

# 微机原理及应用

马平 姚万业 王炳谦 编



中国电力出版社  
www.cepp.com.cn

# —— 微机原理及应用 ——

马平 姚万业 王炳谦 编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书分为上、下两篇，上篇以 Intel 8086/8088 微处理器和 IBM PC/XT 系列微机为机型，系统地介绍了 16 位微型计算机系统的基本组成、工作原理和接口技术原理及应用，主要内容包括微型计算机概述、8086/8088 微处理器、8086/8088 指令系统和寻址方式、汇编语言程序设计、存储器、输入输出接口技术、微型计算机中断技术、接口技术及应用。下篇以 MCS-51 单片机为机型，系统地介绍了 MCS-51 单片机的基本组成、工作原理和系统开发应用，主要内容包括单片机概述、MCS-51 单片机结构和原理、MCS-51 单片机的指令系统、MCS-51 单片机的中断系统、MCS-51 单片机定时器/计数器及其应用、单片机的开发技术等。

本书可作为高等学校工科非计算机专业学生学习微型计算机和单片机原理及应用的教材，也可供从事微型计算机硬件或软件工作的工程技术人员进行科研开发时参考。本书配有适量的习题，还配有相应的实验指导书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

微机原理及应用/马平, 姚万业, 王炳谦编. - 北京:  
中国电力出版社, 2002.12  
高等学校教材  
ISBN 7-5083-1276-7

I. 微… II. ①马…②姚…③王… III. 微型计算机  
- 高等学校 - 教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 086697 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2003 年 4 月第一版 2003 年 4 月北京第一次印刷  
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 20.75 印张 427 千字  
印数 0001—4000 册 定价 30.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

# 前 言

“微机原理及应用”是高等院校工科专业大学生必修的一门重要专业基础课程。其任务就是要使学生掌握微型计算机的基本组成、工作原理、接口功能及其与系统的连接，从而建立微型计算机的整机概念，并在此基础上使学生具有微机应用系统软、硬件开发的初步能力。本书本着上述基本指导思想，结合多年的教学实践，以 8086/8088CPU 和 MCS - 51 为机型，从原理和应用两方面进行介绍和分析。

本书分为上、下两篇，上篇共 8 章。第 1 章微型计算机的现状和发展概述；第 2 章对 8086/8088 CPU 的编程结构、工作原理及其所构成的微型计算机系统进行了分析和介绍；第 3、4 章介绍了 8086 的指令系统和汇编语言程序设计，为帮助理解和应用，例举了较多实用的例子；第 5 章介绍存储器的组成及主存储器的设计；第 6 章对输入输出接口技术的基本概念进行介绍；第 7 章建立中断的基本概念，重点介绍 8086 的中断技术，并对典型的中断接口芯片 8259A 的组成及应用进行了介绍；第 8 章介绍了一些典型的可编程接口芯片及它们在实际中的应用。下篇共 6 章，主要以 MCS - 51 单片机为机型系统介绍了单片机的基本组成、工作原理、中断系统、定时器/计数器及应用、开发技术等内容。

本书上篇由马平编写，下篇的第 9、10、11、12、13 章由姚万业编写，第 14 章由王炳谦编写。

本书在编写中注重理论联系实际，首先力求将基本原理讲清讲透，使学生掌握基本概念，在这个前提下强调用基本概念、基本方法去分析和解决实际问题，以培养学生的实际应用能力。在叙述上力求概念清楚、文字简洁、例证丰富。为便于巩固学习效果，每章的后面都配有相应的习题，另外还配有相应的实验指导书。

本书在编写的过程中得到了华北电力大学动力系主任、博士生导师韩璞教授及山东鲁能一华电研发中心同仁们的大力支持和帮助，特别是朱燕飞、刘莉同学为本书的出版整理了大量的资料，在此谨向他们表示诚挚的感谢。

