

第 1 章 计算机概述

21 世纪是信息时代,计算机在其中担负着信息的承载、处理和传输的作用,以计算机为核心的信息化社会已成为现实,了解计算机的基本知识,进一步掌握计算机的原理和应用知识,对我们每一个人都是“当务之急”。

计算机是如何发展起来并进行分类的?计算机由哪几部分组成?它是基于什么原理进行工作的?信息在计算机中是如何表示的?这些问题将在本章分别进行介绍。

1.1 计算机的发展与应用

计算机是一种能自动、高速地进行数据信息处理的机器,是 20 世纪人类最伟大、最卓越的科学技术发明之一。随着计算机技术的发展,计算机已广泛应用于现代科学技术、国防、工业、农业、企业管理、办公自动化以及日常生活中的各个领域,并愈来愈产生出巨大的效益。

1.1.1 计算机的发展

1. 计算机的发展过程

自从 1946 年世界上第一台电子计算机问世以来,计算机的迅猛发展使人类社会发生了巨大的变化。在这不长的时间里,由于电子元器件的飞速发展,计算机的性能得到了极大提高,其体积大大缩小,应用越来越普及。根据计算机所采用的元器件以及它的功能、体积、应用等,可以将计算机的发展分为四个阶段。这四个阶段通常称为计算机发展的四个时代。

第一代是电子管计算机(约 1946~1957 年)。这一代计算机采用电子管作主要元器件,因此体积庞大,成本很高,能量消耗大。其运算速度只能达到每秒几千次到几万次。

第二代是晶体管计算机(约 1958~1963 年)。这一代计算机由晶体管取代了电子管。在此期间,计算机的可靠性和运算速度均得到提高,运算速度一般为每秒几万次到几十万次、几百万次。与第一代计算机相比,这一代计算机体积缩小了,成本降低了,不仅在军事与尖端技术方面得到了广泛应用,而且在工程设计、数据处理、事务管理以及工业控制等方面也开始得到应用。

第三代是中小规模集成电路计算机(约 1964~1973 年)。这一代计算机使用半导体中小规模集成电路取代分离元件的晶体管。通过半导体集成技术将许多逻辑电路集成在只有几平方毫米的硅片上,这使得计算机的体积和耗电显著减少,而计算速度和存储容量有较大提高,可靠性也大大增加。计算机的系统结构有了很大改进,软件配置进一步完善。在这一时期,计算机设计的基本思想是标准化、模块化、系列化,解决了软件兼容问题。此时,计算机应用进入到许多技术领域。

第四代是大规模、超大规模集成电路计算机(约1974至今)。20世纪70年代以来,随着大规模、超大规模集成电路的出现,计算机沿着两个方向飞速发展。一方面,利用大规模集成电路制造多种逻辑芯片,组装出大型、巨型计算机,速度向每秒十亿次、百亿次及更高速度发展。半导体存储器取代了磁芯存储器,向着高密度、大容量的方向不断发展。大型、巨型计算机的出现,推动了许多新兴学科的发展。另一方面,利用大规模、超大规模集成电路技术,将运算器、控制器等部件集中在一个很小的集成电路芯片上,从而出现了微处理器。将微处理器和半导体存储芯片及外部设备接口电路组装在一起就构成了微型计算机。微型计算机体积小、功耗低、成本低,其性能价格比优于其他类型计算机,因此得到了广泛应用和迅速普及。微型计算机的出现不仅深刻地影响着计算机技术本身的发展,同时也使计算机技术更迅速地渗透到社会与生活的各个领域。

第一代到第四代计算机的基本设计思想继承了20世纪40年代冯·诺依曼提出的计算机结构原理,即存储程序、顺序处理、按地址访问存储器,其软件和硬件完全分离。计算机作为计算、控制和管理的最理想工具,有力地推动了工农业生产、科研、国防、文教等各项事业的发展。同时,各项事业的发展又向计算机技术提出了更高的要求。

现在许多国家正在研制新一代计算机,称之为第五代计算机。第五代计算机将从根本上突破传统的冯·诺依曼结构,采用崭新的计算机设计思想,是微电子技术、光学技术、超导技术、电子仿生技术等多学科相结合的产物。

2. 计算机的发展趋势

微处理器的发展大大地推动了计算机的发展,性能价格比不断大幅跃升,具有内存256MB,处理器P4 2.0GHz以上的PC机已很普通,而且采用多处理器技术的大型机也已系列化。新一代的操作系统(如Windows 98、Linux、Windows 2000)使用了友好的图形界面,具有强大的功能,使用户学习使用计算机更加容易。面向对象的程序设计语言的使用,使软件人员能更快、更好地设计高质量的软件。未来计算机的发展趋势将表现在以下几方面。

(1) 网络化

网络化指利用现代通信技术和计算机技术,把分布在不同地点的计算机互连起来,按照网络协议互相通信,以便共享软、硬件资源。目前,计算机网络技术已成为计算机系统集成的支柱技术。客户/服务器结构逐步代替由各种计算功能构成的“主机—终端”系统,网络的发展将改变人类传统的生活方式,电子商务的发展也将使人们实现在网上购物。计算机网络在交通、金融、企业管理、教育、邮电、商业等各行各业中将得到更广泛的应用。计算机由计算工具发展为信息处理工具,进而扩展为信息通信的工具,逐步成为一种必备的家用电器。

(2) 多媒体信息处理

多媒体计算机系统融合多媒体采集、传输、存储、处理和显示控制技术于一体。这自然会与传统的电视广播网和电信网的功能逐步融合。功能上的融合也将推动计算机网络、电视网络和电信网络在结构上的结合,即“三网合一”的发展。

