



21 世纪高职高专计算机类专业规划教材

微机原理与接口技术 实用教程

■ 葛俊杰 主编

■ 焦永杰 景凯 董文华 副主编



中国电力出版社

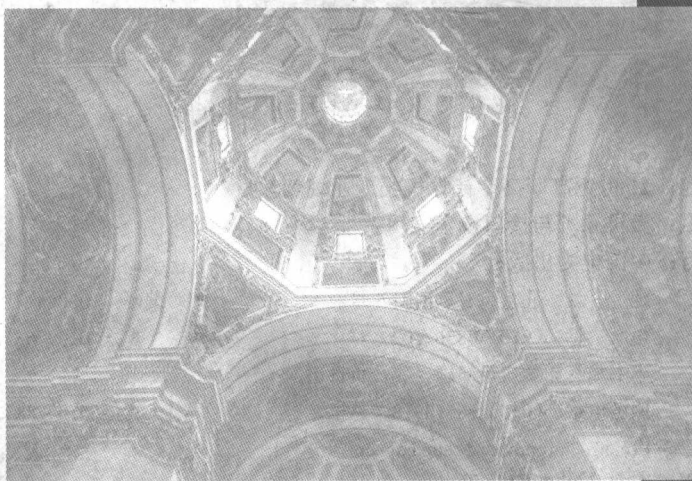
www.infopower.com.cn



21 世纪高职高专计算机类专业规划教材

微机原理与接口技术 实用教程

■ 葛俊杰 主编
■ 焦永杰 景凯 董文华 副主编
■ 张宝华 高君 时彦艳 参编



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内容提要

本书在总结微机基本原理和技术特点的基础上,介绍了微机接口技术的基本要点,分别阐述了微处理器、指令系统、汇编语言、存储器、总线技术、中断管理、可编程接口芯片、数/模和模/数转换器以及微机系统常用的通用可编程接口和主要外设接口的应用实例分析。

本书以“原理与应用相结合、硬件与软件相结合”的原则,知识起点适度、结构层次合理、内容实用易懂、适用范围广。本书可作为高等学校计算机等相关专业的教材以及从事微机系统设计和应用的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术实用教程/葛俊杰主编. —北京:中国电力出版社, 2006

21世纪高职高专计算机类专业规划教材

ISBN 7-5083-4299-2

I.微... II.葛... 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—高等学校:技术学校—教材 IV.TP36

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第060157号

丛 书 名: 21世纪高职高专计算机类专业规划教材

书 名: 微机原理与接口技术实用教程

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市三里河路6号

邮政编码: 100044

电 话: (010) 68362602

传 真: (010) 68316497, 88383619

本书如有印装质量问题, 我社负责退换

服务电话: (010) 88515918 (总机)

传 真: (010) 88518169

E-mail: infopower@cepp.com.cn

印 刷: 汇鑫印务有限公司

开本尺寸: 185×233

印 张: 17.5

字 数: 393千字

书 号: ISBN 7-5083-4299-2

版 次: 2006年7月北京第1版

印 次: 2006年7月第1次印刷

印 数: 0001—4000册

定 价: 26.00元

版权所有, 翻印必究

前 言

目前,从航空航天到家用电器,微型计算机的应用已深入到各个领域。这就要求每个从事计算机应用的工程技术人员和将要从事计算机应用的学生,既要掌握软件方面的有关知识,又要掌握硬件方面的知识。本书从实际应用的角度出发,本着深入浅出的原则,从讲解基本指令到程序设计,从讲解常用接口芯片的主要特性、内部结构到对接口芯片控制的软硬件设计,列举应用实例,使读者加深对微机应用控制技术的理解,进而达到灵活运用之目的。

本书的主要特点是既体现最新的技术,又注重基础知识和实用技能。全书层次结构分明,包括微机原理、汇编语言、接口技术三部分内容,改变了传统的将微机原理、汇编语言和接口技术分开教授,各成一本书的教学架构,力求让读者建立计算机系统的整体概念。微机原理部分讲述了 8086 的内部结构和工作原理、半导体存储器及其系统、微机总线结构等;汇编语言部分讲述了指令系统、编程技巧;接口技术部分讲述了中断系统、中断控制器、并行接口、串行接口、定时器、DMA 控制器等常用芯片的硬件电路设计方法和软件编程控制方法。书中给出了大量的实际应用编程实例,既适合在校学生学习,又适用于广大对微机原理和应用感兴趣的自学者。