编 者

2002 年 8 月

# 目 录

前言

## 上 篇 微型计算机原理及应用

<b>第 1 章 微型计算机概述</b> .....	1
1.1 微型计算机的发展概况 .....	1
1.2 微型计算机系统 .....	4
1.3 计算机中信息的表示方法 .....	8
习题 .....	17
<b>第 2 章 8086/8088 微处理器</b> .....	19
2.1 微处理器一般结构 .....	19
2.2 8086/8088CPU 的编程结构 .....	20
2.3 8086/8088 的工作模式和引脚信号 .....	29
2.4 8086/8088 的系统总线构成 .....	34
2.5 8086/8088 的操作和时序 .....	37
习题 .....	44
<b>第 3 章 8086/8088 指令系统和寻址方式</b> .....	45
3.1 8086/8088 指令系统的寻址方式 .....	46
3.2 8086/8088 的指令代码格式 .....	54
3.3 8086/8088 指令系统 .....	55
习题 .....	93
<b>第 4 章 汇编语言程序设计</b> .....	96
4.1 汇编语言源程序格式 .....	96
4.2 伪指令与宏指令 .....	101
4.3 汇编语言上机过程 .....	106
4.4 系统功能调用 .....	108
4.5 汇编语言程序设计方法 .....	109
4.6 模块化程序设计 .....	131
习题 .....	135

<b>第 5 章 存储器</b> .....	137
5.1 概述 .....	137
5.2 半导体存储器 .....	139
5.3 主存储器设计 .....	146
习题 .....	153
<b>第 6 章 输入输出接口技术</b> .....	155
6.1 I/O 接口概述 .....	155
6.2 主机与外设间的数据传送方式 .....	159
6.3 总线技术 .....	165
习题 .....	171
<b>第 7 章 微型计算机中断技术</b> .....	173
7.1 中断的基本概念 .....	173
7.2 8086/8088 中断系统 .....	177
7.3 可编程中断控制器 8259A 及应用 .....	184
习题 .....	200
<b>第 8 章 接口技术及应用</b> .....	202
8.1 计数器/定时器 8253 .....	202
8.2 可编程并行通信接口 8255A .....	209
8.3 可编程串行通信接口 8251A .....	218
8.4 数/模 (D/A) 和模/数 (A/D) 转换及其应用 .....	231
习题 .....	245

下 篇  
单片机原理及应用

<b>第 9 章 单片机概述</b> .....	247
9.1 单片机的发展 .....	247
9.2 单片机的软硬件系统 .....	248
9.3 MCS-51 单片机系列 .....	249
<b>第 10 章 MCS-51 单片机结构和原理</b> .....	250
10.1 单片机的结构特点 .....	250
10.2 MCS-51 单片机的内部结构与引脚功能 .....	251
10.3 MCS-51 单片机的存储器配置 .....	253
10.4 MCS-51 单片机内部接口部件 .....	260

A 10 100

10.5 时钟电路与时序 .....	264
习题 .....	267
<b>第 11 章 MCS-51 单片机的指令系统 .....</b>	<b>268</b>
11.1 MCS-51 单片机的寻址方式 .....	268
11.2 MCS-51 单片机的指令系统 .....	270
<b>第 12 章 MCS-51 单片机的中断系统 .....</b>	<b>287</b>
12.1 中断源及有关的专用寄存器 .....	287
12.2 MCS-51 单片机中断系统的应用举例 .....	292
习题 .....	293
<b>第 13 章 MCS-51 单片机定时器/计数器及其应用 .....</b>	<b>294</b>
13.1 MCS-51 单片机的定时器/计数器 .....	294
13.2 定时器/计数器应用举例 .....	299
习题 .....	304
<b>第 14 章 单片机开发技术 .....</b>	<b>305</b>
14.1 概述 .....	305
14.2 单片机设计开发的主要步骤 .....	305
14.3 单片机开发的相关设备 .....	308
14.4 单片机开发的相关软件 .....	310
14.5 单片机开发设计实例 .....	316
附录 A 系统功能调用一览表 .....	319
附录 B 8086/8088 指令对标志位的影响 .....	324
附录 C 中断向量地址表 .....	325

# 微型计算机原理及应用

## 第 1 章

### 微型计算机概述

#### 1.1 微型计算机的发展概况

自世界上第一台可以由程序控制的计算机（Electronic Numerical Integrator and Calculator，简称 ENIAC）于 1946 年在美国的宾夕法尼亚大学诞生以来，伴随着电子技术，特别是半导体微电子技术和通信技术突飞猛进的发展，计算机技术也得到了迅速的发展和普及，它对整个社会和科学技术的影响之深远，是任何其他学科所不及的。计算机在短短 50 多年的发展历程中，大约走过了四个时代。从最初的电子管计算机，到 20 世纪 50~60 年代的晶体管计算机，再到 20 世纪 60~70 年代的集成电路计算机，发展到 20 世纪 80 年代直至今日已经是大规模集成电路和超大规模集成电路计算机了，计算机技术也因此进入了微型计算机时代。