多媒体处理技术向处理器芯片级渗透,标志着多媒体技术和计算机技术进一步融合。今后的计算机和网络,必然要朝着如何更好地满足多媒体信息处理的需求的方向发展。

(3) 智能化

智能化是新一代计算机实现的目标。智能化就是让计算机来模拟人的感觉、行为、思维过程,使计算机具备“视觉”、“听觉”、“语言”、“行为”、“思维”、逻辑推理、学习、证明等

能力,形成智能型、超智能型计算机。

智能化的主要研究领域包括:自然语言的生成与理解、模式识别、自动定理证明、自动程序设计、专家系统、学习系统、智能机器人等。其中最有代表性和最尖端的两个领域是专家系统和智能机器人。这些领域已经取得了不同程度的进展。

(4) 微型化、多样化

集成电路的集成度不断提高,为计算机的微型化创造了条件。笔记本电脑、掌上电脑将以更优异的性能价格比受到人们的欢迎。而且计算机的功能会向其他电子产品(包括家电产品)转移,如 Internet 数据传输功能、语音控制功能等。当前,微型计算机的标志是运算部件和控制部件集成在一起,今后将逐步发展对存储器、通道处理机、高速运算部件的集成,最终达到微型计算机系统的集成。

1.1.2 计算机的应用

目前,计算机不仅广泛应用于科学技术和生产领域,而且已渗透到各行各业、天上的卫星、航天飞机,地上的火车、汽车,大海与江河中的轮船、舰艇,精密的科学仪器、通信设备、医疗器械、教学设备,工厂中的生产控制和管理,银行、保险、仓库、商店、办公室,直到家庭中的各种电器,真是处处有计算机,时时有计算机。当今的计算机已经名不符实,它不仅用于计算,而且更重要的是进行信息处理,即进行信息的收集、存储、传递、分编、判断、书写。人们正试图让计算机能阅读、理解人类的自然语言,甚至可以与人进行对话和“思想”上的交流。随着计算机价格的降低,功能的增加,计算机应用仍然呈上升和扩展的趋势。

计算机的应用,从学科上划分,主要有以下几个方面。

(1) 科学计算

早期计算机主要用于科学计算。计算机发展到今天,科学计算仍然是计算机应用的一个重要领域,许多手工难以完成的计算,自从有了计算机以后就变得容易多了。利用计算机进行计算,不仅能节省大量的时间、人力和物力,而且可以提高计算精度。因此,计算机是发展现代尖端技术必不可少的重要工具。

(2) 信息管理

信息管理是目前计算机应用最广泛的领域。所谓信息管理,就是利用计算机来加工、管理和操作任何形式的数据资料。例如,生产管理、企业管理、办公自动化、信息情报检索等。

(3) 过程检测与控制

利用计算机对连续的采集工业生产过程进行控制称为过程控制。例如,在化工、电力、冶金等生产过程中,用计算机自动采集各种参数,监测并及时控制生产设备的工作状态。

利用计算机对工业生产过程中的某些信号自动进行检测,并把检测到的数据存入到计算机,再根据需要对这些数据进行处理。这样的系统称为计算机检测系统。

(4) 计算机辅助系统

计算机用于辅助设计(CAD)、辅助制造(CAM)、辅助测试(CAT)和辅助教学(CAI)等方面,统称为计算机辅助系统。

CAD 是指利用计算机来帮助设计人员进行工程设计,提高设计工作的自动化程度,节省人力和物力。CAM 是指利用计算机来进行生产设备的管理、控制 and 操作,提高产品质量,

降低生产成本。CAT 是指利用计算机进行复杂而大量的测试工作。CAI 是指利用计算机辅助学生学习的自动系统。

(5) 计算机网络

现代通信技术与计算机技术相结合出现了计算机网络通信。所谓计算机网络,就是以传输信息为主要目的,在广大的物理区域内,将分布在不同地点、不同机型的计算机,用通信线路连接起来,组成一个规模大、功能强的计算机群。计算机联网后,极大地方便了信息的交流和情报、资料的传递。网内众多的计算机系统可共享相互的计算机资源。

“电子商务”就是通过计算机和网络进行商务活动。电子商务发展前景广阔,世界各地的许多公司已经开始通过 Internet 进行商业交易。他们通过网络与客户和供货商联系,其业务量往往超过正常方式。电子商务旨在通过网络完成核心业务,改善售后服务,缩短周转时间,从而获取更大的收益。它向人们提供了新的商业机会和市场需求。

(6) 人工智能研究和应用

这是计算机应用的一个重要领域和前沿学科。它的目的是使计算机具有“推理”和“学习”的功能。人工智能的研究,会使计算机突破“计算”这一初级概念,从本质上扩充计算机的能力。

“自然语言理解”是人工智能的一个分支。现代计算机技术已发展到通过语言方式命令计算机完成特定的操作。

“专家系统”是人工智能的又一个重要分支。它是使计算机具有某一方面的专门知识,利用这些知识来处理所遇到的问题,如人机对奕、模拟医生开处方等。

“机器人”是人工智能的前沿领域。它可以代替人进行一些危险作业、流水线生产安装等工作。

1.2 计算机的基本工作原理

从 1946 年出现的第一台计算机到目前为止,几乎所有计算机的工作原理都相同,这一原理是 1946 年由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼教授提出来的,故称为冯·诺依曼原理。

