

第一部分

基本概念

第 1 章

计算机系统初步知识

- ▶ 计算机基础知识概论
 - 计算机与信息社会
 - 电子计算机的发展
 - 电子计算机的特点
- ▶ 计算机的基本组成
- ▶ 计算机中信息的表示
 - 进位计数制
 - 机器数
- ▶ 计算机的工作过程
- ▶ 计算机系统的组成
- ▶ 计算机系统的软件
 - 系统软件
 - 应用软件

第 2 章

软件开发方法

1.1 引言

电子计算机的出现和发展是当代科学技术的最伟大成就之一。从第一台计算机问世以来,在几十年的时间里,计算机的发展取得了令人瞩目的成就。目前,计算机科学与技术已作为一门学科独立存在,计算机工业已成为改造传统工业、振兴国民经济的重要支柱产业,计算机在科学研究、工农业生产、国防建设以及社会各个领域的广泛应用已成为国家现代化的一个重要标志。

1.2 计算机基础知识概论

1.2.1 计算机与信息社会

在社会文明的发展过程中,人类离不开信息交流,计算机作为信息处理工具,在信息存储、处理、交流传播方面起着重要的作用。人类历史上曾经历了四次信息革命。第一次信息革命是语言的使用,第二次信息革命是文字的使用,第三次信息革命是印刷术的发明,第四次信息革命是电话、广播、电视的使用。从 20 世纪 60 年代开始的第五次信息革命产生的信息技术,则是计算机与通信技术相结合的技术,使人类迈向信息社会。

文化是人类在社会历史发展中所创造的物质财富和精神财富的总和。可以认为,文化离不开语言,所以当技术触动了语言,也就动摇了文化本身。计算机技术已经创造并且还在继续创造出不同于传统自然语言的计算机语言。计算机语言已从简单的应用发展到多种复杂的对话,并逐步发展到能像自然语言一样地表达和传递信息。可以说,计算机技术引起了语言的重构。同时,一个社会的文化模式是以它的记忆为基础的。数据库的诞生使知识和信息的存储,在数量上与性质上都发生了巨大的变化,人类获得知识的方式也随之而发生了变化。文字的出现曾改变了人类历史的进程和文明的面貌,而数据库的出现则从根本上改变了静态的信息存储方式和局部的信息交换方式,引发了人类社会记忆系统的更新。

计算机技术使语言、知识及它们间的相互交流发生了根本性的变化,从而引起了思维概念和推理的改变。在 1981 年召开的第三次世界计算机教育会议上,第一次提出了计算机文化(Computer Literacy)的术语。为了区别传统的人类文化,把人类具备的对自然语言的阅读和写作能力称为“第一文化”,把人类具备的使用计算机语言的阅读和编程能力称为“第二文化”,即“计算机文化”。可见,在当今社会,掌握计算机知识、提高应用计算机的能力应当成为对人才素质的最基本要求。

计算机在信息社会中具有如此重要的地位,那么,什么是计算机?简单地说,计算机是一种在事先存入的程序的 control 下,能够接收数据、存储数据、处理数据、提供处理结果的电子设备。图 1.1 给出了计算机工作流程的简图,包括输入、处理、输出、存储四个步骤。

图 1.1 中,输入计算机的数据通常是指未经处理的原始数字、符号、图像或声音。经输入设备转换为二进制形式的数据在计算机中事先存入的程序的 control 下,按预定方式被加工成有意义或有用的形式。通常把经计算机处理形成的有用数据称为信息。信息可以按用户要求的方式存储,或在输出设备中转换成用户可识别的形式,如打印成报表或图表,或在屏幕上显示等。从广义上说,在信息社会中,计算机是一种能以高速、精确、可靠的方式进行信息处理的工具。计算机技术对信息的产生、收集、处理、存储和传播将发挥越来越重要的作用,

计算机作为一种崭新的生产力将推动信息社会更快地向前发展。

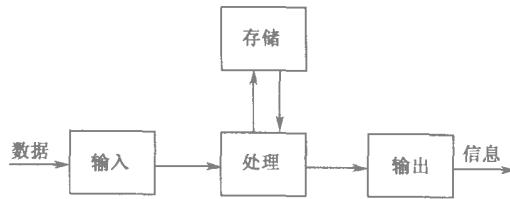


图 1.1 计算机工作流程

1.2.2 电子计算机的发展

1946 年，美国宾夕法尼亚大学制造了世界上第一台电子数字计算机，取名为 ENIAC (Electronic Numerical Intergrator and Calculator)，即电子数字积分计算机。制造 ENIAC 的电子元件是电子管和继电器，全机共使用了 18 000 多个电子管，重量达 30 吨，占地 167 平方米，耗电 150 千瓦。为了散热专门配备了一台 30 吨重的附加冷却器。

与现代电子计算机相比，尽管 ENIAC 有许多不足之处，但 ENIAC 的诞生标志着人类在长期的生产和劳动中创造和使用的各种计算工具，如算盘、计算尺、手摇计算机、机械计算机及电动齿轮计算机等，随着世界闻名的进步飞跃到一个崭新的阶段。继 ENIAC 之后，随着科学技术的发展和计算机应用范围的扩大，计算机也在不断地更新换代。到目前为止，计算机的发展已经历了四代，正向第五代过渡。

