

第一章 计算机基础

1.1 引言

作为人类智慧的补充——电子计算机(俗称电脑),以大容量、高速度帮助人们记忆、搜集、计算、分析。它和人们的社会活动越来越紧密地结合在一起。19世纪蒸汽机的出现把人们从笨重的体力劳动中解放出来,20世纪电子计算机使人们从信息的浩瀚大海中获得自由,使用电子计算机,人们能及时、准确地掌握大自然变化的奥秘。电子计算机正在改变着原来的生产方式,它是我们征服大自然的忠实工具。

在电子计算机出现的初期,人们普遍地把它当作一种高级计算工具,用其代替人工进行繁琐、精密的数字运算。随着电子计算技术的飞速发展,计算机的功能超出了数字计算的范畴。它的记忆和判断能力越来越强,大量应用到工业自动化控制、信息收集和分析处理、图像识别、文字翻译等各方面。在一定范围内电子计算机代替人类的脑力劳动,确实称得上是人脑的延伸。

人类在漫长的生产斗争实践中,创建过无穷无尽的劳动工具:棍棒、石器……现代化机器,但这些工具都还只是人的五官和四肢的延伸,它们仅仅只能改善或替代人类的各种体力劳动。而计算机的出现,就大大改观了人类所创造的劳动工具的局限性,它一问世就显示了能把人们从大量繁重的脑力劳动中解放出来的能力。一些由于人类的时间和精力所限制而无法进行的脑力工作,现在已可以由计算机完成。三十几年来,计算机的应用几乎深入到人类社会的各个领域,愈来愈多地代替了人脑的作用。

正因为电子计算机是模仿人脑部分功能的一种工具,它的结构特点和工作过程也与人脑有着许多相似之处,所以电脑一词得到了普遍的承认,它似乎更好地反映了这一工具的本质特性。

1.2 计算机的发展

今天的计算机,不论是微型机还是巨型机,它们都具有同一个“祖先”,这就是1946年诞生的第一台计算机“埃尼阿克”(ENIAC)。ENIAC用了18000只电子管,机房占地面积140平方米,机器重30吨,功耗100千瓦,价值40万美元。其内存容量17KB,加法速度5000次/秒,乘法速度380次/秒。从现在的眼光看,它的水平不高,又笨又大,但在当时解决了大问题。当时美军用它计算炮弹从发射到进入轨道40个点的位置,只用了3秒钟,而人工计算需7小时。两者相比,效率提高8400倍,显示了计算机的威力。

自第一代计算机问世以来,在40多年的时间内,计算机得到了迅速的发展。如果按所用电子器件来划分,计算机经历了从电子管、晶体管、小规模集成电路到大规模集成电路四代更新,目前正在向第五代计算机进军。

1.2.1 第一代电子计算机

第一代电子计算机,即电子管计算机,于1946年在美国制成,就是“埃尼阿克”(ENIAC)。以后,从1947年至1957年约十年期间,电子管计算机一直成为广泛研制生产和使用的电子计算机,主要用于科学计算。

由于第一代电子计算机使用了大量电子管,使它不但造价高,体积大,耗能多,而且故障率也高,平均稳定运转时间只能达到几个小时。正是它的这些缺点使它很快被第二代电子计算机所淘汰。

我国的电子计算机研制工作是从1956年开始的。当时筹建了国内第一个计算技术方面的科研单位,到1958年制造出我国第一台电子管计算机,其运算速度为每秒两千次。

1.2.2 第二代电子计算机

20世纪50年代的末期,随着半导体材料的发展,人们制造出体积比电子管小得多,耗能也比电子管小得多,而功能完全可以代替电子管的半导体晶体管。于是,全部采用晶体管组装的晶体管电子计算机出现了,这就是第二代电子计算机。

国外第二代电子计算机生存的时间大约是1957年至1964年。我国第一台晶体管计算机于1967年制成,其运算速度已达到每秒五万次。

第二代电子计算机的主要特征是采用晶体管作基本逻辑电路,以磁心存储器作为主存储器,结构上从第一代电子计算机的以中央处理机(CPU)为中心改成以存储器为中心。图1.1给出了这两代电子计算机结构上的差别。

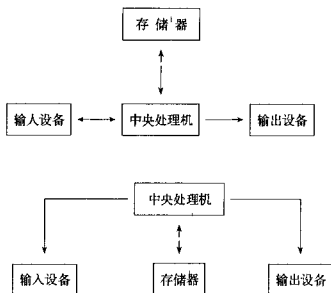


图 1.1 第一、二代电子计算机的结构差别

第二代电子计算机的运算速度已提高到每秒几十万次至上百万次,它的使用范围由科

学计算扩展到数据处理、自动控制、企业管理等方面。

1.2.3 第三代电子计算机

从1965年开始研制的用中小规模集成电路组成的计算机就是第三代电子计算机。与晶体管电路比较,集成电路大大缩小了体积,降低了功耗,因此也就提高了可靠性。

我国的第一台集成电路计算机于1970年研制成功,随后又有了一定的发展,如1971年制成运算速度达到十几万次的TQ-16型集成电路数字计算机;1971年制成DJS-130型多用途集成电路计算机。