全书共分为 9 章。第 1 章是对微型计算机系统基本概念的介绍及计算机中数据的表示和基本运算方法。第 2 章主要介绍 8086 微处理器的结构、工作模式、操作过程、段结构及寻址方法,并分析了从 80286 到 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、第 4 章主要讲述 8086/8088 指令系统、汇编语言的结构和汇编程序的设计方法。第 5 章讲述半导体存储器及其系统。第 6 章讲述微型计算机的总线结构。第 7 章讲述中断系统及中断控制器。第 8 章讲述接口技术及常用芯片。第 9 章讲述 DMA 控制器及 D/A、A/D 转换器的工作原理及控制过程。

本书第 1 章、第 3 章、第 4 章由烟台职业学院葛俊杰编写,第 2 章由潍坊职业学院张宝华编写,第 5 章由淄博职业学院焦永杰编写,第 6 章由辽宁科技学院高君编写,第 7 章由山东服装职业学院景凯编写,第 8 章由山东信息职业技术学院董文华编写,第 9 章由日照职业学院时彦艳编写。全书由葛俊杰统稿。

由于笔者水平所限,书中难免有错误和不足之处,敬请读者提出宝贵意见。

作 者

2006 年 4 月

目 录

前 言

第 1 章 微型计算机系统概述.....	1
1.1 微型计算机的发展及应用	1
1.2 微型计算机的组成	5
1.3 计算机中数据信息的表示方法	8
1.4 算术逻辑运算基础	17
小结	20
习题	20
第 2 章 微处理器	22
2.1 微处理器概述	22
2.2 Intel 8086 CPU 结构	25
2.3 8086 总线的操作时序	38
2.4 8086/8088 基本工作电路	45
2.5 从 80286 到 Pentium 微处理器结构的变化	48
小结	58
习题	58
第 3 章 8086/8088 指令系统	60
3.1 8086/8088 的指令格式及操作数类型	60
3.2 8086/8088 的寻址方式	61
3.3 8086/8088 指令集	66
小结	82
习题	82
第 4 章 汇编语言程序设计	85
4.1 汇编语言语句	85
4.2 伪指令	91
4.3 宏指令语句	99
4.4 系统功能调用	102

4.5	汇编语言程序设计	105
4.6	顺序结构程序设计	108
4.7	分支结构程序设计	111
4.8	循环结构程序设计	118
4.9	子程序设计	126
4.10	汇编语言程序的开发	130
	小结	131
	习题	132
第 5 章	半导体存储器及其系统	135
5.1	存储器分类	135
5.2	RAM (半导体随机存储器)	137
5.3	ROM (只读存储器)	141
5.4	存储系统	144
5.5	存储器与微处理器的连接	147
	小结	153
	习题	153
第 6 章	微机总线与输入/输出	156
6.1	总线概念	156
6.2	微机常用总线	158
6.3	I/O 接口概述	164
6.4	数据输入/输出方式	169
	小结	175
	习题	175
第 7 章	中断管理与中断控制器	176
7.1	引言	176
7.2	Intel 8086 中断系统	178
7.3	可编程中断控制器 8259A	186
	小结	201
	习题	201
第 8 章	可编程接口芯片	203
8.1	可编程并行接口芯片 8255A	203
8.2	串行通信接口 8251A	214

8.3 可编程定时/计数器 8253	225
小结	236
习题	236
第 9 章 其他接口芯片	238
9.1 可编程 DMA 控制器 8237A	238
9.2 数/模 (D/A) 转换器	251
9.3 模/数 (A/D) 转换器	260
小结	270
习题	270
附录 A 字符的 ASCII 编码	271
参考文献	272

第 1 章 微型计算机系统概述

本章教学目的及要求:

- 熟悉微处理器的产生和发展, 掌握微型计算机的分类、性能指标。
- 掌握微型计算机的基本结构及工作原理。
- 掌握微型计算机中常用的数制及其转换、带符号数的表示、字符编码和汉字编码的基本知识。
- 掌握补码加减运算、逻辑运算及移位运算方法。

1.1 微型计算机的发展及应用

自 1946 年世界上第一台数字电子计算机问世以来, 计算机共经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路 4 个时代的发展。在 50 多年的发展历程中, 计算机技术突飞猛进, 特别是进入 20 世纪 70 年代以后, 微型计算机的出现为计算机的广泛应用开拓了更加广阔的前景。