冯·诺依曼原理可简述为:首先把指挥计算机如何进行操作的指令序列(称为程序)和原始数据,通过输入设备输送到计算机内存储器中。程序中的每一条指令都明确规定了计算机从哪一个单元取数,进行什么操作,然后送到什么地方等步骤。每一条指令和数据都采用二进制数据表示。计算机在运行时,先从存储器中取第一条指令,送到控制器中去识别,控制器分析该指令要求做什么事,再根据指令的含义发出相应的命令。例如,从存储单元中取出数据送往运算器,在运算器中进行指定的运算和逻辑操作等,再把运算结果送回存储器指定的单元中去。接下来,再取第二条指令,在控制器的指挥下完成规定操作。依次进行下去,直至遇到停止指令后,才终止执行。

下面举例进一步说明计算机的工作过程。

例如: $(25 \div 5) + (510 \times 25 - 89)$

要计算这个题目,需要按照先乘、除,后加、减,先做括号内的运算,后做括号外的运算法则编出计算步骤,即计算程序,连同原始数据一起输入到计算机的存储器中。然后启动计算

机工作,在控制器的控制下,计算机按照“计算程序”自动操作,最后把结果打印出来。下面具体看一看计算这个题目的过程。

设原始数据 25, 5, 510, 89 分别存入存储器中地址为 X1, X2, X3, X4 的各个单元。地址 X5 的单元用来存放中间结果和最后结果。

计算步骤如下:

- ① 从 X1 中取出 25 放到运算器中。
- ② 从 X2 中取出 5 去除运算器中的数 25, 把中间结果 5 暂存入 X5 单元中。
- ③ 从 X3 中取 510 放到运算器。
- ④ 从 X1 中取出 25 与运算器中的 510 进行乘法运算: $25 \times 510 = 12750$ 。再把中间结果 12750 放入运算器。
- ⑤ 从 X4 中取出 89, 用运算器中的 12750 减去该数。再把结果 12661 放入运算器。
- ⑥ 从 X5 中取出 5, 与运算器中的 12661 进行加法运算。把结果 12666 存入 X5。
- ⑦ 把 X5 单元的内容 12666 打印出来。
- ⑧ 停机。

上述每一步骤都是指定计算机如何进行操作的,可称之为指令。每条指令指示计算机执行一个或者有限几个操作,如加、减、取数等。利用一条一条指令组成一个指令集合就可以解决所需要解决的问题。

这就是基于冯·诺依曼原理的计算机的基本工作过程,可以概括地说,是存储指令、取指令、分析指令、执行指令、再取下一条指令,依次周而复始地执行指令序列的过程,也就是说,是进行存储程序和程序控制的过程。所以冯·诺依曼原理也称为“存储程序程序控制”原理。

冯·诺依曼的基本思想可以概括为三点:

- (1) 计算机由五大部分组成,即计算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。
- (2) 程序和数据采用二进制表示。
- (3) 计算机的工作过程,是由存储程序控制。

1.3 计算机系统的组成

一个完整的计算机系统一般由计算机硬件和计算机软件两部分组成。硬件是组成计算机系统的物理设备,软件是组成计算机系统的逻辑设备。

1.3.1 计算机系统硬件结构

根据冯·诺依曼原理,计算机硬件由 5 个基本部分组成,图 1-1 所示为计算机这五部分的联系示意图,并描述了这五部分的职能关系。

1. 运算器

运算器是计算机的核心部件,它对信息进行加工和运算,其速度几乎决定了计算机的计算速度。运算器的主要功能是对二进制编码进行算术运算和逻辑运算。参加运算的数(称之为操作数)由控制器控制,从存储器内取到运算器中。

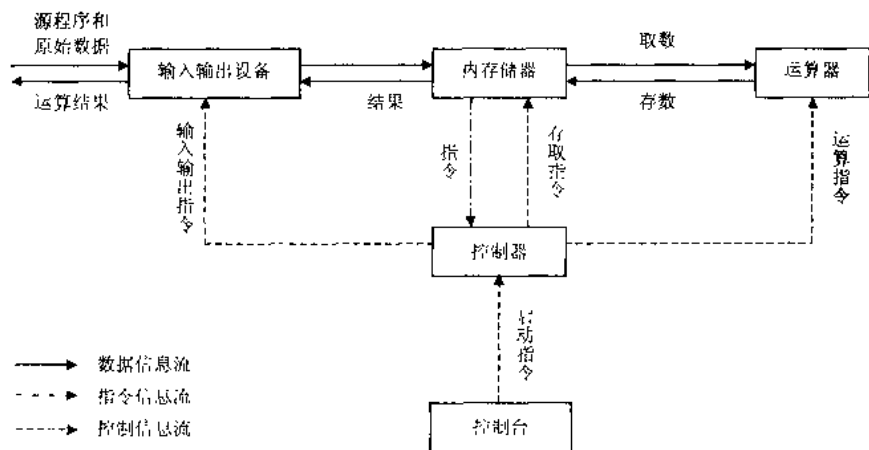


图 1-1 计算机各部分联系示意图

2. 控制器

控制器是整个计算机的控制指挥中心，它的功能是识别翻译指令代码，安排操作次序，并向计算机各部件发出适当的控制信号，以指挥整个计算机有条不紊地工作，即控制输入设备把程序、数据输入内存，控制运算器、存储器有序地进行计算，并控制输出设备输出中间结果和最后结果。