1. 第一代电子计算机（1946 年~1957 年）

这个期间的电子计算机以电子管作为基本电子元件，称为“电子管时代”。主存储器使用延迟线或磁鼓，使用机器语言，主要用于数值计算。

由于采用电子管，计算机不仅体积大、耗电多、价格贵，而且运行速度和可靠性都不高，计算机的应用受到很大限制。

2. 第二代电子计算机（1958 年~1964 年）

第二代电子计算机以晶体管作为基本电子元件，称为“晶体管时代”。主存储器以磁芯存储器为主，辅助存储器开始使用磁盘。软件开始使用高级程序设计语言和操作系统。计算机的应用得到扩展，除科学计算外，已开始用于数据处理和过程控制。

3. 第三代电子计算机（1965 年~1970 年）

第三代电子计算机以集成电路作为基本电子元件，称为“集成电路时代”。主存储器开始使用体积更小、更可靠的半导体存储器。由于集成电路是通过半导体集成技术将大量的分离电子元件集中做在只有几平方毫米大的一块硅片上，从而使计算机的体积和耗电进一步减小，可靠性和运算速度进一步提高。电子计算机在科学计算、数据处理和过程控制方面得到更加广泛的应用。

4. 第四代电子计算机（1970 年以后）

第四代电子计算机以大规模集成电路作为基本电子元件，称为“大规模集成电路时代”。大规模集成电路的出现，不仅大大提高了硅片上电子元件的集成度，而且可以把电子计算机

的运算器、控制器等核心部件制作在一块集成电路块上。这就使得计算机朝巨型化和微型化发展成为可能，而微型计算机的出现使得计算机更加普及，深入到社会生活的各个方面，同时为计算机的网络化创造了条件。微型计算机的出现和迅猛发展是计算机发展史上的一个重大事件。

5. 第五代计算机

从 20 世纪 80 年代开始，人们开始了第五代计算机的研制工作。新一代计算机使用超大规模集成电路作为基本电子元件，它与前四代计算机的本质区别是：计算机的主要功能将从信息处理上升为知识处理，使计算机具有人的某些智能，所以又把第五代计算机称为人工智能计算机。通常认为，第五代计算机将采用多媒体技术把声音、图形、图像和计算机系统以及通讯系统集成成为一个整体，使计算机具有像人一样的听、说、读、写、和思考等功能，甚至具有某些“情感”。对第五代计算机来说，人们只需告诉它要“做什么”，而不必告诉它“怎么做”

尽管第五代计算机的研制工作还存在许多技术难题，但现有的成果已经预示着人类的这一目标在不久将来一定能实现。

1.2.3 电子计算机的特点

为什么电子计算机自出现以来会发展如此迅速？为什么电子计算机能在社会各个领域得到如此广泛的应用？这与电子计算机所具有的特点是分不开的。

1. 运算速度快

用电子线路组成的计算机采用高速电子器件，能以极高的速度工作，这是计算机最显著的特点之一。电子计算机的运算速度已从每秒几千次发展到每秒几千亿次。过去靠人工计算需要几年或几十年才能解决的复杂的科学计算，现在只需几天，甚至几秒钟就能完成。例如，外国的一位数学家花了 15 年时间把圆周率 π 的值算到了小数点后 707 位，而使用现代电子计算机几分钟就能完成。因为运算速度快，电子计算机不仅极大地提高了人们的工作效率，而且使许多复杂的科学计算问题得以解决。

2. 计算精度高

科学技术的发展，特别是一些尖端科学技术的发展，要求具有非常精确的计算结果。只要电子计算机用以表示数值的位数足够多，就能提高运算精度。一般的计算工具只有几位有效数字，而电子计算机的有效数字可达十几位、几十位、甚至上百位，这样就能精确地进行数据的计算和表示数据的计算结果。

3. 存储功能强

电子计算机具有存储“信息”的设备，可以存储大量的数据，需要时又能准确无误地取出。随着存储容量的增大，电子计算机使用磁盘等外部存储装置，一般可以存储几十兆、甚至几百千兆的数据。电子计算机的这种存储信息的“记忆”能力，使它能成为信息处理的有力工具。

4. 具有逻辑判断能力

电子计算机可以进行算术运算，又可以进行逻辑运算，可以对文字、符号进行判断和

比较，进行逻辑推理和证明，这是其他计算工具无法相比的。

5. 具有自动运行能力

电子计算机不仅能存储数据，还能存储程序。由于计算机内部操作运算是根据人们事先编制的程序（解题方法和步骤）自动进行的，如果程序没有交互过程，就不需要人工操作和干预。这是计算机与其他计算工具最本质的区别。

应该说，以上五方面的特点，是促使电子计算机迅速发展并获得极为广泛应用的根本原因所在。

1.3 计算机的基本组成

计算机并不神秘，从根本上说，它只是供人们使用的一种工具，它的计算过程与人们利用算盘计算类似。用算盘计算，算盘就是一个“运算器”。人脑和手是用来指挥和操作算盘完成计算的，这是“控制器”。需要计算的题目、解题步骤、原始数据和所得计算结果，往往记在一张纸上，这张纸就是一个存放信息的“存储器”。

计算机和算盘计算一样，只是由机器代替人，计算机是由运算器、控制器和存储器组成的，为了实现信息的输入和输出，计算机通常还包括有输入输出设备。图 1.2 以框图的形式表明一台计算机的基本硬件组成。方框之间用箭头表示各部件之间的信息传送与传送方向。双线表示数据信息，单线表示控制信息。不管是数据还是控制命令，它们都是用 0 和 1 表示的一进制信息。