1.1.1 微型计算机的产生和发展

大规模集成电路的发展, 为计算机的微型化打下了良好的物质基础。20 世纪 70 年代初, 美国 Intel 公司研究并制造了第一片微处理器芯片 4004, 这种将计算机的运算器和控制器等部件集成在一块大规模集成电路芯片上作为中央处理单元 CPU (Control Processing Unit), 简称为微处理器 (microprocessor)。微型计算机就是以微处理器为核心, 再配上存储器、接口电路等构成的。

自从 1980 年美国 IBM 公司推出个人电脑——PC 机以来, 微型计算机就风靡全球。随着技术、工艺的不断完善, 用户需求的增强, PC 机在这二十几年的时间迅速地更新换代。由于微型机体积小、重量轻、价格低廉、可靠性高、结构灵活、适应性强, 因而在许多领域得到应用。

微型机的核心部件是微处理器 (以后提到微处理器, 功能上即为 CPU), 各种档次的微机均是以 CPU 的不同来划分的。目前属于 PC 系列的个人电脑, 大都是采用美国 Intel 公司生产的系列微处理器或 AMD 公司生产的系列微处理器作为 CPU。从第一台电脑问世到今天, CPU 芯片发展到第六代产品, 对应地产生了 6 个档次的个人电脑系列产品。按照微型计算机 CPU 的字长 (计算机能同时处理的二进制的位数) 和典型的微处理器芯片作为各阶段的标志, 它经历了 6 代的演变。

(1) 第一代 (1971 年~1973 年)。这一代是 4 位和 8 位低档微机, 其代表产品是美国 Intel 公司的 4004 微处理器及由它组成的 MCS 微型计算机。

(2) 第二代 (1974 年~1977 年)。这一代是 8 位中高档微机, 以 Intel 8080/8085、Motorola 公司的 Mc6800 及美国 Zilog 公司的 Z80 等为 CPU 的微型机为典型代表。

(3) 第三代 (1978 年~1984 年)。这一代是 16 位微机, 以 8086、Z8000 和 MC68000 为 CPU 的微型机。

(4) 第四代 (1985 年~1992 年)。这一代是 32 位微机, 典型的 CPU 产品有 80286、80386, 之后 Intel 公司又推出 80486 微处理器。

(5) 第五代 (1993 年~1999 年)。这一代仍属于 32 位微机, 但采用全新的超级 32 位 Pentium 微处理器。

(6) 第六代 (2000 年以后)。这是新一代 64 位微处理器 Merced, 给微处理器的体系结构和 PC 机的性能引入了全新的概念。

1.1.2 微型计算机的分类

能够由自身独立完成所有的输入、处理、输出和存储工作, 即至少有一个输入设备、输出设备、存储设备和一个处理器的计算机称为个人计算机 (Personal Computer, PC), 也叫微型计算机或微机。

微机的发展日新月异, 随着时间的推移, 分类界线也越来越模糊。目前人们常见的微机有台式计算机、笔记本计算机和服务器 3 种类型。

1. 台式计算机

顾名思义, 台式计算机是放置在桌子上的微型计算机, 这是人们最常见的计算机, 通常讨论的微机指的就是这一类计算机。

2. 笔记本计算机

笔记本计算机又称为便携式电脑, 其大小和一本厚书差不多, 重量一般只有几公斤。这类计算机的使用方法和台式计算机完全相同, 其优点是携带方便。

3. 服务器

这是一类高档微机, 主要用于网络服务。在一个微机网络中, 完成集中服务工作的微机称为服务器。服务器是高档次、高质量的微机, 它的配置要比一般微机高出许多。不过, 普通台式计算机也可以作为服务器来使用。

1.1.3 微型计算机的应用

1. 信息处理

信息处理是目前微机应用最广泛的领域之一, 信息处理是指用计算机对各种形式的信息, 如文字、图像、声音等收集、存储、加工、分析和传送的过程, 是计算机、通信与自动化技术相结合的产物。当今社会, 计算机用于信息处理, 对办公自动化 (Office Automation)、管理自动化以及社会信息化都有积极的促进作用。如电子数据处理系统 EDP (Electronic Data

Process)、管理信息系统 MIS (Management Information System)、决策支持系统 DSS (Decision Supporting System) 等。

2. 过程控制

过程控制是指用计算机对生产或其他过程中所采集到的数据按照一定的算法经过处理,然后反馈到执行机构去控制相应过程,它是生产自动化的重要技术和手段。过程控制可以减轻劳动强度、提高生产效率、节省生产原料、降低生产成本。