3. 存储器

存储器是用来存放数据和程序信息的部件。数据信息存放的最基本单位称为“存储单元”或称为 1 个字节 (byte)。每个字节的数据由 8 位 (bit) 二进制数 (0 或 1) 组成。人们习惯将 1024 字节称作 1K 字节 (简称 1KB)，将 1024K 字节称作 1 兆字节 (简称 1MB)，1024M 字节称作 1 吉字节 (简称 1GB)，即 $1\text{KB}=1024\text{B}$ ， $1\text{MB}=1024\text{KB}$ ， $1\text{GB}=1024\text{MB}$ 。存储器中存储单元的总数称为“存储容量”，即存储器所具有的存储空间的大小。

存储器的基本功能是按照指令的要求向指定的存储单元存进 (写入) 或取出 (读出) 数据信息。当存储单元中的数据信息被取出时，原有的信息并不消失；当存进新的信息时，存储单元中原来的数据信息将被更新。

存储器通常分为两大类：

一类是容量不够大 (几百 KB 至几百 MB)、存取周期 (从存储器连续读出或写入一个信息所需要的时间) 短的存储器。它能直接与中央处理器交换信息，称为主存储器或内存。主存储器目前大都采用半导体存储器，存储单元按顺序进行编址，根据地址可随机地对指定的单元进行访问。

另一类是存储容量大 (几 MB 至几百 GB)、存取周期长的外存储器。外存储器一般由磁性材料或光学材料组成。其优点是价格便宜，存储容量大，并能长久保存信息。其缺点是存取速度慢，且不能直接与中央处理器交换信息，只能作为主存储器的补充、后援。

4. 输入设备

输入设备的任务是接受操作者给计算机提供的原始信息，如文字 (数据和程序)、图形、图像、声音等，将其转变成计算机能识别和接受的信息方式 (如电信号、二进制编码等)，并顺序地把它们送入存储器中。目前常使用的输入设备有以下几种。

① 穿孔信息输入设备：如光电输入机、卡片机等。这些设备通过光电变换或其他方法

将穿孔信息转换为电信号。

- ② 键盘信息输入设备：如电传打字机、控制台打字机、键盘显示终端等。
- ③ 图形信息识别与输入装置：如光笔、图形板、数学化仪等。
- ④ 字符信息的识别与输入装置：如光学字符识别设备（OCR）等。
- ⑤ 语言信息的识别与输入装置：如单词语言识别装置等。
- ⑥ 其他输入设备：如鼠标器、触屏、扫描仪等。

5. 输出设备

输出设备的主要作用是把计算机处理的数据、计算结果等内部信息转换成人们习惯接受的信息形式（如字符、曲线、图像、表格、声音等）或能为其他机器所接受的形式输出。常用的输出设备有以下几种。

① 打印设备：如小型简易打印机、宽行打印机、便于打印图形与汉字一类复杂字符的针式打印机、喷墨打印机和激光打印机等。

② 绘图设备：如绘图机。

③ 显示器：显示器是将电信号转换成视觉信号的一种装置，如单色显示器和彩色显示器。

运算器、控制器和主存储器合称为计算机的主机。其中运算器与控制器合称为中央处理器，也称 CPU（Central Processing Unit）。而输入设备、输出设备以及外存储器合称为外部设备。

CPU、内存和各种外设之间怎样进行信息交换呢？为了便于计算机系统内部和外设接口电路的联接，计算机的上述五大部分是通过 3 条总线联接起来的。所谓总线就是系统部件之间传送信息的公共通道，是计算机中所有信号连线的总称，它包括地址线、数据线、控制时序和中断、电源及地线等。

由于超大规模集成电路（VLSI）技术的迅速发展，组成计算机的每块电路板相对具有独立的功能，以便利用各模块灵活地组成硬件系统。因此，对电路板的插线尺寸、引线的定义和时序做出统一的规定，这就是总线标准。微型机中的总线标准主要有：ISA（AT）、EISA、PCI 和 AGP 等。

从功能上总线可分为 3 种：数据总线（Data Bus）、地址总线（Address Bus）和控制总线（Control Bus）。各部件之间的数据和信号传送都是通过这 3 条总线进行的，如图 1-2 所示。

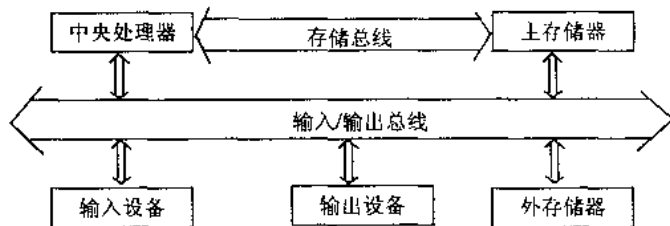


图 1-2 总线结构示意图

① 数据总线：用于传送数据。将数据送到其他部件，也可以从其他部件送入 CPU。

② 地址总线：传送 CPU 发出的地址信息，以便选择需要访问的存储单元和输入/输出接口电路。地址总线是单向的，它只能由 CPU 发出地址信息，地址总线的数目决定了可以直接访问的内存储器的范围，如寻址 1MB 地址空间需要 20 条地址总线。

③ 控制总线：在该总线上传送的数据可以是 CPU 送出的控制信号，也可能是其他部件

输入到 CPU 的信号。对于每条具体的控制线,信号的传递方向是固定的,不是输入到 CPU,就是从 CPU 输出。

总线连接的方式使计算机各部件之间的联系比较规整,也使部件的增减方便易行。目前使用的微型机主板上,一般提供 ISA、PCI 和 AGP 总线插槽给用户。

1.3.2 计算机系统软件结构

计算机软件是组成计算机系统的逻辑设备,它包括系统软件和应用软件两部分。

系统软件是指管理、控制和维护计算机及外部设备,提供用户与计算机之间的界面,支持、开发各种应用程序的程序。系统软件主要包括以下几种:

- ① 操作系统:它是对计算机进行控制、管理的核心,用户只有通过它才能使用计算机。
- ② 监控和诊断程序:它能指出计算机出错时错误的性质。
- ③ 计算机语言及语言处理程序:如汇编语言、BASIC 语言、FORTRAN 语言、PASCAL 语言、C 语言等各种高级语言的编译程序或解释程序等。

④ 程序库:为增强计算机的功能,方便用户,系统中设置了各种标准子程序,这些子程序的集合就形成了程序库。

- ⑤ 其他服务程序:如编辑程序、工具软件等。

应用软件是计算机用户利用计算机的系统软件编写解决某一专门问题的程序。这些程序可能是用机器语言、汇编语言或 BASIC、FORTRAN 等高级语言编写的。

硬件和软件对计算机系统来说都是非常重要的,如果把硬件比作一个人的躯体的话,那么,软件就是一个人的灵魂。值得强调的是,计算机系统是一个整体,它既含有硬件,也包括软件,二者是不可分割的。计算机系统的构成如图 1-3 所示。

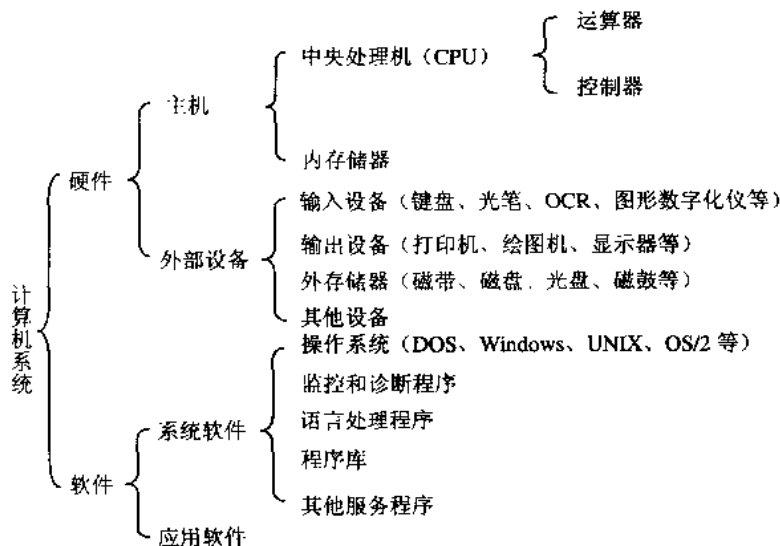


图 1-3 计算机系统构成

1.3.3 计算机语言

在用计算机解题时,要让计算机处理一些数据,必须使计算机懂得人的意图,接受人向

它发出的命令和信息。人和计算机交流信息需要使用语言,这种语言称为计算机语言或称为程序设计语言。计算机语言通常分为机器语言、汇编语言和高级语言三类,并随之配有相应的汇编、编译或解译程序。

(1) 机器语言

机器语言是一种用二进制代码“0”和“1”来表示的,能被计算机直接识别和执行的语言。例如,机器语言中的指令 1011011000000000 的作用是让计算机进行一次加法运算;又如 1011010100000000 这条指令的作用是让计算机进行一次减法运算,要处理一个问题,需要很多条类似的指令组合,这种组合称为用机器语言编写的程序。这种程序计算机能够直接执行,而且速度快。但是,用机器语言编写程序是一项十分繁琐的工作,要记住各种代码和它的含义很不容易,而且编出来的程序直观性差,检查和调试都比较困难。

机器语言是一种面向机器的语言,对于不同型号的计算机,对同一问题所编的机器语言程序是互不相通的。

(2) 汇编语言及汇编程序

为了克服机器语言读写的困难,20 世纪 50 年代初人们发明了汇编语言。汇编语言是一种用助记符表示的面向机器的程序设计语言。

例如,要完成 $x+y=>k$ 的加法运算,用汇编语言编程如下:

```
LD    x      (取 x)
ADD   y      (加 y)
STA   k      (送到 k)
```

汇编语言采用助记符来编程,比用机器语言中的二进制代码编程要方便些,在一定程度上简化了编程工作,而且容易记忆和检查。但汇编语言符号代码指令仍然是与特定的计算机或某一类系列机的机器指令一一对应,故仍属于一种面向机器的语言,仍是一种低级语言。用汇编语言书写的符号程序叫做汇编语言源程序,计算机不能直接运行这种源程序,必须要用专门设计的汇编程序去加工和转换它们,把汇编语言源程序转换成机器指令组成的目标程序,再去执行,这一过程又称为汇编程序。

汇编语言有两个缺点:一是对于不同型号的计算机,对同一问题所编的汇编语言程序是互不相通的;二是与自然语言差别较大,难以普及。

(3) 高级语言及编译或解释程序

不论是机器语言还是汇编语言,都不利于计算机的推广和使用。20 世纪 50 年代末诞生了第一个主要用于科学计算的高级语言——FORTRAN 语言,随后各种高级语言犹如雨后春笋般涌现出来,发展速度极快。现在世界上使用的高级语言有几百种之多,最常用的主要有以下几种:

BASIC——简单易学的会话式语言;

FORTAN——面向科学计算的语言;

COBOL——面向商业数据处理的语言;

PASCAL——结构程序设计语言;

LISP——符号处理语言;

C——既具有高级数据结构,又具有低级语言特色的通用语言;

PROLOG——逻辑型语言;