1.2.4 第四代电子计算机

由大规模集成电路构成的电子计算机就是第四代电子计算机。

第四代电子计算机的研制开始于70年代初,至今还是兴旺时期。由于大规模集成技术的应用,使这一代计算机比前几代有了更快的发展,其趋势是向两端发展,即出现了运算速度超过亿次的巨型计算机和极其灵活的微处理器为核心组装的微型计算机。在这一代计算机的硬件结构中,磁心存储器基本被淘汰,普遍使用了半导体存储系统。软件系统的飞速发展更是这一代计算机的明显特征。

我国于1975年开始研制大规模集成电路,至今已初具规模。微型计算机在我国的生产量成倍增长,亿次巨型计算机也于1983年研制成功。

图1.2对电子计算机四代不同的主要特征作了总结。

代	工 艺	硬件特点	软件特点	代表性计算机
第一代 (1946—1954)	电子管; 声学存储器; CRT存储器;	定点算术运算	机器语言; 汇编语言;	IAS; UNIVAC
第二代 (1955—1964)	分立晶体管; 铁氧磁芯 磁盘	浮点算术运算; 交址寄存器; IO处理机	高级语言; 子程序库; 批处理管理程序	IBM7094; CDC1604
第三代 (1965—1974)	集成电路 (SSI和MSI)	微程序设计; 流水线; 高速缓冲(cache) 存储器	多道程序设计; 多处理; 操作系统; 虚拟存储器	IBM S/360 DEC PDP-8
第四代 (1975—)	LSI电路 半导体存储器			Amdahl470 Intel 8748

图 1.2 电子计算机发展的里程碑

1.2.5 第五代电子计算机

第五代电子计算机目前还在设想和研制阶段。人们对这一代计算机有如下几种说法:

许多人按照前四代电子计算机的发展规律判断,认为第五代电子计算机将是超大规模集成电路计算机。

也有人认为第五代电子计算机将在结构形式和元器件上有一次较大的飞跃,即出现光计算机等。

近年来,第五代电子计算机又有了一些新的具体设想,更多的认为它将是所谓智能型计算机、超智能型计算机或人工智能模拟等。这种计算机的突出特点将是理解语言、思考问题和逻辑推理功能的加强。当今计算技术发达的美国和近期日本的发展趋势可以代表这一新的设想。

1.3 计算机系统的组成

计算机是一种具有“智能”的计算工具,但这种“智能”是科学工作者赋予的,也就是说,计算机只是模拟了人脑的思维过程,本身并不能主动思维,它的一切活动都是由人事先安排的。例如,在科学和工程中提出一些实际问题需要计算机计算时,一般要经历以下几个步骤:

(1)建立数学模型。由于实际问题不一定都是以数学形式给出的,所以人们必须把它用一个数学公式来描述,这个工作称为建立数学模型。

(2)确定计算方法。为了能在计算机上计算,需要选择某种合适的计算方法,并且能保证精度要求。

(3)编排计算步骤。此即按照数学模型和计算方法进行程序设计,使计算步骤具体化。程序中的每一步骤称为一条指令。指令规定了一种基本的操作(如加、减、乘、除等)以及操作时需要的有关数据。计算机只能忠实地按照程序中每条指令的规定,来完成计算任务或其他各种操作。

(4)把编写好的程序通过输入设备输入到计算机中的一个具有“记忆”功能的装置中存储起来。程序中的每条指令通常是按一定顺序一条条存放的,计算机工作时按顺序依次取出,逐条执行。

(5)在计算机中完成计算任务。在计算机中有一个运算部件,它能完成基本的算术逻辑运算。另外,计算机中还有一个担任指挥的机构,它能控制从存储部件逐条取出指令,并控制计算机中的其他各个部件协调地执行所规定的操作,从而有条不紊地完成程序所要求的各种计算任务和处理工作。

(6)输出运算结果。

在上述过程中,前四步主要是由人直接处理的,后两步是由计算机处理的。由此可见,作为一个计算机系统,它应该包含两大部分:一部分是具有输入、存储、计算、控制和输出功能的计算机物理实体,称之为计算机硬件;另一部分就是程序。我们看到,计算机进行运算,是通过执行程序来完成。没有程序,计算机什么事情都干不了。为了运行、管理和维护计算机所编制的各种程序的总和称为软件。所以一个完整的计算机系统应包括硬件系统和软件系统两部分。我们通常讲到“计算机”一词,都是指含有硬件和软件的计算机系统,这一点也是