##### 1.1.1 微型计算机的发展

20 世纪 70 年代初，随着大规模集成电路（LSI）的出现并商品化，中央处理器（CPU）可被集成在一片面积仅为十几毫米<sup>2</sup>的半导体芯片上，称为微处理器（Microprocessor，简称 MPU 或  $\mu P$ ）。微处理器的出现开创了微型计算机的新时代。以微处理器为核心，再配以半导体存储器（ROM、RAM）、输入/输出接口电路（简称 I/O 接口电路）、系统总线及其他支持逻辑组成的计算机称为微型计算机。微型计算机的出现，为计算机的发展和普及开辟了新途径，是计算机科学技术发展史上的一个里程碑。

由于微型计算机具有体积小、价格便宜、耗电少、可靠性高、通用性和灵活性好等突出优点，加上超大规模集成电路工艺技术的迅速发展和成熟，使微型计算机技术得到极其迅速的发展和广泛的应用。

第一代（1971~1973 年），微处理器是 4 位和低档 8 位微处理器，是微型机萌芽期。



典型产品有 Intel4004、Intel8008 微处理器。

第二代（1973 ~ 1978 年），成熟的 8 位微处理器时代。

1973 年，INTEL 公司首先推出了性能更好的 8080 微处理器（8 位微处理器）。该处理器的速度、计算能力和外设控制能力很引人注目。它的出现，加速了微处理器和微型计算机的发展。这时很多公司对微处理器产生极大兴趣，纷纷加入这一行业。从此，微处理器和微型计算机如雨后春笋般地蓬勃发展起来。先后推出了一批性能优良的 8 位微处理器产品，如 Motorola 公司的 MC6800，Zilog 公司的 Z80，Intel 公司的 8085 等。这一时期的微处理器的设计和生产技术已相当成熟，微处理器的生产普遍采用 NMOS 工艺，集成度可达 1000 管/片，性能有明显改进，主时钟频率为 2 ~ 4MHz，平均指令执行时间为 1 ~ 2 $\mu$ s，指令系统较为完善。这一时期推出的微型计算机在系统结构上已具备了典型计算机体系结构以及中断、DMA 等控制功能，在系统设计上考虑了机器间的兼容性，接口的标准化和通用性，外围配套电路种类齐全，功能完善。在系统软件方面，除可使用汇编语言外，还配有高级语言和操作系统。从此微型机的应用便进入社会生活的各个领域。

第三代（1978 ~ 1983 年），16 位微处理器时代。

Intel 公司于 1978 年首先推出了新一代的 16 位微处理器 8086。接着 Motorola 公司的 MC68000，Zilog 公司的 Z8000 等 16 位微处理器相继问世。这些高性能的 16 位微处理器采用 HMOS 高密度工艺技术，主时钟频率达 5 ~ 40MHz，平均执行指令时间减少为 0.5 $\mu$ s，数据总线宽度为 16 位，地址总线为 20 位，可寻址空间达 1M，具有丰富的指令系统，CPU 内部结构有很大改进，如 Intel8086/8088 内部采用了流水线结构，设置了指令队列，使处理速度大大提高。在软件方面，可以使用多种高级语言，有完善的操作系统，支持构成多处理器系统。总之，其性能指标已达到或超过当时的中档小型机的水平，传统的小型机也从此受到严峻的挑战，激烈的竞争又促使微型计算机技术以更快的速度发展，特别是 1982 年 Intel 公司再次推出高档的 16 位微处理器芯片 80286，它具有多任务系统所必需的任务切换功能、存储器管理功能和多种保护功能，支持虚拟存储体系结构，地址总线为 24 位，可直接寻址空间达 16M。从 1982 年到 20 世纪 90 年代初期，80286 一直是个人计算机的主流型 CPU。

第四代（1983 ~ 1993 年），32 位微处理器时代。

1985 年，Intel 公司推出与 8086 向上兼容的 32 位微处理器 80386。它具有 32 位数据总线和 32 位地址总线，存储器可寻址空间达 4GB，时钟频率位 16 ~ 33MHz，平均指令执行时间小于 0.1 $\mu$ s，使用二级存储器管理方式，支持带有存储器保护的虚拟存储机制，虚拟存储空间高达 2<sup>64</sup> 字节。1989 年 Intel 公司又推出高性能的 32 位微处理器 80486，其集成度约 120 万管/片，80486 除含有一个 80386 体系的主处理器外，还增加了一个与 80387 兼容的片内协处理器和一个 8KB 的片内高速缓存（即一级 Cache），内部数据总线可为 32 位、64 位、128 位，分别由不同单元的数据交换。80486 还采用了 RISC（即精简指令集计算机）技术和突发（Burst）总线技术，缩短了指令执行时间，在相同频率下，80486 的处理速度比 80386 快 2 ~ 3 倍。由高性能 32 位微处理器所构成的微型计算机性能指标超过了当时的高档小型机甚至大型机的水平，被称为高档微型机。