3. 计算机辅助设计和辅助制造

计算机辅助设计 CAD (Computer Aided Design) 能自动将设计方案转变成生产图纸,并能对设计方案进一步分析、测试和优化。计算机辅助制造 CAM (Computer Aided Manufacturing) 是利用 CAD 的输出信息控制、指挥生产和装配产品。CAD/CAM 使产品的设计制造过程都能在高度自动化的环境中进行,此外,计算机控制的机器人还可以代替人们在危险或人类不宜存在的场合工作。

4. 数据库应用

数据库是在计算机存储设备中按照某种关联方式存放的一批数据。借助数据库管理系统 DBMS (Database Management System) 可对其中的数据实施控制、管理和使用。如科技情报检索系统、银行储户管理系统、飞机票订票系统等。

5. 计算机网络应用

计算机网络是利用通信设备和线路等与不同的计算机系统互联起来,并在网络软件支持下实现资源共享和传递信息的系统,计算机网络的功能集中于通信功能和资源共享。

6. 现代教育

近些年来,计算机在教育方面的应用主要有几种形式。一是利用计算机辅助教学,称作 CAI;二是将计算机作为教室管理的工具,现在许多学校都有配有投影仪的多媒体教室;三是用计算机进行图书检索和图书馆管理;此外,计算机的应用促进了远程教育的兴起和发展。

除了上述几个方面外,计算机还应用于科学计算、人工智能、计算机模拟等许多方面,而且微机也走入越来越多的家庭,介入了越来越多的人的生活。各种各样的软件从不同方面为人们提供帮助,如对儿童进行教育、进行家庭娱乐等。

1.1.4 微型计算机的性能指标

一台微型计算机功能的强弱或性能的好坏,不是由某项指标来决定的,而是由它的系统结构、指令系统、硬件组成、软件配置等多方面的因素综合决定的。但对于大多数普通用户来说,可以从以下几个指标来大体评价微机的性能。

1. 字长

字长是计算机内部一次可以处理的二进制数码的位数。一般一台计算机的字长决定于它的通用寄存器、内存储器、ALU 的位数和内部数据总线的宽度。字长越长,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,则数据处理速度越高。然而,字长越长,计算机的硬件代价相应也增大。微型计算机字长有 4 位、8 位、16 位,高档微机字长为 32 位或 64 位。

一般情况下, CPU 的内、外数据总线宽度是一致的。但有的 CPU 为了改进运算性能, 加宽了 CPU 的内部总线宽度, 使内部字长和对外数据总线宽度不一致, 对于这类芯片, 称之为“准 $\times \times$ 位” CPU, 如 Intel 8088 的内部数据总线宽度为 16 位, 外部为 8 位, 被称为“准 16 位” CPU。

2. 存储器的容量

存储容量是指存储设备可容纳二进制信息的最大字节数, 它是衡量微型计算机中存储能力的一个指标, 包括内存容量和外存容量。存储二进制信息的基本单位是位 (bit 指一位二进制代码), 一般把 8 个二进制位组成的通用基本单元叫做字节 B (Byte 的缩写)。微型计算机中通常以字节为单位表示存储容量, 并且将 1024B 简称为 1KB, 1024KB 简称为 1MB (兆字节), 1024MB 简称为 1GB (吉字节), 1024GB 简称为 1TB (太字节)。

(1) 内存储器的容量。内存储器, 也简称主存, 是 CPU 可以直接访问的存储器, 需要执行的程序与需要处理的数据就是存放在主存中的。内存储器容量的大小反映了计算机即时存储信息的能力。随着操作系统的升级, 应用软件不断丰富及其功能的不断扩展, 人们对计算机内存容量的需求也不断提高。如果内存容量大, 就可以运行比较复杂的大程序, 存放大量的信息, 利用更完善的软件环境。所以计算机处理能力的大小与主存容量的大小有紧密的关系。

(2) 外存储器的容量。外存储器容量通常是指联机的外存容量, 以字节数表示。外存储器容量越大, 可存储的信息就越多, 可安装的应用软件就越丰富。目前, 硬盘容量一般为 10 G~60 G, 有的甚至已达到 120 G。应注意的是, 大量软件存放在外存之中, 需要运行时再调入主存。

3. 运算速度

运算速度是衡量计算机性能的一项重要指标。同一台计算机, 执行不同的运算所需时间可能不同, 因而对运算速度的描述常采用不同的方法。

(1) CPU 时钟频率与主频。计算机的操作需要分步执行, 一个时钟周期完成一步操作, 所以时钟频率在很大程度上反映了 CPU 速度的快慢, 是一项重要的基本指标。