ADA——美国国防部的标准高级语言。

高级语言的共同特点是脱离特定的机器,是一种类似于自然语言和数学描述语言的程序设计语言。在用高级语言设计程序时,程序包含的不再是一条条指令序列,而是各种各样的语句,每种语句的功能隐含一串指令。

但是计算机只能识别机器语言程序,不能识别和执行高级语言编写的程序,因此必须要有翻译,即把用高级语言编写的程序(称为源程序)翻译成机器语言形式的目标程序后,计算机才能执行。这种翻译通常有两种方式:编译方式和解释方式。

① 编译方式:事先用机器语言先编好一个称为编译程序的程序存放在计算机中,再利用该程序将指定的高级语言编制的源程序翻译成机器指令表示的目标程序,然后再执行该目标程序得到计算机结果,如图 1-4 所示。

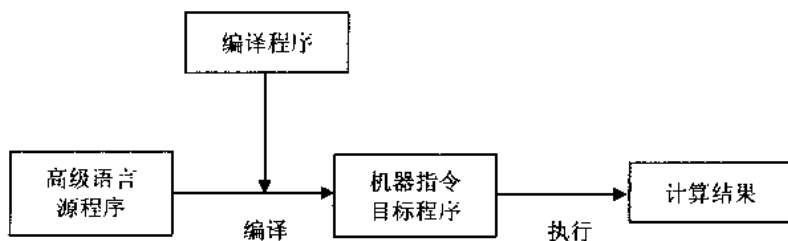


图 1-4 编译方式

② 解释方式:事先用机器语言编写一个称为解释程序的机器指令程序,并放在计算机中。当用高级语言编写的源程序输入计算机后,它并不像编译方式那样把源程序整个地翻译成目标程序,而是逐句进行翻译,且翻译一句计算机执行一句,即边解释边执行,如图 1-5 所示。

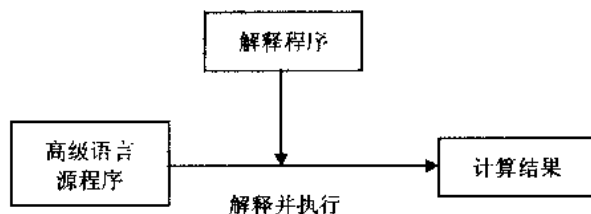


图 1-5 解释方式

大多数高级语言源程序采用编译执行方式,如 FORTRAN、PASCAL、C 等, BASIC 高级语言程序也可采用解释执行方式。

1.4 计算机中的数制和编码系统

1.4.1 计算机中的数制

人们在生产实践和日常生活中,创建了各种表示数的方法,这种数的表示系统称为数制。人们最常用的是十进制,而计算机中使用的是二进制,还有八进制和十六进制等。

1. 二进制数

计算机最早是作为一种计算工具出现的, 所以它的最基本的功能是对数进行加工和处理。数在计算机中是以器件的物理状态来表示的。一个具有两种不同的稳定状态且能相互转换的器件, 就可以用来表示一位二进制数, 所以二进制数的表示是最简单而且可靠的。另外, 二进制的运算规则也最简单。因此, 目前在计算机中, 数几乎全是用二进制表示。一个二进制数具有以下两个基本特点:

- ① 由两个不同的数字符号组成, 即 0 和 1;
- ② 逢二进位。

2. 十六进制数

十六进制数的特点为:

① 具有 16 个数字符号, 采用 0~9 和 A~F, 这 16 个数字符号与十进制数和二进制数之间的关系如表 1-1 所示。

- ② 逢 16 进位。

3. 八进制数

八进制数的特点为:

- ① 具有 8 个数字符号组成, 即 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 八个数字。
- ② 逢 8 进位。

4. 不同数制的相互转换

(1) 数的多项式表示

不同的进位制, 其基数是不同的, 如十进制的基数为“10”, 二进制的基数为“2”。一个数又可以表示成一个有规则的序列。例如, 十进制数 13.25 可以表示成:

$$(13.25)_{10} = 1 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

用一个括号右下角标的数字表示这个数是多少进制的数。例如, $(13.25)_{10}$ 代表十进制数。

那么, 依此类推, 对于一个 k 进制的数可表示为:

$$L = m_{n-1}k^{n-1} + m_{n-2}k^{n-2} + \cdots + m_0k^0 + m_{-1}k^{-1} + m_{-2}k^{-2} + \cdots$$

其中, k 为基数, m 只能是 $0 \sim k-1$ 的数字。在十进制数中 k 为 10, m 只可取 0, 1, 2, ..., 9 的 10 个数字。对于二进制数, k 为 2, m 只能取 0 或 1。对于八进制数, k 为 8, m 可取 0, 1, 2, ..., 7 八个数字。对于十六进制数, k 为 16, m 可取 0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E, F, 其中 A~F 表示 10~15。 n 为该数的整数部分的位数, 从 0 开始。

$$\text{例如: } (1101.01)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

$$(1111101)_2 = 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$(3703)_8 = 3 \times 8^3 + 7 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 3 \times 8^0$$

$$(7A3)_{16} = 7 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 3 \times 16^0$$

(2) 二进制、八进制、十六进制转换为十进制数

从上面的例子可以看到, 不管是什么进制, 只要按公式代入, 按加法求和, 所得的结果就是十进制数。

$$\text{例如: } (10110101)_2 = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (181)_{10}$$

$$(265)_8 = 2 \times 8^2 + 6 \times 8^1 + 5 \times 8^0 = (181)_{10}$$

$$(B5)_{16} = 11 \times 16^1 + 5 \times 16^0 = (181)_{10}$$

二进制、八进制、十六进制与十进制之间的关系如表 1-1 所示。

表 1-1 二进制、八进制、十进制、十六进制数对照表

十 进 制	八 进 制	十六进制	二 进 制
0	0	0	0000
1	1	1	0001
2	2	2	0010
3	3	3	0011
4	4	4	0100
5	5	5	0101
6	6	6	0110
7	7	7	0111
8	10	8	1000
9	11	9	1001
10	12	A	1010
11	13	B	1011
12	14	C	1100
13	15	D	1101
14	16	E	1110
15	17	F	1111
16	20	10	10000