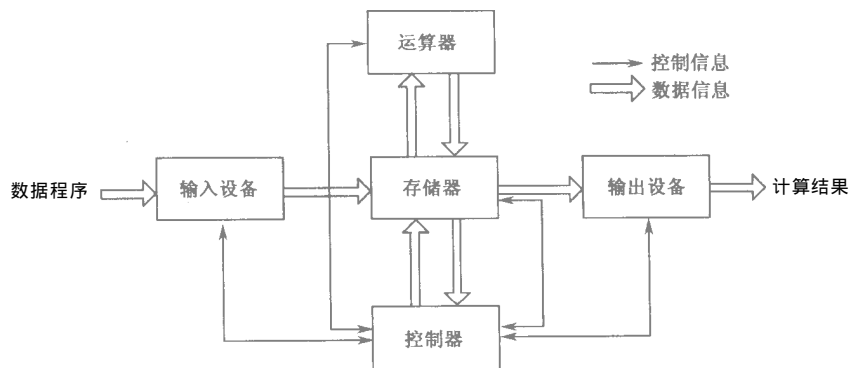


图 1.2 计算机的组成框图

下面简要介绍这五种部件的基本功能。

1. 存储器

存储器是计算机存取数据的部件。计算机可根据需要随时向存储器存取数据。

向存储器存储数据，称为写入；从存储器取出数据，称为读出。存储器中存放二进制数的单元称为存储单元。通常每个单元可以包括 8 位、16 位或 32 位二进制数。为了使计算机能识别这些单元，每个存储单元有一个编号，被称为地址。信息存储在存储单元中，计算机是根据地址来访问存储器的。这与旅馆中的房间和房号相对应是类似的。存储单元的内容可以多次读出，而数据的写入则是以新代旧的方式（覆盖）。这与收录机磁带类似，声音可

以播放多次，录入新内容则会自动覆盖原有信息。

主存储器是放在主机内的半导体存储器，CPU 可直接存取，读写速度快，但由于价格昂贵以及机器结构的限制，容量不能太大，因此存放的信息有限。这就需要使用价格较便宜的外存储器（又称为辅助存储器），以增加存储信息的容量。通常使用的外存储器有磁盘、光盘和磁带，它们作为外部设备与主机相接。外存储器的功能是用于存放 CPU 当前暂时不用的信息。当需要使用外存中的信息时，CPU 只有将需要的信息传送到主存储器内，才能被直接使用。

2. 运算器

运算器在控制器的控制下完成加减乘除运算、逻辑运算及其他运算。在运算过程中，运算器不断从存储器获取数据，并把求得的结果送回存储器。运算器的技术性能直接影响着计算机的运算速度和整机性能。

3. 控制器

控制器是计算机的控制指挥部件，也是全机的控制指挥中心，其主要功能是通过向计算机的各个部分发出控制信号，使整个机器自动、协调地进行工作，如控制存储器和运算器之间进行信息交换、控制运算器进行运算、控制输入输出设备的工作等。

4. 输入设备

输入设备是给计算机输入信息的设备。输入信息通过输入设备转换成计算机能识别的二进制代码，送入存储器保存。常用的输入设备有键盘、鼠标、光笔和触摸屏等。

5. 输出设备

输出设备是输出计算结果的设备。数字运算和信息处理结果均通过输出设备传送出去。输出设备有显示器、打印机、绘图机等。

通常把运算器和控制器合称为中央处理器（Central Processing Unit, CPU）。运算器、控制器和存储器是计算机的主要组成部分，称为主机。输入设备和输出设备统称为计算机的外部设备。

1.4 计算机中信息的表示

计算机是对信息（通常包括数字、字符、图像、声音，本书只讨论数字和字符信息）进行处理的机器。由于在计算机内部采用二进制数系统，所以无论何种类型的信息都必须以二进制数的形式在机器中进行处理。要了解计算机如何进行工作就必须了解二进制，以及二进制与其他数制之间的关系。

1.4.1 进位计数制

在日常生活和工作中，人们计数时使用不同的记写和命名数字的方法构成各种计数制。每一种计数制都使用一组特定的数字符号，通常把这些符号按序排列，由低到高进位以表示一个数，这种计数方法称为进位计数制。人们最习惯最常用的是十进制。在计算机科学中除十进制外，常用二进制、八进制、十六进制。

1. 十进制数

十进制计数方法为“逢十进一”，一个十进制数是由 0~9 十个不同的数字组成的，数字在数中所处的位置不同，它所代表的数的大小也不同。因此任何一个十进制数都可以表示为数字与 10 的幂次乘积之和。例如，5296.45 可表示为

$$5296.45=5\times 10^3+2\times 10^2+9\times 10^1+6\times 10^0+4\times 10^{-1}+5\times 10^{-2}$$

在进位计数制中，把各位数字为 1 时所代表的数值称为“位权”，把使用的不同数字符号的个数称为“基数”。显然在十进制计数制中，基数为 10，个、十、百、千位……的位权为 $10^0, 10^1, 10^2, 10^3, \dots$ 小数以后则为 $10^{-1}, 10^{-2}, \dots$ 因此，从位权的角度看，任意一个十进制数可以展开成数字与其位权乘积的多项式之和来表示。

上面的例子实际上就是按位权多项式展开的。

2. 二进制数

基数为 10 的计数制称为十进制。同理，基数为 2 的计数制称为二进制，它只使用两个不同的数字符号：0 和 1，并且“逢二进一”。任何一个二进制数，同样可以用多项式之和来表示。例如，

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

二进制整数部分的位权从最低位开始依次是 $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4, \dots$ 小数部分的位权从最高位开始依次是 $2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}, \dots$ 其位权与十进制数值的对应关系如下：

...	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	...
...	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	...