计算机中有一个振荡器, 它的输出经整形后形成全机最基本的脉冲序列, 其频率称为主频。主频脉冲经分频后形成时钟脉冲序列, 由一个时钟脉冲前沿到下一个时钟脉冲前沿, 就形成一个时钟周期。所以主频是时钟频率的整数倍。一般来说, 主频越高, 一个时钟周期里完成的指令数也越多, 当然 CPU 的速度就越快。绝大多数微机采用 CPU 主频值作为速度指标, 例如 Pentium 4 1.5G 的主频为 1.5 GHz。

(2) 每秒平均执行指令数 (IPS)。通常所说的计算机运算速度 (平均运算速度), 是指每秒钟所能执行的指令条数, 一般用“百万条指令/秒” MIPS (Millions of Instruction Per Second) 来描述。

4. 外设扩展能力

主要指计算机系统配接各种外部设备的可能性、灵活性和适应性。一台计算机允许配接多少外部设备, 对于系统接口和软件研制都有重大影响, 在微型计算机系统中, 打印机型号、显

示屏幕分辨率、外存储器容量等，都是外设配置中需要考虑的问题。

5. 软件配置情况

软件是计算机系统必不可少的重要组成部分，它配置是否齐全，直接影响微型计算机系统的使用和性能的发挥。通常应配置的软件有操作系统、不同的语言处理程序以及工具软件等，另外还可配置数据库管理系统和各种应用软件包。

1.2 微型计算机的组成

常说的微机都是指微机系统，微机系统包括硬件系统和软件系统两部分。硬件系统是指微机系统的全部物理装置，只有硬件系统的微机，称为裸机，不能做任何工作；软件系统是指为计算机编制的各种程序及相应文档。硬件系统与软件系统相互配合才能实现计算机所能完成的任务。

1.2.1 微型计算机的基本结构

微型计算机由微处理器、存储器、输入/输出接口构成，它们之间由系统总线连接起来，如图 1-1 所示。

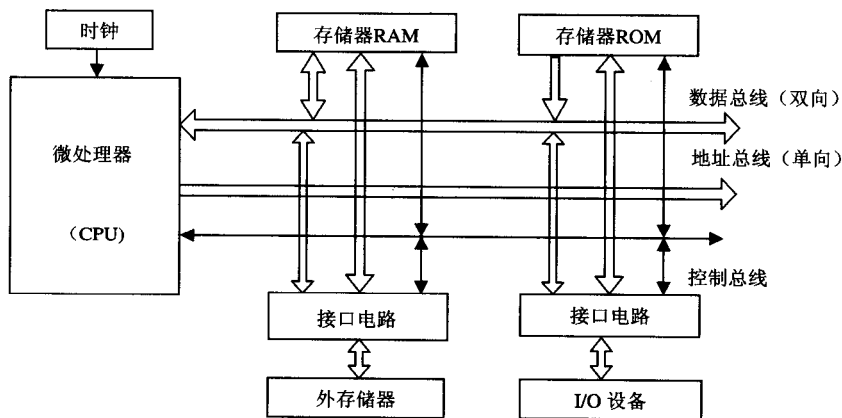


图 1-1 微型机的硬件结构图

各组成模块及其功能如下。

1. 微处理器 (中央处理单元)

中央处理单元 CPU 是微型计算机的核心部件，是包含有运算器、控制器、寄存器组以及总线接口等部件的一块大规模集成电路芯片，俗称微处理器。

2. 主存储器

主存储器是微型计算机中存储程序、原始数据、中间结果和最终结果等各种信息的部件。按其功能和性能，可以分为：

(1) 随机存储器 RAM (Random Access Memory)。其内容可读可写, 断电后存储的信息丢失。

(2) 只读存储器 ROM (Read Only Memory)。其内容只读不写, 断电后存储的信息不会丢失。

3. 系统总线

系统总线是 CPU 与其他部件之间传送数据、地址和控制信息的公共通道。根据传送内容可分成以下 3 种。

(1) 数据总线 DB (Data Bus)。数据总线用于 CPU 与主存储器、CPU 与 I/O 接口之间传送数据。在 CPU 进行读操作时, 内存或外设的数据通过数据总线送往 CPU; 在 CPU 进行写操作时, CPU 通过数据总线将数据送往内存或外设, 所以该总线为双向总线。