(3) 十进制数转换成二进制数

对于十进制整数,可用除 2 取余法将其转换为二进制数:将十进制数除以 2,得到一个商数和余数。再将商数除以 2,又得到一个新的商数和余数。如此继续进行下去,直到商等于零为止。将所得各次余数,以最后余数为最高位,最先余数为最低位,依次排列,就是所求二进制数的各位数字。

例 1: $(21)_{10} = (?)_2$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{解 } 2 \overline{) 21} & & \\
 2 \overline{) 10} & \cdots \cdots & 1 \\
 2 \overline{) 5} & \cdots \cdots & 0 \\
 2 \overline{) 2} & \cdots \cdots & 1 \\
 2 \overline{) 1} & \cdots \cdots & 0 \\
 0 & \cdots \cdots & 1
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{低位} \\
 \uparrow \\
 \text{高位}
 \end{array}$$

$$\therefore (21)_{10} = (10101)_2$$

对于十进制纯小数,用乘 2 取整法将其转换为二进制数:先用 2 乘十进制纯小数,然后去掉乘积中的整数部分,再用 2 去乘剩下的纯小数部分。如此继续进行下去,直到满足所要求的精度或直到纯小数部分等于零为止。把每次乘积的整数部分由上而下依次排列起来,即得所求的二进制纯小数的小数点后各位数字。

例 2: $(0.375)_{10} = (?)_2$, 其转换结果如表 1-2 所示。

表 1-2 转换结果

乘	纯小数部分	整数部分
$2 \times 0.375 = 0.75$	0.75	0
$2 \times 0.75 = 1.5$	0.5	1
$2 \times 0.5 = 1.0$	0.0	1

$\therefore (0.375)_{10} = (0.011)_2$, 即十进制数 0.375 等于二进制数 0.011。

对于既有整数部分, 又有纯小数部分的十进制数, 则分两部分, 分别用除 2 取余数和乘 2 取整法来转换。

应该注意, 把十进制数转换成二进制数时, 对于整数均可用有限位的二进制整数表示, 但对于小数却不一定能用有限位的二进制小数表示。

例如: $(0.1)_{10} = (0.000\ 1100\ 1100\ 1100\ 1100\ \cdots)_2$

此时, 有限的十进制小数不能用有限的二进制小数表示。

(4) 八进制、十六进制数转换为二进制数

二进制数和八进制、十六进制数之间分别存在着一种特殊关系, 即 $2^4 = 16$, $2^3 = 8$ 。于是, 1 位十六进制数可以用 4 位二进制数表示, 1 位八进制数可以用 3 位二进制数表示, 它们之间存在着直接的而又是一一对应的关系, 见表 1-1。

无论是十六进制的整数或小数, 只要把每 1 位十六进制的数用相应的 4 位二进制数代替, 就可以转换为二进制数。同理, 把 1 位八进制的数用相应的 3 位二进制数代替, 就可以转换为二进制数。

例 3: $(3AB)_{16}$ 可转换为

3	A	B
0011	1010	1011

$\therefore (3AB)_{16} = (0011\ 1010\ 1011)_2 = (11\ 1010\ 1011)_2$

例 4: $(135)_8$ 可转换为

1	3	5
001	011	101

$\therefore (135)_8 = (001011101)_2$

(5) 二进制数转换成十六进制

二进制的整数部分由小数点向左, 每 4 位一分, 最后不足 4 位的前面补 0; 小数部分由小数点向右, 每 4 位一分, 最后不足 4 位的后面补 0, 然后把每 4 位二进制数用相应的十六进制数代替, 即可转换为十六进制数。

例 5: $(11011\ 1110\ 0011.1001\ 0111)_2$ 可转换为

0001	1011	1110	0011	1001	0111	1000
1	B	E	3	9	7	8

$\therefore (11011\ 1110\ 0011.1001\ 0111)_2 = (1BE3.978)_{16}$ 。

(6) 二进制数转换成八进制数

二进制转换为八进制数, 将二进制数由低位到高位, 每 3 位划分为一组, 不够 3 位的以 0 补齐, 然后求出每组的八进制数, 将这些八进制数由高位到低位连写起来就是八进制数。

例 6: 二进制数 (10110101)₂ 转换为八进制数。

010 110 101
2 6 5

$\therefore (10110101)_2 = (265)_8$

如果要在八进制数和十六进制数间进行转换, 可以借助二进制为桥梁, 用上面介绍的方法即可实现八进制数与十六进制数的相互转换。

1.4.2 计算机中的编码

任何信息进入计算机后, 被加工处理时都必须采用数字化编码的形式。所谓编码就是用少量基本符号, 按照一定的规则组合来表示大量复杂多样的信息, 包括数值型信息和文字、符号、语音、图像等各种非数值型信息。由于计算机只能识别二进制数码, 所以所有数值型和非数值型信息只能用若干位二进制码的组合来表示, 这就是二进制编码。

1. 数值编码 (二进制编码的十进制数)