计算机与其他设备的一个重要区别。

下面我们分别介绍计算机的硬件系统和软件系统。

1.3.1 硬件系统

计算机硬件系统主要由五个部件组成。如图 1.3 所示。

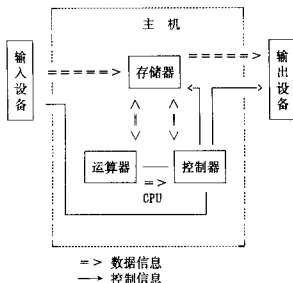


图 1.3 计算机硬件系统

1. 存储器

存储器具有记忆功能,用来存储数据、指令、程序和运算的中间结果。存储器由许多存储单元组成,每一个存储单元可以存入一个信息代码。为了区分不同的存储单元,把全部存储单元按照一定的顺序编号,这个编号就称为存储单元的地址。当计算机要把一个信息代码存入某单元或从某单元取出时,首先要提供该单元的地址,计算机才能按地址找到该单元,然后进行存入或者取出的操作。

存储器的存储作用类似于录音机,它能把记忆的数字信息保存起来,并且在取出信息后原存信息不被破坏;也可以重新记录和保存新的信息,此时原存信息被抹去。

存储器的工作就是在运算之前接收由外界送来的程序和数据;在运算过程中,向控制器和运算器提供指令和数据信息;运算结束后,保存运算结果。

存储器有内存储器(简称内存)和外存储器(简称外存)之分。构成主机的存储器称为内存(又称主存)。内存可以直接与中央处理机交换信息。内存的容量较小(目前微机常用的为 512KB 或 640KB),但存取速度较高。常用的内存有磁心存储器和半导体存储器,微型机中多采用半导体存储器。仅次于主机之外的存储器称外存。外存容量大,但存取速度较慢。外存是内存的扩充,它可以帮助内存“记忆”更多的东西。常用的外存有磁带、磁盘、磁鼓等。

2. 运算器

运算器具有运算的功能,是直接进行运算和数据处理的部件。运算器不仅能实现加、减、

乘、除等基本算术运算,还可以进行基本逻辑运算,实现逻辑判断的比较以及数据的传送、移位等操作。运算器的运算能力并不高超,只能作最基本的简单运算,对于无论多么复杂的问题,都是由这些简单运算一步步组合起来实现的。

运算器在运算过程中,不断地从存储器取得数据,而运算的结果送回存储器保存。在得出结果的同时,运算器还能提供结果的特征状态,诸如检查是否为零,是正数还是负数,有没有产生进行位等,为下一步操作提供逻辑判断的依据。

3. 控制器

控制器是整个机器的控制中心,使计算机具有自我管理的能力。存储器进行信息存储,运算器进行各种运算,信息的输入和输出都是在控制器的统一指挥下进行的。

控制器的指挥工作是通过程序进行的,程序中安排好了计算机工作的顺序,并对可能遇到的各种情况作了相应处理的安排。控制器按程序规定好的次序从存储器中取出指令,并对指令进行分析和解释,按时间顺序发出各种命令信号,控制各部件完成指令所规定的操作。

控制器在工作过程中,还要接受执行部件的反馈信息,例如运算器送来的运算结果、状态特征等。这些反馈信息为控制器判断下一步如何工作提供了依据。

4. 输入设备

输入设备的作用是把程序和数据信息转换成计算机能识别的电信号,并把它们顺序地存放到存储器中。常用的输入设备有键盘、纸带输入机等。

5. 输出设备

输出设备的功能是把计算机的计算结果或中间结果以容易阅读和使用的形式输送给用户,例如打印在纸上或显示在屏幕上。常用的输出设备有行式打印机、CRT 显示器、X-Y 绘图仪等。

输入设备和输出设备实现了人-机之间的信息交往,也是计算机不可缺少的组成部分。通常输入/输出设备简称 I/O 设备。

存储器、运算器和控制器组成计算机的主机,而运算器和控制器合称为中央处理器,简称 CPU (Central Processing Unit)。I/O 设备和外存储器由于被设置在主机外部,所以称为外部设备。外部设备与主机之间的信息交换工作,也是在控制器的统一指挥下进行的。

1.3.2 软件系统

计算机的硬件系统是一个实际的物理装置,其任务是为程序的执行建立物质基础。没有装入程序的物理机器称为“硬核”(或称裸机)。硬核是无法实现计算功能的。因此,程序系统是计算机不可缺少的组成部分。

计算机中的各种程序以及用程序编写的各种文件,统称为软件。软件是程序的集合。根据软件功能的不同可分为系统软件和应用软件两大类。

为了使用和管理计算机,由设计者提供的各种软件统称为系统软件。例如操作系统,各种高级语言处理程序,编译系统和其他服务程序,数据库管理程序等软件,是计算机配置的基本系统软件。这些软件不是用来解决某些具体应用问题的,它利用计算机自身的功能,合理地组织解题流程,管理计算机软硬件各种资源,提供人机之间的接口,从而简化或代替各环节中人所承担的工作,还可以为用户使用计算机提供方便,扩充机器功能,提高工作效率。通常系统软件是作为机器产品与硬件同时提供给用户的。