第五代（1993年~今）。

1993年，Intel公司推出第五代64位的微处理器Pentium。使微处理器的技术发展到了又一个崭新的阶段。Pentium微处理器不仅继承了其前辈的所有优点，而且在许多方面都有新的突破。它采用亚微米CMOS工艺技术使集成度达310万管/片，数据总线64位，地址总线36位，CPU内部采用超标量流水线设计以及采用双Cache结构，大大节省了指令执行时间，提高了数据处理速度。1997年以后Pentium微处理器又以更新的面貌P-II、P-III、P-IV快速推向市场，以其更加优良的性能成为当今PC机的主流型CPU。

为便于参考，我们将微处理器的主要性能、特点列于表1-1中。

表 1-1 各代微处理器的特点

项目 \ 代	第一代 (1971~1973年)	第二代 (1973~1978年)	第三代 (1978~1981年)	第四代 (1981~1992年)	第五代 (1993~今)
典型微处理器芯片	Intel4004、Intel8008	Intel8080 MC6800、Z-80	Intel8086、286 MC68000、Z-8000	Intel80386、486 MC68020	Pentium
字长(位)	4/8	8	16	32	32
集成度(晶体管/片)	1~2千	5~9千	2~7万	15万以上	310万以上
时钟频率(MHz)	0.5~0.8	1~4	5~10	16以上	60以上
数据总线(位)	4/8	8	16	32	64
地址总线(位)	4/8	16	20~24	32	32/36
存储器容量	≤16K字节	≤64K字节	1~16M字节	4G实存 64T虚拟	4G实存 64T虚拟
指令平均执行时间(μs)	10~15	1~2	0.5	<0.1	<0.02
软件水平	机器语言 汇编语言	汇编语言 高级语言 操作需要	汇编语言 高级语言 操作需要	汇编语言 高级语言 部分软件固化	除常规软件外， 操作系统功能更强

### 1.1.2 微型计算机的分类

按微处理器的字长来分，一般可分为4位、8位、16位、32位和64位机等几种。

按微型计算机的组装形式来分，可将其分为单片机、单板机和多板微型计算机。

单片机——就是在—块半导体硅片上集成有CPU、小容量ROM、RAM、I/O接口以及时钟发生器等，一个芯片就是一台完整的计算机。

单板机——将微处理器、存储器（ROM、RAM）、I/O接口芯片和简单的输入、输出设备（小键盘、LED显示器）等装配在一块印刷电路板上，再配上监控程序（固化在ROM中），就构成了一台单板计算机，简称单板机。

多板微型计算机也叫系统机。它是根据系统要求把微处理器（CPU）、存储器（ROM、RAM）芯片、I/O接口电路和总线接口等组装在一块主机板（简称微机主板）上，再通过系统总线和各种外设的适配器或适配卡（Adapter）连接键盘、打印机、显示器、软盘驱动器、光驱等，并配置上电源。将主机板、电源、软盘驱动器等安装在同一机箱内，将各种适配器、适配卡插在总线扩展槽上，通过总线相互连接，就构成了一台多板微型计算机。

再配上足够的系统软件，就构成一台完整的微型计算机系统。目前人们广泛使用的个人计算机（PC机）都是多板微型计算机。

### 1.1.3 微型计算机的应用

由于微型计算机具有体积小、价格低、功耗少、功能强和可靠性高等优点，因此它的应用几乎渗透到国民经济的各个领域。大致可归纳为以下几个方面。

#### 1. 科学计算

科学计算是微型计算机的基本应用之一。现在不少的微型计算机系统都具有较强的运算功能，特别是由多个微处理器模块构成的系统，其功能可与大型计算机相匹敌，而成本却较低，足以与大型计算机竞争。

#### 2. 信息管理系统

信息管理系统是微型计算机应用的主要方面。对大量信息进行快速或实时处理是进入信息时代的必然要求。微型计算机配上数据库管理软件以后，可以很灵活地对各种信息按不同要求进行分类、检索、转换、存储和打印。