一个二进制数书写起来太长, 容易出错也不直观, 所以靠人工将十进制数转换为二进制数输入到计算机是非常麻烦的。因此, 在计算机输入和输出时, 还是采用十进制表示, 让计算机完成十进制到二进制的转换和二进制到十进制的转换工作。为了便于计算机识别和转换, 通常是把十进制数的每 1 位变成二进制形式输入给计算机, 这种用二进制形式表示 1 位十进制数的方法, 称为二进制编码的十进制数, 简称二—十进制编码或称 BCD 编码 (Binary Coded Decimal)。

最常用的二—十进制编码是 8421 码, 这种编码最自然, 易识别, 用 4 位二进制数来表示 1 位十进制数字。4 位二进制数可以表示 16 种状态, 对 0~9 十个数字的编码只取 0000~1001 十种状态, 其余 6 种不用。由于这种多余性便会产生了多种不同的 BCD 码, 表 1-3 列出了一部分编码。

表 1-3 BCD 编码表

十进制数	8421 BCD 码	十进制数	8421 BCD 码
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	10	0001 0000
3	0011	11	0001 0001
4	0100	12	0001 0010
5	0101	13	0001 0011
6	0110	14	0001 0100
7	0111	15	0001 0101

所以,只要熟悉BCD的十位编码,立即可以很容易地实现十进制与BCD码之间的转换。但是,BCD码与二进制之间的转换不是直接的,要先经过十进制转换,即BCD码先转换为十进制码,然后再转换为二进制;反之亦然。

2. 字符编码

在计算机中,字符也必须按特定的规则用二进制编码才能在机器中表示,编码也可以有各种规定,目前在微型机中普遍采用的是ASCII码。

ASCII码是美国信息交换标准码(American Standard Code for Information Interchange),它是微型机中表示字符的常用码制,多用于输入/输出。它能用7位或8位二进制数对字符编码。

7位ASCII码可表示128种字符,其中包括数码(0~9),以及英文字母等可打印的字符,见表1-4。例如,字母A的ASCII码为1000001B(B表示二进制数)或41H(H表示十六进制数);字母T的ASCII码为1010100B或54H;数字9的ASCII码为0111001B或39H等。

8位ASCII码是在7位ASCII码基础上加一个奇偶检验位而构成的。比如,若采用偶校验,则7位ASCII码中“1”的个数为偶数,第8位补“0”,否则补“1”。例如,字母A、T及数字9的偶校验8位ASCII码分别为01000001B、11010100B及00111001B。

表 1-4 7 位 ASCII 码表

高位 $b_6b_5b_4$ 低位 $b_3b_2b_1b_0$		0	1	2	3	4	5	6	7
		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

1.5 计算机中正负数的表示法

1.5.1 正数和负数

通常一个数字的前面加上符号“+”或“-”表示这个数是正数或是负数。而计算机无法识别“+”或“-”这两个符号,解决的办法就是将数的最高位设置为符号位,规定“0”代表正数,“1”代表负数。例如, $(+1101101)_2$ 和 $(-1101101)_2$ 在计算机中分别表示为 01101101 和 11101101。这两个数的最高位 0 和 1 就是符号位。符号在机器中已经数字化了,把这种数称为机器数。符号数字化后给运算带来了一定的方便。在现代计算机中,数有三种表示方法:原码表示法、反码表示法和补码表示法。

1.5.2 原码、反码和补码表示法

1. 原码表示法

原码表示法是把二进制数与它的符号位放在一起考虑,使之成为统一的一组数码。

例如,设数 x 连同符号一起共有 n 位 ($-2^{n-1} < x \leq 2^{n-1} - 1$), 设 $[x]$ 为 x 的原码,原码相对于 x 来说,其数值部分并没改变,只是将其符号数字化,即当符号为正时用“0”表示,为负时用“1”表示。

例如:二进制数 x_1 、 x_2 。

$$x_1 = +1010110 \quad [x_1]_{\text{原}} = 01010110$$

$$x_2 = -1010110 \quad [x_2]_{\text{原}} = 11010110$$

用原码表示一个数,当加、减运算复杂时,会使机器结构、控制线路变得大为复杂,使计算时间大大增加。

2. 反码表示法

正数的反码和原码一样;负数的反码符号为“1”,数值部分的数码与原码中的数码相反,即“0”变“1”,“1”变成“0”。

$$\text{例如: 当 } x_1 = +1010110 \quad [x_1]_{\text{原}} = 01010110 \quad [x_1]_{\text{反}} = 01010110$$

$$\text{当 } x_2 = -1010110 \quad [x_2]_{\text{原}} = 11010110 \quad [x_2]_{\text{反}} = 10101001$$

3. 补码表示法

正数的补码与原码相同,负数的补码就是反码在末位加上“1”。

$$\text{例如: 当 } x_1 = +1010110 \quad [x_1]_{\text{补}} = 01010110$$

$$\text{当 } x_2 = -1010110 \quad [x_2]_{\text{补}} = 10101001 + 1 = 10101010$$

引入这三种码的概念主要是为计算机运算方便,有了补码可以把减法运算转化为加法运算,可以提高计算机的运算速度。例如,将二进制数 $+1111111$ 和 -0000001 表示成连同符号位共 8 位的补码表示形式:

$$\text{当 } x_1 = +1111111 \text{ 时, } [x_1]_{\text{补}} = 01111111$$

$$\text{当 } x_2 = -0000001 \text{ 时, } [x_2]_{\text{补}} = 11111110 + 1 = 11111111$$

所以当 $n=8$ 时,补码所能表示的最大正数即为 2^7-1 ,当 $n=16$ 时补码所能表示的最大