3. 八进制数和十六进制数

在计算机技术中，为了便于记忆和应用，除了二进制外，还使用八进制数和十六进制数。

基数为 8 的计数制称为八进制，使用 8 个数字符号 0~7，并且“逢八进一”，位权是 8 的各次幂。八进制数 3626.71 可表示为：

$$3626.71=3\times 8^3+6\times 8^2+2\times 8^1+6\times 8^0+7\times 8^{-1}+1\times 8^{-2}$$

基数为 16 的计数制称为十六进制。使用 16 个数字符号 0~9 以及 A、B、C、D、E、F。其中，A~F 表示的十进制数值为 10~15。位权是 16 的各次幂。十六进制数 1B6D.4A 可表示为：

$$1B6D.4A=1\times 16^3+B\times 16^2+6\times 16^1+D\times 16^0+4\times 16^{-1}+A\times 16^{-2}$$

推而广之，对于任意进位的计数制，基数用正整数 J 来表示，正数 N 可以表示为

$$N=N_{n-1}J^{n-1}+N_{n-2}J^{n-2}+\dots+N_1J^1+N_0J^0+\dots+N_{-m}J^{-m}$$

此式中， m 和 n 为正整数， N_i 是 0, 1, ..., J-1 中的任意一个。

下面列出了计算机中常用的几种进位制数的对应关系：

十进制	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
二进制	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
八进制	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17
十六进制	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

1.4.2 计算机采用二进制的原因

前面我们已经介绍了常用的各种计数制，为什么计算机内采用二进制，而不采用我们熟悉的十进制呢？其主要原因如下：

(1) 二进制只使用数字符号 0 和 1，可用自然界存在的两种对立的物理状态表示。例如，晶体管导通为“1”，截止为“0”；高电压为“1”，低电压为“0”；灯亮为“1”，不亮为“0”；磁性器件磁化在一个方向为“1”，另一个方向为“0”等。计算机采用具有两种不同稳定状态的电子或磁性器件表示“0”和“1”。由于二进制状态简单，比十进制容易实现，数据传输不易出错，因此工作可靠。

(2) 二进制的运算比十进制数简单。二进制两个整数的“和”与“积”的运算规则只有三条：

加法	$0+0=0$	乘法	$0*0=0$
	$0+1=1$		$0*1=1*0=0$
	$1+1=10$		$1*1=1$

这种运算规则大大简化了计算机中实现运算的线路。实际上在计算机中减法、乘法及除法运算都可分解为加法这种最基本的运算完成。

(3) 采用二进制可以进行逻辑运算，使逻辑代数和逻辑电路成为计算机电路设计的数学基础。

1.4.3 不同计数制之间的转换

虽然，计算机中用二进制表示数比较理想，但用二进制表示的数，数字位数较长，给读写带来不方便，为此，常采用八进制和十六进制作为二进制的缩写。但人们习惯于十进制数，因此要用计算机处理十进制数，须先将它转换为等值的二进制数才行。输出时再将二进制数转换为十进制数。这就需要在不同计数制之间进行转换。这种转换在高级语言程序设计中是由计算机自动完成的。

1. 十进制数与二进制数的转换

十进制整数转换为二进制数，通常采用“除 2 取余法”即将十进制整数反复除 2，直至商为 0，然后将每次相除所得之余数依次排列，第一个余数为最低位，从而得到该十进制数的二进制表示形式。

下面的例子把十进制数 157 转换为二进制数。

除数	十进制数	余数	位数
2	157	1	$a_0=1$
2	78	0	$a_1=0$
2	39	1	$a_2=1$
2	19	1	$a_3=1$
2	9	1	$a_4=1$
2	4	0	$a_5=0$
2	2	0	$a_6=0$
2	1	1	$a_7=1$

所以, $(157)_{10}=(a_7a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0)_2=(10011101)_2$

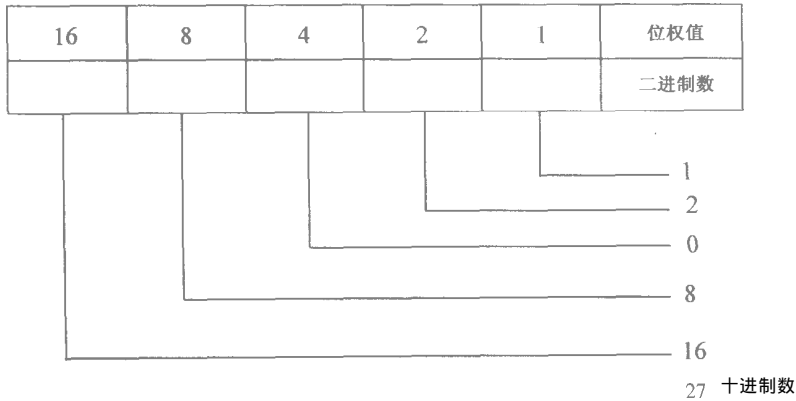
二进制整数转换为十进制数,是将二进制整数展开为位权多项式之和。例如,二进制数 1010111 转换成十进制数的方法如下:

$$(1010111)_2=1\times 2^6+1\times 2^4+1\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0=(87)_{10}$$