数据总线的位数是微机的一个很重要的指标, 它和微处理器的位数相对应。数据的含义是广义的, 在数据总线内的数据流可能是指令代码、状态量或控制量, 也可能是真正的数据。

(2) 地址总线 AB (Address Bus)。地址总线用于 CPU 访问主存储器和外部设备时传送相关的地址, 该总线为单向总线。

地址总线的位数决定了 CPU 可以直接寻址的内存单元的范围。例如, 地址总线是 20 位, 则可以直接寻址的内存单元的范围是 2^{20} , 即 1M。

(3) 控制总线 CB (Control Bus)。控制总线用于传送 CPU 对主存储器和外部设备的控制信号。

4. 输入/输出设备和输入/输出接口

I/O 设备是指微机上配备的输入/输出设备, 也称外部设备和外围设备 (简称外设), 其功能是为微机提供具体的输入输出手段。微机上最常用的输入设备是键盘和鼠标, 最常用的输出设备是显示器和打印机, 此外, 还可以根据需要配备扫描仪、摄像头等 I/O 设备。

由于各种外设的工作速度、驱动方式差别很大, 无法与 CPU 直接匹配, 所以不可能把它们简单地连接到系统总线, 而需要一个接口电路来充当它们和 CPU 间的桥梁, 通过该输入/输出接口电路来完成信号的变换、数据的缓冲、与 CPU 的联络等工作。在微机系统中, 较复杂的 I/O 接口电路一般都做在一块独立的电路板上, 这种电路板又被称为“卡”, 即通常所说的适配器、适配卡或接口卡。卡的一侧引出连接外界的插座, 另一侧则做成插入端, 只要将此端插入总线槽 (I/O 通道) 就等于将此卡连到了系统总线上。

5. 主机板

主机板也称为系统主板或简称主板。主机板上有 CPU 插座、内存槽、扩展槽、各种跳线和一些接口电路等。

6. 外存储器

外存储器分为软磁盘、硬磁盘、光盘存储器等, 存储暂不使用的信息。磁盘存储器由磁盘、磁盘驱动器和驱动器接口电路组成, 统称为磁盘机。光盘存储器是由光盘、光盘驱动器和接口电路组成。

1.2.2 微型计算机系统的组成

从系统的组成观点来看，一个微型计算机系统应该包括硬件系统和软件系统，如图 1-2 所示。

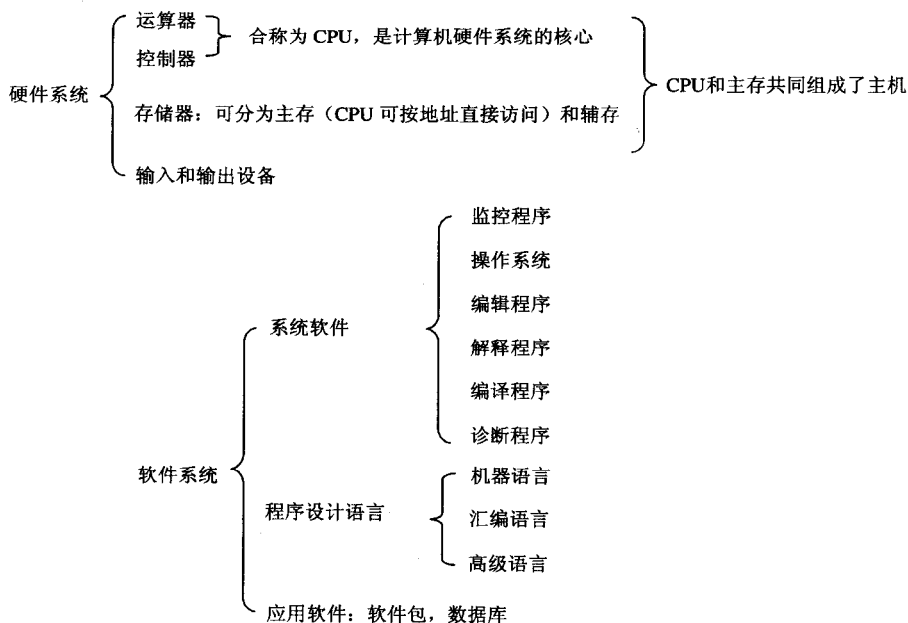


图 1-2 微型机的系统组成

硬件系统是由电子部件和机电装置所组成的计算机实体，其基本功能是接受计算机程序，并在程序的控制下完成数据输入、处理和输出结果等任务。硬件系统由 5 大部件构成分别是：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。运算器和控制器集成在一块芯片上，叫做微处理器。存储器是计算机的记忆装置，主要用来保存数据和程序。计算机中有两种存储器，一种是内存（也称为主存），用于存放可以直接与 CPU 交换的数据；另一种叫辅助存储器（也称为外存），存放暂时不用的信息。输入/输出设备为微机提供具体的输入输出手段。