#### 3. 工业自动控制

微型计算机对工业生产过程的自动控制是目前微型计算机在工业部门中应用最广泛和最有效的方面之一。微型机在这方面的应用为生产能力和产品质量的迅速提高开辟了广阔的前景。

#### 4. 网络通信

网络通信技术是计算机技术和通信技术紧密结合的结果。所谓网络化就是通过通信线路把不同地域的多台计算机连接起来，实现信息交流和资源共享，使计算机的功能剧增。从国际互联网、企业内部网到无线电通信网络，微型计算机作为服务器、工作站成为网络通信中的重要成员。

#### 5. 计算机辅助设计和制造

计算机辅助设计和制造（CAD/CAM）是现代工程设计和制造的重要阶段，它的应用不仅能大大减少设计人员的工作量，而且还可缩短工程系统的设计制造周期。CAD/CAM的最高形式是目前的CIMS系统。

#### 6. 人工智能

所谓人工智能，就是使计算机能够模拟人脑进行逻辑思维、自主学习、积累知识、知识重构和自我完善，以解决人们难以解决或至今还不知如何解决的问题。微型计算机在这方面的应用已显现出来，如各种智能仪表、机器人等。

## 1.2 微型计算机系统

现代计算机的基本原理是遵循美国数学家冯·诺依曼（Von Neuman）教授提出的“存储程序”方案构成的。图1-1为这种计算机的组成结构，也称为冯·诺依曼计算机。它的工作原理是把复杂的计算、操作过程表示成由许多条基本指令组成的程序预先存入存储器中，需要时发出运行命令，计算机按程序规定的顺序一条条地执行指令，以完成所需的

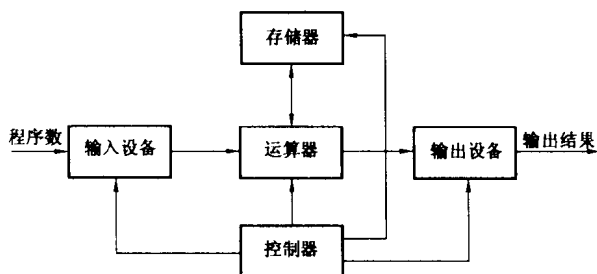


图 1-1 冯·诺依曼计算机结构

计算。

在计算机系统中，运算器和控制器是最为核心的部件，通常把运算器和控制器制作成一个部件，称为中央处理器，简称 CPU（Central Processing Unit）。

### 1.2.1 微型计算机

微型计算机是由微处理器（CPU）、存储器（ROM、RAM）、输入/输出接口电路（I/O 接口）及系统总线（包括地址总线 AB、数据总线 DB、控制总线 CB）组成，如图 1-2 所示。

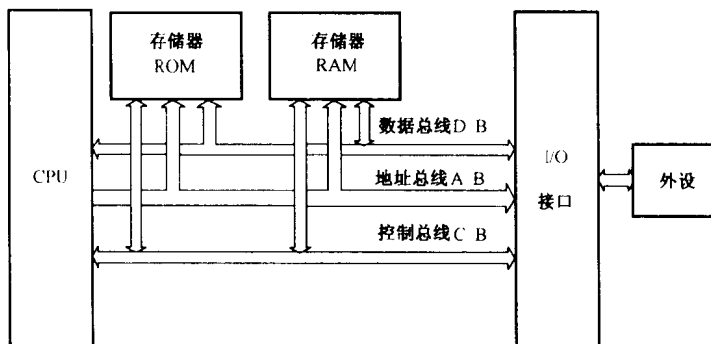


图 1-2 微型计算机结构

在微型计算机中，各功能部件通过系统总线（AB、DB、CB）相连，这使得各功能部件之间的相互关系变为各个部件面向系统总线的单一关系，一个部件只要符合某种总线标准，就可以连接到采用这种总线标准的系统中。这是微型计算机在系统结构上的最突出特点。下面对各功能部件做简要说明。

#### 1. 微处理器

微处理器（Microprocessor）也就是中央处理器 CPU，它是一个大规模集成电路器件，是微型计算机的核心部件。微处理器一般具有以下基本功能：

- (1) 能进行算术和逻辑运算。
- (2) 可与存储器或外设进行数据交换。
- (3) 可暂存少量数据。

(4) 能对指令进行译码并进行指令所规定的操作。

(5) 能提供整个系统所需要的定时和控制信号。

(6) 可响应其他各部件发出的中断请求。

## 2. 存储器

存储器用来存放当前正在使用的或经常使用的程序数据。存储器分为随机存储器 RAM (Random Access Memory) 和只读存储器 ROM (Read Only Memory)。RAM 也称为读/写存储器。RAM 是易失性存储器, 即其所存储的内容在断电后会全部丢失。因而用于存放暂时性的数据。而 ROM 是非易失性存储器, 其所存储的内容在断电后不会丢失, 但其内容在系统运行时只能读出不能写入, 故常用于存放永久性的程序和数据。如引导程序、监控程序、操作系统中的基本输入/输出管理程序等。这里的存储器是指直接挂在总线上的内部存储器 (简称内存)。