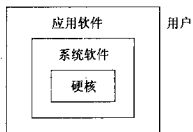
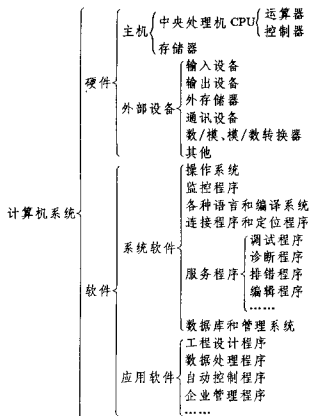


图 1.5 软件与硬件的关系

用户利用计算机及其提供的系统软件，编制出的解决各种实际应用问题的程序，就称为应用软件。对用户来说，一是要有一个能够完成具体要求的机器系统，二是要有一个解决具体问题的应用程序。在有了机器系统之后，主要的问题是如何开发应用程序。目前，应用软件已逐步标准化、模块化、商品化。

总之，计算机的硬件建立了计算机应用的物质基础，而各种软件则扩大了计算机的功能

和应用范围。硬件和软件的结合才是一个完整的计算机系统,如图 1.4 所示。图 1.5 则给与了硬件与软件的关系。

对于一个具体的计算机系统,它所包括的硬件和软件数量各不相同,究竟多少,要根据计算机的规模、应用场合及计算机性能的综合要求来确定。早期计算机硬设备规模大、功能强,后来由于软件技术的发展,有一些硬件功能可由软件实现,这叫“硬件软化”。随着大规模集成电路技术的发展,硬件成本迅速下降,特别是微程序技术的发展,一些软件功能以用硬件实现,即“软件硬化”。因此对计算机系统来说,软件和硬件组成了统一的计算机整体。

1.4 计算机系统的指挥中枢——操作系统

我们已描述过的各种硬件的实际物理操作都要涉及与硬件打交道的许多指令。举例来说,要从软盘驱动器上读一个变量值,就涉及到在磁盘上找出数据的确切的物理单元,传送适量的数据,在传送时检查可能发生的任何错误等等方面的指令。每一个硬件部件都有它自身的这类特性,希望任何一个人来掌握硬件操作的所有方面是不合理的。例如,我们希望只要说“读变量 NAME 的值”然后系统就会自动地检索信息。操作系统是一个程序,编写它的目的是用以完成所有这些麻烦而又复杂的操作。顾名思义,操作系统控制所有硬件的实际物理操作。

为了加强对概念的理解,我们以日常活动为例。假如我们有自己的私人飞机,且需要飞到远处一城市。为了利用飞机(硬件)飞到远处的城市,我们应当知道如何使用系统的各种部件(导航仪器、飞行控制设备等),还应当知道飞机内部操作的详细情况,然而应当承认,这对我们来说是很复杂的任务(也许飞机是大型喷气机)。需要的是让飞机知道我们要它做什么(程序),并且需要让一个复杂的系统来控制整个飞机的所有部件,把我们带到目的地。解决的办法是雇一个飞行员(操作系统),他拿到我们的“程序”(即飞到某地),然后操纵硬件(飞机)以解决我们的问题。正如飞行员使我们方便地利用飞机一样,操作系统可使我们容易地应用计算机系统的硬件。

当我们写程序时,我们将要求操作系统为我们执行许多功能,其中许多要涉及到与操作系统进行直接对话。例如,要操作系统告诉我们软盘上所有的文件名。有时我们只要求操作系统执行一些简单的功能,例如,把一个信息写到输出设备上,这时操作系统会执行这些功能而不需我们特别地请求它来进行直接对话。

1.5 计算机中数的表示及运算方法

在日常生活中最常用的是十进制数,但在计算机中主要采用二进制数字系统,即计算机中处理的所有的数,都要用二进制数来表示,所有的字母、符号也都要用二进制编码来表示。计算机中采用二进制主要是由二进制易于实现的待点来决定的。

1.5.1 各种进位计数制及其表示法

进位计数制就是按进位方法进行计数。逢几进一就是几进制。

1. 十进制

由十个符号来表示数。即 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 十个阿拉伯符号,这些符号叫做数码。每个单独的数码表示 0~9 中的一个数值。但是在一个数中,每个数码表示的数值不仅取决于数码本身,还取决于它所处的位置。如 5508 中最左边的 5 表示五千,第二个 5 表示五百,该数读作五千五百零八,可以写成下列多项式的形式:

$$5 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

上式中的 $10^0, 10^1, 10^2, 10^3$ 分别是个位、十位、百位、千位。这“个、十、百、千、万、……”在数学上叫做“权”。每一位上的数码与该位“权”的乘积表示该位数值的大小,如最左边的 5 代表 5000,是这一位数码 5 与该位的“权”(1000)相乘的结果。