必须指出:将二进制数转换成十进制数时,熟记各位位权的十进数值,可以大大简化转换过程。

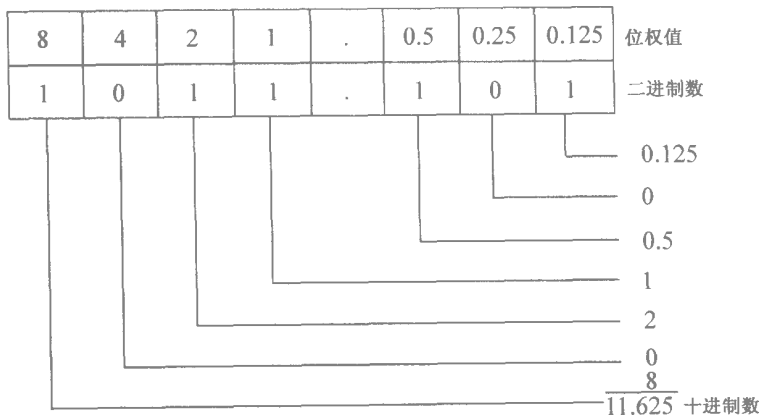
下面的方法特别适用于位数不多的二进制数。

例如,求 $(11011)_2=(?)_{10}$ 。



由此得, $(11011)_2=(27)_{10}$ 。

例如,求 $(1011.101)_2=(?)_{10}$ 。



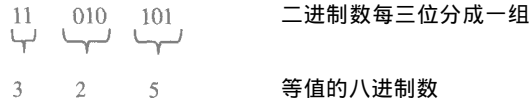
由此得, $(1011.101)_2=(11.625)_{10}$ 。

十进制整数与八进制数、十六进制数之间的转换方法相仿,但其基数分别为 8 和 16。十进制整数转换方式则改为“除 8 取余”和“除 16 取余”这里不再赘述。

2. 二进制整数与八进制数、十六进制数之间的转换

一个八进制数可由三位二进制数表示,要把二进制整数转换为八进制数,只需从它的最低位开始每三位为一组转换成八进制数便得到等值的八进制数。例如把二进制整数

1101001 转换成八进制数的方法如下：



由此得， $(11010101)_2 = (325)_8$ 。

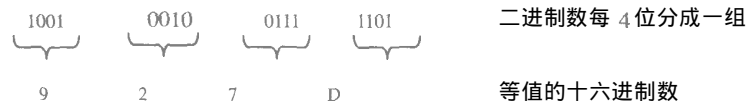
由八进制整数转换为二进制数则是相反的操作，每位八进制数用三位二进制数表示，然后从左向右连续写出来即成。例如，把八进制数 547 转换为二进制数的过程是：



由此得， $(547)_8 = (101100111)_2$ 。

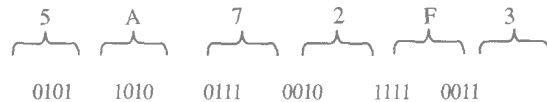
同理，十六进制数与二进制数之间的转换关系是，每位十六进制数等于 4 位二进制数。

例如，二进制数 1001001001111101 转换为十六进制数的方法如下：



于是， $(1001001001111101)_2 = (927D)_{16}$ 。

把十六进制整数 5A72F3 转换成二进制数的方法如下：



由此得， $(5A72F)_{16} = (1011010011100101110011)_2$ 。

为了区分用不同数制表示的数，在书写时通常用字母 B 表示二进制数 (Binary number)，用字母 O 表示八进制数 (Octal number)，用字母 D 表示十进制数 (Decimal number)，用字母 H 表示十六进制数 (Hexadecimal number)。例如， $(10011101)_2$ 表示为 10011101B， $(325)_8$ 表示为 325O， $(157)_{10}$ 表示为 157D， $(927A)_{16}$ 表示为 927AH。

1.4.4 信息单位及机器数

如前所述，在计算机中采用具有两种稳定状态的电子器件表示“0”和“1”，每个电子器件就代表了二进制数中的一位。因此，位 (bit) 是计算机中的最小信息单位。若干个电子器件的组合能同时存放若干位二进制数。通常将八个二进制位称为一个字节 (byte)，字节是信息的基本单位。一个字节可以表示 $2^8 = 256$ 种状态，它可以存放一个无符号的整数 (0~255)，或一个字符的编码。计算机中常以字节为单位表示文件或数据的长度及容量的大小。例如，内存容量为 128K 字节 (1K=1024)，是指该计算机的内存可以存储 131072 个八位一组的二进制代码。

二进制数在计算机中的表示形式称为机器数。由于计算机存放一个参与运算的机器数所使用的电子器件的基本位数是固定的，通常把具有固定位数的这种二进制串称为字。而把字所包含的二进制数位数称为字长。通常所说多少位的计算机，就是指一个字长有多少位。例如，8 位机的字长为 8，能表示 2^8 个不同的信息，16 位机的字长为 16 位，能表示 2^{16} 个不同的信息，32 位机的字长为 32 位，能表示 2^{32} 个不同的信息。一般来说，计算机的字长越