## 3. 输入/输出接口及输入、输出设备

I/O 接口是微型计算机的重要组成部分, 是微型机连接外部输入、输出设备和各种控制对象并与外界进行信息交换的控制逻辑电路。输入、输出设备统称为外设。常用的外设有键盘、鼠标、显示器、外存 (硬盘、软盘、光盘等)、打印机、扫描仪、绘图仪等。由于外设的结构、工作原理、速度、信号形式和数据格式等各不相同, 因此, 它们不能直接接到系统上, 必须通过 I/O 接口电路作中间转换, 以实现与 CPU 间的数据交换。I/O 接口也称为适配器, 不同的外设必须配不同的 I/O 适配卡 (板)。任何一个微机应用系统的研制和开发, 实际上是 I/O 接口的研制和开发。因此, I/O 接口技术也是本课程要重点讨论的内容之一。

## 4. 系统总线 (BUS)

所谓总线, 是计算机系统中各功能部件间传送信息的公共通道。它是由地址总线 AB、数据总线 DB、控制总线 CB 和起驱动、隔离作用的三态门组成。微型机在结构上采用总线结构, 各功能部件通过总线相连, 从而使得它们之间的相互关系转变为面向总线的单一关系。微型计算机系统采用总线结构后会带来以下优点:

(1) 简化了系统结构。微型计算机系统中采用总线结构后, 系统中各功能部件之间的相互关系变为面向总线的单一关系。采用总线结构还可使整个微机系统的结构简单规整、清晰明了, 大大减少各模块间的连线。各模块 (插件) 的同一引脚都是同一定义的总线信号, 从而使各种插件间的连接便于用公共的总线插槽 (也称 I/O 扩充槽) 形式实现互连, 提高可靠性, 使微机系统更加容易设计和制造。

(2) 简化了硬件、软件的设计。总线结构使各功能部件间的相互关系变为面向总线的单一关系, 这不仅为微机的生产和组装提供方便, 而且为微机产品的标准化、系列化和通用性提供了方便。就硬件设计而言, 设计者只要按照总线标准 (规范) 设计即可, 而不必考虑如何适应主机特性, 以及与其他部件关系等问题, 而且只要设计是遵循总线标准的, 所设计的接口产品都具有互换性和通用性, 便于大批量生产。就软件设计而言, 硬件的模块化 (插件式) 结构, 也导致了软件设计便于采用模块化的程序设计方法, 使程序设计简单, 易于调试, 缩短了软件开发周期。

(3) 系统功能扩充或性能更新方便。由于总线实行标准化，系统的扩充就十分方便。如要扩充系统规模，只要选择符合总线标准的同类插件（或板、卡）直接插入系统扩充槽即可；若要进行功能扩充或更新，只要插入功能更强的插件或器件，即可实现。例如，要想将一台 486 机升级为 Pentium 微机，原则上只要更换一块 Pentium 主板便可将系统升级。