因此对任一十进制数 N , 可以表示为

$$\begin{aligned} N &= \pm [a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} \\ &\quad + \dots + a_{-n} \times 10^{-n}] \\ &= \pm \sum_{i=n-m}^{n-1} a_i \times 10^i \end{aligned}$$

这是一个多项式。式中的 m, n 是幂指数,均为正整数; a_i 称为系数,可以是 0 到 9 十个数码符号中的任一个,由具体的数决定;10 是基数。

我们将上面的公式推广,则得到对于任意进位计数制, N 表示为

$$N = \pm \sum_{i=n-m}^{n-1} a_i \times R^i$$

其中 R 表示基数, m, n 是幂指数,均为正整数; a_i 则为 0,1, ..., $(R-1)$ 中的任一个。

2. 二进制

二进制即逢二进一,它由 0,1 两个数码来表示,对于二进制,数 N 则表示为

$$N = \pm \sum_{i=n-m}^{n-1} a_i \times 2^i$$

其中 2 为基数。

3. 八进制及十六进制

虽然在计算机中使用的是二进制,但为了书写和阅读的方便,常常还采用八进制和十六进制。

八进制即“逢八进一”,数 N 表示为

$$N = \pm \sum_{i=n-m}^{n-1} a_i \times 8^i$$

基数为 8,可用 8 个数码符号。

十六进制即逢“十六进一”,数 N 可以表示为

$$N = \pm \sum_{i=n-m}^{n-1} a_i \times 16^i$$

基数为 16,可用 16 个数码符号。

1.5.2 二进制运算规则

1. 二进制加法规则

$$0+0=0, 0+1=1, 1+0=1, 1+1=10, 1+1+1=11$$

例:1011+1101

加法过程如下:

$$\begin{array}{rcl}
 1011(11) & \text{—— 被加数} \\
 1101(13) & \text{—— 加数} \\
 + 11110 & \text{—— 进位} \\
 \hline
 11000(24) & \text{—— 和}
 \end{array}$$

可见,两个二进制数相加,每一位应考虑有三个数:相加的两个数以及低位的进位,而相加的结果得到本位的和之外,还有向高位的进位。

2. 二进制减法规则

$$0-0=0, 1-1=0, 1-0=1, 0-1=1(\text{有借位})$$

当 $0-1$ 不够减时,向高位借一位(相当于借一个 2),结果是 $2-1=1$,所以作减法时,每位也要考虑三个数参与运算,即被减数、减数和借位。

例: $1101-0110$

减法过程如下:

$$\begin{array}{rcl}
 1100 & \text{—— 借位} \\
 1101(13) & \text{—— 被减数} \\
 - 0110(6) & \text{—— 减数} \\
 \hline
 0111(7) & \text{—— 差}
 \end{array}$$

3. 二进制乘法规则

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

与十进制乘法口诀表相比,显得非常简单,只有当两个 1 相乘时,积才为 1,否则积为 0。

4. 二进制除法规则

$$0 \div 1 = 0, 1 \div 1 = 1$$

1.5.3 各种计数制之间的转换

当两个有理数相等时,其整数部分和小数部分一定分别相等,这是不同计数制之间转换的依据。

1. 十进制转换为其他进制

二进制整数转换为二进制整数:这种转换可以采用连续除 2 记录余数的方法。设 N 为要转换的十进制整数,当它已经转换成 n 位二进制数时,可写出下列等式:

$$N = a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0$$

把等号两边都除以 2,得到商和余数:

$$N/2 = \underbrace{a_{n-1} \times 2^{n-2} + a_{n-2} \times 2^{n-3} + \dots + a_1 \times 2^0}_{\text{商 } Q_1} + \text{余数}(a_0)$$

上式中括号内是商 Q_1 ,余数正是要求的二进制数的最低位 a_0 。然后把商 Q_1 除以 2,得到:

$$Q_1/2 = \underbrace{a_{n-1} \times 2^{n-3} + a_{n-2} \times 2^{n-4} + \dots + a_2 \times 2^0}_{\text{商 } Q_2} + \text{余数}(a_1)$$

这次得到的余数是二进制数的次低位 a_1 。按此步骤,一直进行到 $Q_n=0$ 为止。

例 1 把十进制的 59 转换成二进制数

解:计算步骤如下图形所示:

						商
Q_6	Q_5	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	N
0	1	3	7	14	29	59
	$\div 2 \downarrow$	$\div 2 \downarrow$	$\div 2 \downarrow$	$\div 2 \downarrow$	$\div 2 \downarrow$	$\div 2 \downarrow$
1	1	1	0	1	1	余数
(a_5)	(a_4)	(a_3)	(a_2)	(a_1)	(a_0)	

将上述计算所得的各余数排成 $a_5a_4a_3a_2a_1a_0=111011$,此值即为 59 的二进制表示。

总之,十进制整数转换成二进制整数的过程可归纳如下:将已知的十进制数反复除以 2,若余数为 1,则相应位为 1;余数为 0,相应位为 0,从最低位向高位逐次进行,一直到出现商等于 0 为止。此时所得的 $a_{n-1}a_{n-2}\dots a_1a_0$ 即为所求的二进制数。