长，性能也越高。大型机的字长高于 128 位。

机器数具有的重要特点如下。

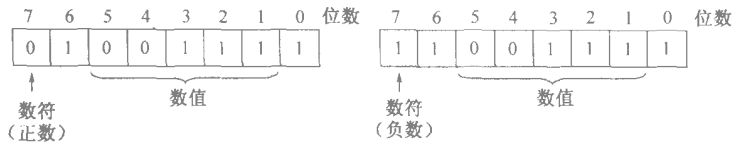
(1) 机器数的位数固定，能表示的数值范围受到位数限制。例如，字长为 8 位的计算机，能表示的无符号整数的范围为 $0 \sim 255 (2^8 - 1)$ ，字长为 16 位的计算机能表示无符号整数的范围为 $0 \sim 65535 (2^{16} - 1)$ 。由于字长的限制，如果计算机运算的结果超过了机器数能表示的范围，就会产生“溢出”，计算机便停止运行，进行溢出处理。

(2) 机器数的正、负用“0”和“1”表示。前述的二进制数没有考虑符号问题，所以是无符号的数。在实际应用中，数总是有正负的，在计算机中通常是把最高位作为符号位，其余作为数值位，并规定 0 表示正数，1 表示负数。因此，机器数是连同数据符号一起数字化了的数据，于是 $+79$ 和 -79 可分别表示为：

$$(+79)_{10} = (01001111)_2$$

$$(-79)_{10} = (11001111)_2$$

如下所示：



(3) 机器数有定点和浮点两种表示法。在定点表示中，一个数的小数点位置是固定的，通常是把小数点隐含地固定在符号位和数值位之间成为纯小数（如上图中的第 6 和第 7 位之间），或者把小数点隐含地固定在数值位之后成为纯整数（如第 0 位之后）。为了简化运算过程，参加运算的任何带有小数的机器数都可以乘以一个比例因子，把该数规范化为纯小数或纯整数再运算，运算后再使用规范化时使用的比例因子，将运算结果还原为实际的数值。

计算机系统中一般都用定点数表示带符号的整数。

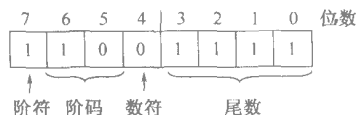
在浮点表示中，小数点位置是不固定的（或浮动的）。机器数由两部分组成：一部分表示数的阶码（即 2 的指数），另一部分表示尾数。阶码中符号的正负表示将尾数扩大还是缩小，尾数中符号的正负表示整个数的正负。机器数表示的数的实际值是尾数与 2 的阶码次方的乘积。假设，在字长为 8 位的机器数中，用 3 位表示阶码（包括 1 位阶码符号）用 5 位表示尾数（包括 1 位数值符号），则数值 $(101)_2$ 可表示为指数形式

$$(101)_2 = 2^{(10)_2} \times (1.01)_2$$

或

$$(101)_2 = 2^{(11)_2} \times (0.101)_2$$

第二种方式把尾数表示为纯小数，使小数点的位置在数符和尾数之间，通常把这种形式称为规范化的表示，如下所示。



浮点数的尾数表示的是数的有效值，其二进制位越多，所表示的数越精确；阶码表示的是数的值域，其二进制位越多表示数的值域越大。分配给阶码和尾数的二进制位数不同，

所能表示的数的有效值和值域就不同。因此，采用浮点方式比定点方式表示数更为灵活。浮点数特别适于在计算机中表示很大和很小的数。

计算机系统一般都用浮点数表示带符号的实数。

1.4.5 字符的表示

为了符合人们的习惯，使用计算机时能用十进制数及常用的字母、字符完成信息的输入和输出，在机器内又能以二进制数进行处理，因此信息必须用二进制编码。所谓编码，是用一串二进制数码代表一位十进制数字或一个字符。编码工作由计算机在输入、输出时自动进行。现在国际上广泛采用美国标准信息代码（American Standard Code for Information Interchange, ASCII）表示字符。ASCII 码基本字符集包括了 128 个字符，其中包括数字（0~9）、英文大小写字母、算式中常用的符号以及控制字符等，每个字符用一个字节表示。由于 ASCII 码的最高位为 0，因此 128 个字符的编码范围为 00000000~01111111，即十进制的 0~127 字符的二进制编码表如附录 C 所示。从表中可看出，从 A~Z 的 26 个大写字母，是用 01000001~01011010（十进制的 65~90）的 26 个连续代码来表示的；而 0~9 的数字，则用 00110000~00111001（十进制的 48~57）的 10 个连续代码来表示；从 NUL~US 的控制字符，用 00000000~00011111（十进制的 0~31）的 32 个连续代码来表示。控制字符（包括删除字符 DEL）是非显示和非打印字符，其他为可显示、可打印字符。

这些字符通常是用计算机的键盘输入的。键盘上的每个字符都由其 ASCII 码代表，通过这些字符的不同组合，就可以实现对各种信息的表示、传递和处理。由此可见，编码的作用就是把要计算机处理的数据（数值或字符）转换成二进制数字串，以便在机器中存储和处理；输出时再通过机器转换成对应的符号。

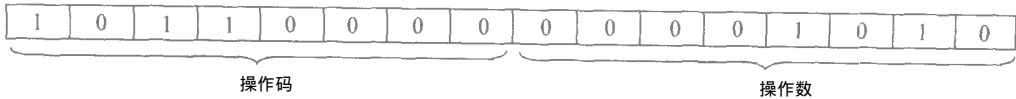
例如，从键盘上输入“CHINA”的字串，传送进计算机的则是 01000011, 01001000, 01001001, 01001110 和 01000001 这五个二进制数字串。反之，存储器内存储的二进制数字串 01010111, 01010000, 01010011 在显示器或打印机输出时，可转换成“WPS”字符串。

