{原}}$ 。例如,  $[X]_{\text{原}} = 11010111\text{B}$ ,  $[X]_{\text{补}} = 10101001\text{B}$ , 则  $[[X]_{\text{补}}]_{\text{补}} = 11010110\text{B} + 1 = 11010111\text{B} = [X]_{\text{原}}$ 。

上述求法数学上都可以证明, 在此从略。

3) 简便的直接求补法。直接从原码求它的补码是: 从最低位起, 到出现第一个 1 以前 (包括第一个 1) 原码中的数字不变, 以后逐位取反, 但符号位不变。

**【例 1.6】** 试求  $X_1 = -1010111\text{B}$ ,  $X_2 = -1110000\text{B}$  及  $X_3 = +1110001\text{B}$  的补码  $[X_1]_{\text{补}}$ 、 $[X_2]_{\text{补}}$  和  $[X_3]_{\text{补}}$ 。

**解** 方法自选, 在此利用原码求。

$X_1 = -1010111\text{B}$

由原码求补码:  $[X_1]_{\text{原}} = 1 \overbrace{1010111\text{B}}^{\text{取反}} + 1 \rightarrow [X_1]_{\text{补}} = 10101001\text{B}$   
 符号位不变  $\longleftarrow$   $\longleftarrow$  末位加 1

同理  $X_2 = -1110000\text{B} \rightarrow [X_2]_{\text{原}} = 11110000\text{B} \rightarrow [X_2]_{\text{补}} = 10010000\text{B}$

对于正整数  $X_3 = +1110001\text{B}$ ,  $[X_3]_{\text{原}} = 01110001\text{B} = [X_3]_{\text{补}}$

值得注意的是:  $[-128]_{\text{补}} = 10000000\text{B}$ ,  $[0]_{\text{补}} = 00000000\text{B}$ 。

(3) 反码。若二进制数  $X = X_{n-1}X_{n-2}\cdots X_1X_0$ , 则反码表示的严格定义如下:

$$[X]_{\text{反}} = X \quad (2^{n-1} > X \geq 0)$$

$$[X]_{\text{反}} = 2^{n-1} - 1 + X \quad (0 \geq X > -2^{n-1})$$

其中,  $X$  表示二进制数真值, 其反码记为  $[X]_{\text{反}}$ ,  $n$  表示包括符号位和数值部分在内的二进制数位数。

在求反码时, 对正数来讲, 其表示方法同原码。但对负数而言, 其反码的数值部分为真值的各位按位取反, 符号位不变。例如, 若  $X = +10010\text{B} = 18$ ,  $Y = -10010\text{B} = -18$ , 设  $n$  为 8。则  $[X]_{\text{原}} = 00010010\text{B}$ ,  $[Y]_{\text{原}} = 10010010\text{B}$ ,  $[X]_{\text{反}} = 00010010\text{B}$ ,  $[Y]_{\text{反}} = 11101101\text{B}$ 。

在反码表示中, 数 0 也有两种表示形式:  $[+0]_{\text{反}} = 00000000\text{B}$ ,  $[-0]_{\text{反}} = 11111111\text{B}$ 。