将上述方法推广,若要将十进制整数转换成任意进制整数(基数 R),只要将十进制整数反复的除以基数 R ,从最低位向高位逐次得到余数 $a_{n-1}a_{n-2}\dots a_1a_0$,即为所求 R 进制数。

十进制小数转换成二进制小数:这种转换采用连续乘 2 记录其乘积中整数的方法。设 N 是十进制小数,它相应的二进制数共有 m 位,则

$$N = a_{-1} \times 2^{-1} + a_{-2} \times 2^{-2} + \dots + a_{-m} \times 2^{-m}$$

把等号两边都乘以 2,得到整数部分 a_{-1} 和小数部分 F_1 ,即

$$\begin{aligned} 2N &= a_{-1} + (a_{-2} \times 2^{-1} + \dots + a_{-m} \times 2^{-m} + 1) \\ &= a_{-1} + F_1 \end{aligned}$$

a_{-1} 正是所要求的二进制的最高位,然后再把 F_1 乘以 2,得到:

$$\begin{aligned} 2F_1 &= a_{-2} + (a_{-3} \times 2^{-1} + \dots + a_{-m} \times 2^{-m} + 2) \\ &= a_{-2} + F_2 \end{aligned}$$

a_{-2} 正是所要求的二进制的次高位。依次类推,就依次得到 $a_{-1}a_{-2}a_{-3}\dots a_{-m}$ 的值,这就是所求的二进制数。

这种方法称为“乘 2 取整”法。计算步骤可简化成下列图形:

$$\begin{array}{c} \times 2 \\ N \rightarrow \text{小数部分} \\ \downarrow \\ \text{整数} \end{array}$$

综上所述,十进制纯小数转换成二进制小数,可将其反复乘 2,每乘一次 2 后,若乘积的整数部分为 1,则相应位的系数为 1;若积的整数部分为 0,则相应系数也为 0。从最高向最低位逐次进行,最后一次乘积的整数部分即为 a_{-m} ,从而得到二进制小数 $0.a_{-1}a_{-2}a_{-3}\dots a_{-m}$ 。

值得注意的是,在十进制小数转换成二进制小数时,整个计算过程可能无限制地进行下去(即积的小数总数始终不为 0),此时可根据需要取若干位作为近似值,必要时对舍去部分采用类似于十进制四舍五入的零舍一入的规则。

将上述转换方法推广到十进制小数转换成任意进制(基数 R) 小数时,只要采用“乘 R 取整”法即可,其步骤同二进制情况。同样当小数部分始终不为 0 时,可按需要取规定位作近似值,必要时采用对应的舍入规则。

十进制混合小数转换成二进制数:混合小数由整数和纯小数复合而成,转换时将整数部分和纯小数部分分别按上述方法进行转换,然后再将它们组合起来即可。

其他任意进制数转换成十进制数:这种转换方法比较简单,只要将被转换的数按权相加(又称逐位还原),即可实现转换。

例:将二进制数 111011.101 转换成十进制数:

解:

$$\begin{aligned}(111011.101)_2 &= 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 \\ &\quad + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} \\ &= (59.625)_{10}\end{aligned}$$

例:将八进制数 237.41 转换成十进制数

解:

$$\begin{aligned}(237.41)_8 &= 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1} + 1 \times 8^{-2} \\ &= (159.516)_{10}\end{aligned}$$

2. 二进制与八进制之间的转换

三位二进制数恰有八种组合(000,001,...,111)。因此,二进制数转换为八进制数时,可从小数点开始从左和向右分别把整数和小数部分每三位分成一组。最高位和最低位的那二个组如果不足三位,要用 0 补足三位。整数部分最高位的一组把 0 加在左边。小数部分最低位的一组把 0 加在右边。然后用一个等值的八进制数代换每一组的三位二进制数。

特别要注意最右边的一组要用 0 补足三位。否则会发生错误。

如果要把八进制数转换为二进制数,只要用三位二进制数来代替每一位八进制数就可以了。

例:将八进制数 406.274 转换为二进制数

解:所得值结果为

$$100\ 000\ 110.010\ 111\ 100$$

3. 二进制数和十六进制数之间的转换

4 位二进制数能得到 16 种组合。因此 4 位二进制数可直接转换为十六进制数。一个二进制数的整数部分要转换为十六进制数时,可从小数点开始向左按 4 位一组分成若干组,最高位一组不足 4 位时在左边加 0 补齐。二进制数的小数部分可从小数点开始向右按 4 位一组分成若干组,最右一组不足 4 位时在右边加 0 补齐。然后把每一组的 4 位二进制数转换为十六进制数。