主机通过一组总线连接主机与各种外围设备，在总线与外围设备之间往往还有一些起缓冲、连接作用的部件，称为外围接口或 I/O 接口。主机及系统总线常是通用的，采用某种标准，但所连接的外围设备在数量及种类上是可变的。

软件系统是指为计算机运行工作服务的全部技术资料和各种程序。其基本功能是保证计算机硬件的功能得以充分发挥，并为用户提供一个宽松的工作环境。

计算机的硬件和软件二者缺一不可。硬件系统是构成微机系统各功能部件的集合，而软件系统是微机系统的各种程序的集合。软件和硬件的关系如图 1-3 所示。

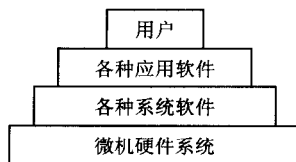


图 1-3 微型机的软、硬件关系

1.3 计算机中数据信息的表示方法

计算机的基本功能是对数据进行加工，在计算机内，数字、字符、指令或状态等数据信息和图形、声音等非数值信息，都采用了二进制编码形式来表示，这些信息必须转换成二进制的形式，才能存入计算机中。

一个数值型数据的完整表示包含 3 个方面：采用什么进位计数制；如何使符号数字化，即机器数的编码方法；如何处理小数点位置，即采用定点表示或浮点表示。

1.3.1 进位计数制及其转换

按进位的原则进行计数的方法，称为进位计数制，简称进位制。日常生活中，人们广泛使用十进制，但计算机内部却以二进制作为数据表示的基础，这是因为计算机采用数字型信号表示数据。由于二进制不易书写和阅读，所以又引入了八进制和十六进制。

十进制与二进制都是用若干数位的组合去表示一个数，这就涉及两个概念：各数位的权和进位计数制的基数，它们是构成某种进位计数制的两个基本要素。

基数是指进位制中会产生进位的数值，它是各数位中允许选用的数码个数。例如，十进制，每个数位中允许选用 0~9 这十个数码中的一个，基数即为 10。

一个数码处在不同的数位上，它所代表的数值就不同，例如，十进制中个位的 1 表示 10^0 ，而百位上的 1 表示 10^2 。因此，在进位制中每个数码所表示的数值等于该数码本身的值乘以一个与它所在的数位有关的常数，这个常数称为该位的位权，简称权。例如，十进制数，从小数点向左，整数部分的位权依次为： 10^0 ， 10^1 ， 10^2 ，……，从小数点向右，小数部分的位权依次为： 10^{-1} ， 10^{-2} ，……

对于任何一种数制表示的数，我们都可以写成按位权展开的多项式之和，其一般形式为：

$$A = a_{n-1}r^{n-1} + a_{n-2}r^{n-2} + \cdots + a_1r + a_0 + a_{-1}r^{-1} + a_{-2}r^{-2} + \cdots + a_{-m}r^{-m} \quad (1-1)$$

式中， a_i 是该位的数码，而 r^i 是该位的位权。

1. 各进位计数制的特点

(1) 二进制。在二进制中，每个数位仅允许选取 0 或 1 两种值，基数是 2，采用逢二进一的计数方法。在计算机中，二进制数以代码序列的形式存储、传送、运算，其通式可写为：

$$X_n X_{n-1} \cdots X_0 . X_{-1} X_{-2} \cdots X_{-m} \quad (1-2)$$

式中，整数共有 $n+1$ 位， X_0 的位权是 2^0 ， X_n 的位权是 2^n 。小数有 m 位， X_{-1} 的位权是 2^{-1} ，

X_{-m} 的位权是 2^{-m} 。

(2) 八进制。在八进制中，每位可选取的数码共八个：0~7，逢 8 进位，基数为 8，从小数点起，八进制整数的权依次为： $8^0, 8^1, 8^2, \dots$ ，小数的权依次为： $8^{-1}, 8^{-2}, \dots$ 。