必须指出的是，由 7 位编码构成的 ASCII 码基本字符集能表示的字符只有 128 个，不能满足信息处理的需要，近年来 ASCII 码字符集进行了扩充：采用 8 个二进制位数表示一个字符，编码范围为 00000000~11111111，一共可表示 256 种字符和图形符号，称为扩充的 ASCII 码字符集。但通常使用的仍是基本 ASCII 码字符集。

1.5 计算机的工作过程

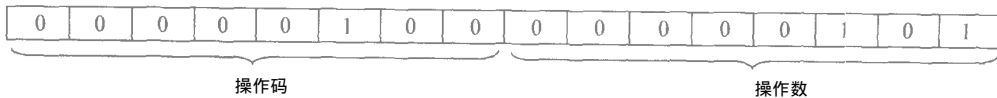
计算机是由电子线路构成的机器，它是靠执行指令来工作的。指令是一组二进制代码，是计算机能够直接执行的基本操作。一条指令相当于人对计算机发出的一道工作命令，指令通常包含操作码和操作数两个部分：操作码告诉计算机要进行什么操作，操作数表示参加操作的数或操作数所在地址。每种机器都有自己的一套指令系统，它为用户提供了该计算机能够直接执行的全部基本操作，如数据传送、算术运算和逻辑运算、输入输出、控制管理等。不同机器的指令系统所具有的指令种类和数目不完全相同。现代计算机的指令系统包括的指令通常有几十条至几百条。

例如，在某种型号的计算机中，指令用 2 个字节表示，第 1 个字节表示操作码，第 2 个字节表示操作数。执行一条传送指令的格式如下：



该指令执行的操作是：把操作数 1010（十进制 10）传送（10110000 表示传送操作）到累加器 AL 中。

执行一条加法指令的格式如下：



该指令执行的操作是，把操作数 101（十进制 5）与累加器 AL 中的数（十进制 10）相加（00000100 表示加法操作）结果 00001111（十进制 15）存放在累加器 AL 中。

可见，使用上面两条指令完成了算式 $10+5$ 的操作。必须指出，有的机器指令系统中的指令可以包含两个操作数，显然使用双操作数指令系统可以使运算更方便。

任何复杂的任务，在计算机中都是被分解为一系列的基本操作（指令）来完成的。例如，使用计算机计算一个复杂的题目，通常应首先确定解题的算法，编制运算步骤，然后从指令系统中选取能实现其操作的指令，组成程序。可见程序是为完成某个特定任务的一系列指令的集合；按一定的要求和规定安排这一系列指令叫做编程。

要在计算机中执行程序，必须从其指令系统中选取实现程序基本操作的指令，并表示成机器能够执行的二进制编码形式。由于不同种类计算机的指令系统不同，所以执行同一操作的指令的格式及使用的操作码也不一定相同。显然，使用某种机器指令系统编写的程序不一定能在其他机器指令系统中运行。

编写好的程序可以通过输入设备（如键盘）送入计算机存储器，指令和数据以二进制形式存放在相应的存储单元中。由于存储器能按地址访问，因此计算机开始执行程序后，控制器从存放指令的地址中依次取出指令，分析出要求计算机做什么操作，数据存放在哪个单元中。然后按指定的地址取出操作数送到运算器中，执行控制器发出的操作指令，进行运算处理，并将运算的结果送回存储器。执行完一条指令后再取出下一条指令。实际上，计算机就是这样连续不断地重复执行上述取指令、解释指令和执行指令的过程，直到程序执行完毕才停止。整个过程不需要人工干预，完全由计算机自动完成。指令执行过程如图 1.3 所示。

上面的工作过程是一种“存储程序”的工作原理。基本点有三个：事先编制程序，存储程序和自动连续执行程序。根据这个原理，计算机解题过程就是不断调用存储在计算机里的指令和数据，执行一系列的基本操作的过程，只要提前存入不同的程序，机器就可以实现不同的任务。

计算机的结构由五个基本部分组成和采

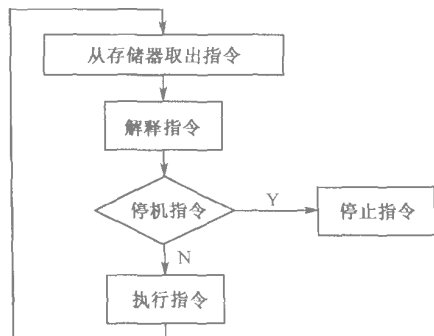


图 1.3 指令执行过程简图

用“存储程序”工作方式是由数学家冯·诺依曼在总结前人经验的基础上提出的。迄今为止，无论计算机怎样更新换代，绝大多数实际应用的计算机都属于冯·诺依曼体制的范畴，又称为诺依曼机。

1.6 计算机系统的组成

计算机系统由硬件和软件两大部分组成，如图 1.4 所示。硬件就是构成计算机的五大部件，即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备，是可以触摸到、看到的物理设备。

而软件是指计算机所使用的各种程序的集合及程序运行时所需要的数据。通常把与这些程序和数据有关的文字说明和图表资料文档也称为软件。软件是一些触摸不到的代码信息。硬件和软件是相辅相成、缺一不可的，硬件是软件工作的基础，但硬件本身只是一台裸机，没有相应的软件就无法工作。