把十六进制数转换成二进制数是上述过程的逆过程,只要把十六进制数的每一位转换为对应二进制即可。

表 1.1 列出了常用的二、八、十六进制数的转换。书写时为了区别数制,可在数的右下角注明数制。如 1011_2 , 32_8 , $7B_{16}$ 的下标分别表示二、八、十六进制数。也可在数字后面加字母来区别,如加 B(Binary)表示为二进制数;以字母 O(Octal)表示为八进制数;以字母 D(Decimal)或不加字母表示为十进制数;用字母(Hexadecimal)表示为十六进制数。如 $1011B$ 表示 1011 是

二进制数,127BH 表示是十六进制数。

表 1.1 各种数制对照表

十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
32	100000	40	20
64	1000000	100	40
128	10000000	200	80
255	11111111	377	FF
0.5	0.1	0.4	0.8
0.25	0.01	0.2	0.4
0.125	0.001	0.1	0.2

1.5.4 计算机符号信息的编码

最常见的符号是文字符号。目前,计算机中采用的字符信息编码,国际上比较通用的是美国标准信息交换码,简称 ASCII 码(American National Standard Code for Information Interchange)。通常,ASCII 码是七单位编码,最高位为奇偶校验位。例如,字母 E 的编码为 45H,即(1000101),此值为二进制值。字符代码作为控制字符,各有一定的意义。7 位 ASCII 码是微型机中表示字符的常用码制,如表 1.2 所示(第八位可作奇偶校验位)。

表 1.2 七位 ASCII 码表

低四位 D ₃ D ₂ D ₁ D ₀	高三位 D ₆ D ₅ D ₄							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000(0)	NUL	DLE	SP	0	@	P		p
0001(1)	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010(2)	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011(3)	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100(4)	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101(5)	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110(6)	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111(7)	BEL	ETB		7	G	W	g	w
1000(8)	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001(9)	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010(A)	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011(B)	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100(C)	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101(D)	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110(E)	SO	RS	'	>	N	↑	n	~
1111(F)	SI	US	/	?	O	↓	o	DEL

1.6 微型计算机及其特点

微型计算机属于第四代计算机,它是大规模和超大规模集成电路的产物。自从 1972 年美国 Intel 公司首先研制出 4 位微处理器 4004 和以它为核心组成的微型机 MCS-8 以来,

迄今不过十多年的历史,但其发展却异常迅速,已经右了四代更新,目前正处在第五代发展阶段。

1.6.1 IBM PC 微型机的硬件配置

IBM PC 是一种新型个人计算机,它是由美国 IBM 公司采用计算机系统上的较新技术设计而成的。

IBM 个人计算机最小的硬件配置只需要三个部分,即键盘、显示器和一个安装了系统板(上面有 CPU 和存储器)及一块选件板(显示控制器)的主机箱。这种最小配置仅能使用系统内部固化了的 BASIC 语言,一般适合于教学或开展简单的数据处理和控制方面的应用。为了扩大 IBM PC 的应用范围,它的存储容量和输入输出功能,以至它的运算处理能力等,都需要作进一步的扩充。

内存存储器容量:系统板上可以扩充到 64KB,PC/XT 可以扩充到 256KB,添加存储器选件板之后,还可以进一步扩充。如果把系统中只谈存储器等的容量也计算在内,则系统的最大内存容量可达到 1MB(1 兆字节)。

外存储器:系统可用录音机作为外存储器,但更常用的是在主机箱内安装两台 5 英寸软磁盘驱动器,每台驱动器的存储容量可达 320KB(或 360KB)。PC/XT 则可安装一台温彻斯特硬磁盘机(容量在 10MB 以上)和一台软盘机。如果需要的话,还可以购买扩充机箱再增加两台软盘机。

运算处理能力:系统板上可以增加一个大规模集成电路芯片——协处理器 8087,从而使运算处理的速度提高几十倍。

输入输出设备:单色显示控制器插板上的并行打印机接口,可以连接一台打印机作为硬拷贝输出设备,通常使用的是每秒钟打印 80 个字符的点阵式打印机。为了具有显示彩色图形的功能,可在机箱内增加一块彩色图形选件板和一台彩色监视器。为了具有数据通讯能力,可增加同步或异步通讯控制板。这样,既能实现 PC 与其他计算机的通讯,还可以利用一个或几个标准的串行接口连接其他种类的外部设备,如绘图仪、打印机、图形数字化仪、汉字终端等等。如果需要使用操纵杆(Joystick)或电位控制器(Paddle)进行交互式图形显示和游戏,则可配置游戏控制器选件板。

总之,IBM PC 的硬件配置比较灵活,可以适应许多应用领域的不同要求。图 1.6 是系统配置的一个简单概括。

1.6.2 IBM PC 微型机的软件配置

MS-DOS 是美国 Microsoft 公司为 IBM PC 微机开发的磁盘操作系统,也称为 IBM-DOS 或 PC-DOS。和其他单用户、单作业的微机操作系统一样,MS-DOS 的功能主要地进行文件管理和设备管理。其中文件系统负责建立、删除、读写和检索各类文件,而 I/O 系统则负责驱动外围设备,例如显示器、键盘、磁盘、打印机以及异步通讯器等。