(3) 十六进制。在十六进制中，每位可选取的数码共十六个，相当于十进制 0~15，书写为 0~9、A、B、C、D、E、F，逢 16 进位，基数为 16，从小数点起，十六进制整数的权依次为： $16^0, 16^1, 16^2, \dots$ ，小数的权依次为： $16^{-1}, 16^{-2}, \dots$ 。

由于进制越大，数的表达长度也就越短，因此 8 进制或 16 进制缩短了二进制数，但保持了二进制的表达特点。

为了区分各种计数制的数据，经常采用以下两种方法进行书写表达。

①在数字后面加写相应的英文字母作为标识。如：

B (Binary) 表示二进制数；

Q 或 O (Octonary) 表示八进制数；

D (Decimal) 表示十进制数，通常其后缀可以省略；

H (Hexadecimal) 表示十六进制数。

②在括号外面加数字下标，此种方法比较直观。如：

二进制数 11010011 可以写成 $(11010011)_2$ ，或者 11010011B。

2. 进制间的相互转换

日常生活中，人们已经习惯于使用十进制，而在计算机内部采用的是二进制表示方法，在表示字符、地址等数据时，为了简化书写多采用十六进制或八进制表示法。因此，有必要了解各种进制间的转换规则。

(1) 任意进制转换为十进制。这种转换比较简单，只需按式 (1-1) 求出按位权展开式的值即可。

$$\text{【例 1.1】} (101.11)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (5.75)_{10}$$

$$(75.2)_8 = 7 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} = (61.25)_{10}$$

$$(A4.C)_{16} = 10 \times 16^1 + 4 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} = (164.75)_{10}$$

(2) 十进制转换为二进制。十进制到二进制数的转换比较复杂，要把整数部分和小数部分分别进行转换。对于整数部分，通常有下述两种方法供选择。

①减权定位法：减权定位法指的是自高位起依次与二进制各位的权值进行比较，若够减，则对应位 $X_i = 1$ ，减去该位权值后继续往下比较；若不够减，则对应位 $X_i = 0$ ，越过该位后与下一位权值相比较；如此进行，直到所有二进制的权值都比较完毕为止。

【例 1.2】将 $(132)_{10}$ 转换为二进制数。

位权值	128	64	32	16	8	4	2	1
X_i	1	0	0	0	0	1	0	0

转换结果： $(132)_{10} = (10000100)_2$

这种方法比较直观，易于验算，常用于手工转换场合。但这种方法需要查找各位的权值，判断每次该减还是不减，各步的减数也不同，因此程序实现较繁，为使各步算法更为统一，程

序转换常采用除 2 取余法。

②除 2 取余法：除 2 取余法的过程是将十进制整数除以 2，所得余数作为对应的二进制数低位的值；继续对商除以 2，所得的各次余数就是二进制的各位值；如此进行直到商等于 0 为止。注意，最后一项余数为二进制数最高位的值。

【例 1.3】将 $(116)_{10}$ 转换为二进制数。

转换过程是：

2	116		余数	低位
2	58		0	
2	29		0	
2	14		1	
2	7		0	
2	3		1	
2	1		1	
	0		1	高位

转换结果： $(116)_{10} = (1110100)_2$

用“乘 2 取整”的法则可以将十进制数的小数部分化成二进制数的小数部分。方法是每次用 2 与小数部分相乘，取乘积的整数部分，再取其小数部分乘以 2 直到小数部分为 0，或者已得到的小数位数满足要求。将所取整数顺序放在小数点后即为转换结果。

【例 1.4】将 $(0.8125)_{10}$ 转换为二进制数。

转换过程是：

	整数	
$0.8125 \times 2 = 1.625$	...1	高位
$0.625 \times 2 = 1.25$	...1	
$0.25 \times 2 = 0.5$	...0	
$0.5 \times 2 = 1$	...1	低位

转换结果： $(0.8125)_{10} = (0.1101)_2$

需要说明的是，有些十进制数小数不能精确地转换为二进制小数，即乘积的小数部分永远不可能为 0，此时应根据精度的要求，转换到所需位数即可。

(3) 二进制数转换为八进制数。将一个二进制数从小数点起，将其整数部分和小数部分分别向左、向右按每三位分成一组，如果左右两端的某一组不足三位，则用 0 凑足三位。最后，将每一组二进制数都用一位八进制数码表示，就完成向八进制数的转换。

【例 1.5】将二进制数 1101110.111 转换为八进制数。

001, 101, 110.111

1 5 6.7

转换结果： $(1101110.111)_2 = (156.7)_8$