图 1.4 计算机系统的组成

1.7 计算机系统的软件

计算机系统的软件是计算机系统中不可缺少的重要组成部分。软件分为系统软件和应用软件两大类。硬件、软件和用户之间的关系如图 1.5 所示。

系统软件是指一组管理计算机本身，提高机器使用效率，便于用户使用计算机的程序的集合，一般是由厂家提供的。系统软件主要包括操作系统、语言处理程序和各種服务程序。

操作系统是最底层的系统软件，它是其他系统软件和应用软件能够在计算机上运行的基础。

操作系统是用于统一管理和控制计算机系统硬件和软件资源，合理地组织计算机的工作流程，协调计算机系统的各部分之间、系统与用户之间关系的一种系统软件。它是由许多功能模块组成的一组程序，其基本功能如下：

- 有效地管理计算机系统的软件和硬件资源，实现计算机自己管理自己，如处理机管理、内存管理、设备管理、文件管理和作业管理等。
- 为用户创造良好的工作环境和和使用条件，使之能灵活方便、安全可靠地在计算机上解决用户的问题，即是使用操作系统提供的面向用户的命令和图形界面。

程序设计语言是指用来编制和设计程序所使用的计算机语言，是人和计算机之间交换信息所用的一种工具，通常分为机器语言、汇编语言和高级语言。

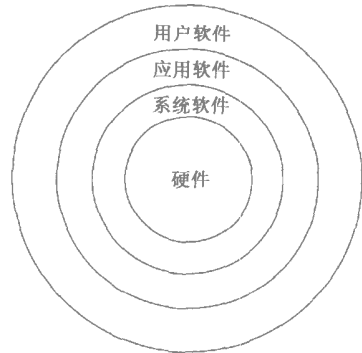


图 1.5 硬件、软件与用户之间的关系

服务程序包括用来检查计算机本身错误及故障的诊断程序，用来编写源程序或进行文字处理的编辑程序，帮助程序开发使用的调试查错程序以及链接程序等。服务程序为用户使用和维护计算机提供了很大的方便。

应用软件是在具体应用领域中为解决各类问题而编写的程序。实际上，常常有很多应用都为众多的用户所需求，具有共性。如果大家都去自己编制程序，不仅重复劳动，而且开发人员的水平和经验各不相同，程序的质量难以保证。于是一些专门的软件公司针对具体的实际应用，编制出一些成熟的、经过实践检验的程序，这些程序组合在一起，称为应用程序包，又称为软件包。例如，各种计算机辅助设计与制造软件包，科学计算软件包，各种企业管理和经济管理软件包，图形软件包，网络软件包等。对一般用户来说，重要的是会选择并学会使用这些软件包，再用这些软件去进行“二次开发”。

1.8 内容回顾

- ◇ 到目前为止，计算机的发展已经历了四代，正向第五代过渡。
- ◇ 电子计算机的特点：运算速度快，计算精度高，存储功能强，具有逻辑判断能力，具有自动运行能力。
- ◇ 计算机由五个基本部分组成：存储器，运算器，控制器，输入设备和输出设备。
- ◇ 计算机中的信息是以二进制形式存放的，但在计算机科学中，为了便于记忆和应用，还使用八进制和十六进制数。
- ◇ 位是计算机中最小的信息单位，字节是信息的基本单位。通常以字节为单位表示文件或数据的长度及储容量的大小。二进制数在计算机中的表示形式称为机器数。
- ◇ 编码是用一串二进制数码代表一位十进制数字或一个字符。国际上广泛采用美国标准信息代码 American Standard Code for Information Interchange 表示字符，简称为 ASCII 码。
- ◇ 程序是为完成某个特定任务的一系列指令的集合，按一定的要求和规定安排这一系列指令叫做编程。
- ◇ 计算机系统由硬件和软件两大部分组成的。硬件就是构成计算机的五大部件，软件是指计算机所使用的各种程序的集合及程序运行时所需要的数据。
- ◇ 软件分为系统软件和应用软件两大类。系统软件主要包括操作系统、语言处理程序

和各种服务程序，应用软件则是各个应用领域中为解决各类问题而编写的程序。

习 题 1

一、填空题

1. $(342)_{10} = (\quad)_{2}$
2. $(10010001110)_{2} = (\quad)_{10}$
3. $(100110101)_{2} = (\quad)_{8}$
4. $(101010111)_{2} = (\quad)_{16}$
5. $(1354)_{8} = (\quad)_{2}$
6. $(14A3)_{16} = (\quad)_{2}$

二、问答题

1. 电子计算机的发展经过了哪几代？每一代的特点是什么？
2. 计算机系统由几个部分组成？分别进行简要说明。
3. 计算机硬件的五个部件是什么？分别进行简要说明。
4. 为什么计算机中存放信息要采用二进制？
5. 什么是指令？什么是程序？什么叫编程？
6. 计算机的软件可以分为几类？

第一部分

基本概念

第 1 章

计算机系统初步知识

第 2 章

软件开发方法

- ▶ 软件开发方法的步骤
 - 需求说明
 - 分析
 - 设计
 - 实现
 - 测试和验证
 - 建立文档
- ▶ 算法的设计和伪码及其表示规则
- ▶ 算法的基本控制结构
 - 顺序结构
 - 选择结构
 - 循环结构
- ▶ 算法的流程图表示
- ▶ 程序中的错误和调试
 - 设计错误
 - 语法错误
 - 运行错误
 - 程序的测试和验证