在微型计算机系统中，通常把 CPU、内存（RAM、ROM）、I/O 接口电路和总线接口等组装在一块主机板（简称微机主板）上，因此称这部分为主机。

### 1.2.2 微型计算机系统

以微型计算机为主体，再配上系统软件和输入、输出设备便构成了完整的微型计算机系统，如图 1-3 所示。

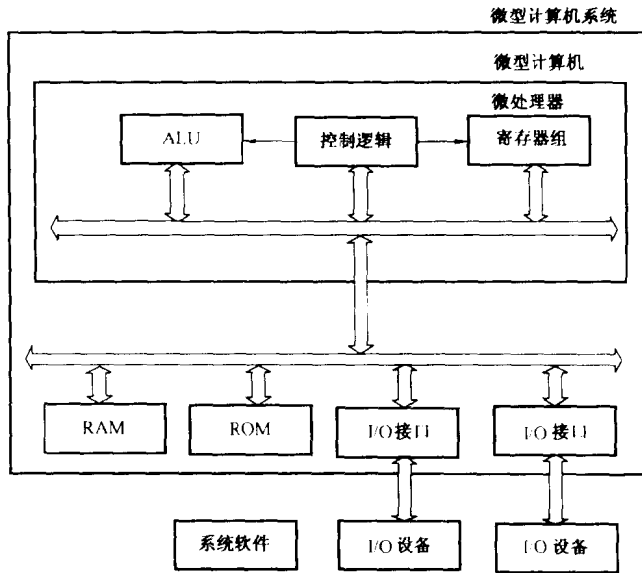


图 1-3 微型计算机系统组成图

系统软件包括操作系统、各种程序及语言处理程序、机器调试和诊断程序、网络操作系统、数据管理系统等。微型计算机只有配上丰富的软件才能将其硬件的优良性能发挥出来。

图 1-4 给出了微处理器、微型计算机和微机系统的关系。

### 1.2.3 评估微型计算机性能的主要指标

#### 1. 字长

字长是计算机内部一次可以处理的二进制代码的位数。字长越长，一次传送同样位数的数据速度就越快，并且一个字所能表示的数据精度就越高，在完成同样精度的运算时，字长较长的计算机比字长较短的计算机速度快。

#### 2. 指令执行时间

指令执行时间的长短反映计算机速度的快慢，因执行不同的指令所需的时间不同，故测量计算机速度常采用如下三种方法：

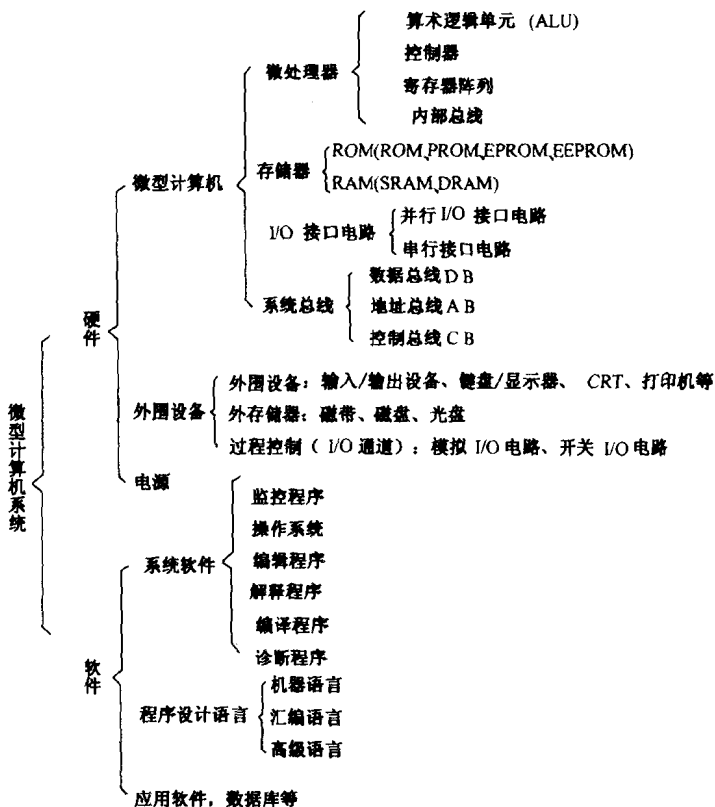


图 1-4 微处理器、微型计算机和微机系统间相互关系

- (1) 直接给出 CPU 的时钟频率即计算机的主频，这是最常用的方法。
- (2) 根据不同类型指令在计算过程中出现的频繁程度乘上不同系数，求得平均值。
- (3) 以执行时间最短的指令为标准来估算运算速度。

### 3. 内部存储器容量

内部存储器容量是衡量计算机可以存储二进制信息量大小的重要指标。通常以字节（二进制 8 位）为单位计算，如 16M 字节、64M 字节等。同一型号的微型计算机能配备的内存容量大小可在一定范围变化，这主要从其用途、成本及价格等方面考虑。

### 4. 外部设备配置

在现代微型计算机系统中，外设占重要地位。一台微型计算机可配备外设的数量即外设的接口电路的数量以及可配备的外设的类型，对整个系统的性能有重大影响，如显示器的分辨率、多媒体接口的功能、打印机型号等，都是外设选择中要考虑的问题。

## 1.3 计算机中信息的表示方法

计算机的基本功能是对数据进行加工，因此要加工的数据必须送入计算机中。而计算机进行信息处理主要采用二进制数字系统，数在计算机中是以开关电子器件的物理状态表

示，即用器件的导通（0电平）与截止（1电平）表示，以便运算和处理。但是计算机的数据输入和输出形式又需要与人们日常习惯使用的十进制数相一致，这样在计算机中就存在着多种进位计数制及编码。