MS-DOS 采用层次模块结构,它由三个层次模块和一个引导程序组成。这三个模块是:输入输出系统、文件系统(IBM DOS.COM)和命令程序(COMMAND.COM)。其中输入输出系统又由驻在 ROM 中的基本输入输出系统 BIOS 和系统盘上的 BIOS 接口模块 IBMI.O.COM 两部分组成。三个模块之间的层次关系如图 1.7 所示。

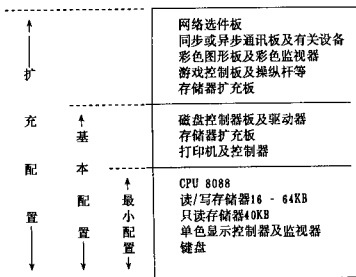


图 1.6 IBM PC 的硬件配置

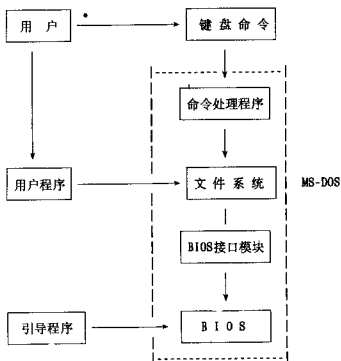


图 1.7 MS-DOS 的层次结构

MS-DOS 是用户与物理机器的接口,用户通过使用键盘命令或用户程序(如汇编语言程

序或高级语言程序)来使用 MS-DOS。

1.6.3 微型计算机的特点

电子计算机是一种运算速度快、计算精度高,同时具有记忆能力和逻辑判别能力的高度自动化的电子设备。如果说望远镜和显微镜的出现补偿了人们眼力的不足,各种工具、机床扩大了人手的功能,交通工具补偿了人腿的功能,那么电子计算机的出现扩大了人们的思维能力。由于微型计算机采用了大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)除了具备计算机的基本功能外,还具有以下特点:

(1)价格便宜。由于国外制造商不断增多,他们之间开展销售竞争,又由于 LSI 电路的工艺技术不断提高以及 LSI 电路的大批量生产,使微机价格不断下降,平均每年降低 20~30%。一片 LSI 电路的售价只有几美元,如 8080 仅几美元,8086 也只有几十美元,不仅企业用得起,家庭也用得起。目前,只需几十到几百美元就能组装一台微型计算机。

(2)由于微型机采用 LSI 和 VLSI 电路,它的体积小,重量轻。芯片尺寸最大不过几百平方毫米,芯片重量只有十几克,一台功能较强的微型计算机完全可以组装在一块印刷电路板上,显然其重量和体积比具有相同功能的小型机要轻巧得多。

(3)简单、灵活、可靠。微型机的结构是积木式的,可根据不同需要组成各种规模的系统且能灵活方便地扩充或缩小。由于微型采用 LSI 和 VLSI 电路,器件集成度不断提高,使印刷板上焊点数和接插件的数目减少,又因 MOS 电路的功耗小,因而使微型机的可靠性大提高。

(4)容易掌握。微型机采用了大规模集成电路甚至超大规模集成电路,打破了过去小型机元件、单元、系统的界限,将许多功能尽量集中在最少数量的芯片上,这就给微型计算机系统的设计、应用带来很大的方便,缩短了研制周期,有利于普及应用。

(5)适应性强。微型机具有很强的适应性,能满足各种应用场合。它可以像一般电子计算机那样,做成通用微型计算机系统,也可以针对某种需要,做成专用微型计算机系统;它可以作为一般电子计算机的 CPU,也可以作为家庭生活设施的控制器等……。

微型机适应性强的原因一方面是它的结构简单灵活,另一方面是它的芯片种类繁多,功能较全,一般均能满足需要。

1.7 微型计算机的应用领域

微型计算机由于具有体积小、重量轻、价格低、功耗小、可靠性高、速度快、功能强、以及通用性和灵活性等特点,故几年来,它的应用范围日益扩大,几乎渗透到各个领域。下面列举一些它的主要应用领域。

(1)家用电器:如电视机、空调设备、自动洗衣机、录音机、冰箱、数字电子钟等。

(2)民用:如汽车、玩具、电子游戏机、缝纫机、照相机、自动售票机等。

(3)事务、商业:如事务计算(事务处理机、数据收集机和传票处理机等)、复印机、商品库存管理、现金出纳机、销售点终端、金融终端(智能 CRT 显示)等。

(4)交通运输:如交通信号控制、运行控制、船用卫星导航、航空自动导航等。

(5)通信:如有线通信、数据通信和无线电通信等。

(6)工业:如生产设备(数控、顺控、机器人、焊接机、搬运机械等)、过程控制(如配料系