### 1.3.1 计算机中的数制与转换

#### 1. 数制

(1) 十进制数的表示法。十进制数的特点是：以十为底，逢十进一，需要十个数字符号 0~9。

在计算机中十进制数  $N_D$  可以表示为

$$N_D = \sum_{i=-m}^{n-1} D_i \times 10^i \quad (1-1)$$

式中  $m$ ——小数位的位数；

$n$ ——整数位的位数；

$D_i$ ——十进制数字符号 0~9。

例如：3218.01D =  $3 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 0 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2}$

式中后缀 D 表示十进制数，也可省略不写。

(2) 二进制数的表示法。二进制数的特点是：以二为底，逢二进一，需要两个数字符号 0 和 1。

在计算机中二进制数  $N_B$  可以表示为

$$N_B = \sum_{i=-m}^{n-1} B_i \times 2^i \quad (1-2)$$

式中  $B_i$ ——二进制数字符号 0~1。

例如：1011.01B =  $1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

式中后缀 B 表示二进制数。

(3) 十六进制数表示法。十六进制数的特点是：以十六为底，逢十六进一，需要十六个数字符号 0~9、A~F（其中 A~F 表示 10~15）。

在计算机中十六进制数  $N_H$  可以表示为

$$N_H = \sum_{i=-m}^{n-1} H_i \times 16^i \quad (1-3)$$

式中  $H_i$ ——十六进制数字符号 0~9、A、B、C、D、E、F。

例如：1A15.07H =  $1 \times 16^3 + 10 \times 16^2 + 1 \times 16^1 + 5 \times 16^0 + 0 \times 16^{-1} + 7 \times 16^{-2}$

式中后缀 H 表示十六进制数。

#### 2. 各种进制数之间的转换

(1) 任意进制数转换为十进制数。

二进制、十六进制的数转换为十进制数的方法简单，可按式 (1-1)、式 (1-2)、式 (1-3) 展开求和即可。

(2) 十进制数转换为二进制数。

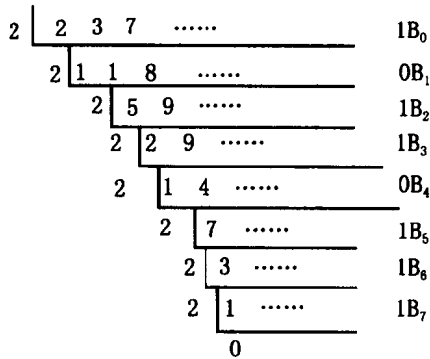
1) 将十进制数转换成二进制数的转换原则：整数和小数部分分别进行转换。



2) 转换方法：整数部分的转换采用“除 2 取余逆序排列”法，小数部分的转换采用“乘 2 取整顺序排列”法。

例如要将十进制数 237.6875 转换成二进制数。

向二进制整数部分的转换：



向二进制小数部分的转换：

$0.6875 \times 2 = 1.3750$ ，整数为 1，得  $B_{-1} = 1$

$0.375 \times 2 = 0.750$ ，整数为 0，得  $B_{-2} = 0$

$0.75 \times 2 = 1.50$ ，整数为 1，得  $B_{-3} = 1$

$0.5 \times 2 = 1.0$ ，整数为 1，得  $B_{-4} = 1$

即  $237.6875D = 11101101.1011B$

(3) 二进制与十六进制数之间的转换。因为  $2^4 = 16$ ，所以二进制数转换为十六进制数只需以小数点为起点，向两端每 4 位(不足 4 位者补 0)二进制用 1 位十六进制数表示即可。

例如： $1101101.011011B = 01101101.01101100B = 6D.6CH$

在计算机中需用二进制数据，但二进制数据书写冗长易错，所以常用十六进制表示数据。两个十六进制位能表示出最大为 255 的十进制数；四个十六进制位能表示出最大为 65535 的十进制数。在程序中常使用十六进制数来表示数。

### 3. 二进制数的运算

#### (1) 算术运算。

##### 1) 加法运算规则

$0 + 0 = 0$

$0 + 1 = 1$

$1 + 0 = 1$

$1 + 1 = 0$  (有进位)

##### 2) 减法运算规则

$0 - 0 = 0$

$1 - 1 = 0$

$1 - 0 = 1$

$0 - 1 = 1$  (有借位)

##### 3) 乘法运算规则

$0 \times 0 = 0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$