

# 第一章 电子数字计算机概述

## § 1.1 电子数字计算机及其应用

严格地说，电子计算机这一名词应是电子数字计算机和电子模拟计算机的统称。从使用角度上看，还可分为通用电子计算机（用于解决各类问题）和专用电子计算机（针对性强，为某种特定目的服务）两大类。但由于通用电子数字计算机使用最广泛，一般谈及电子计算机时，习惯上均指电子数字通用计算机。

电子数字计算机是一种既有快速运算能力，又有逻辑判断和存贮记忆功能，并能自动进行管理的现代电子设备。一种形象的说法，电子数字计算机就是“电脑”，亦即把它视为能模仿人的思维和动作的机器。一般电子数字计算机应具备以下四项基本功能：

1. 计算、判断 甚至推理的功能；
2. 存贮及记忆功能；
3. 控制功能；
4. 与外界进行信息交换的功能。

这些功能是电子计算机赖以模仿人的思维和动作的前提。

电子计算机是本世纪最重大、最卓越的科学技术成就之一。它的出现有力地推动了科学技术和生产的发展。现在，电子计算机已在科学技术、国防和工农业生产等各个领域获得了广泛的应用：

### 一、科学计算，或称数值计算

电子计算机能通过对输入数据进行指定的数值运算和逻辑运算来求解各种复杂的计算问题，以充分发挥其运算速度快（有的巨型计算机已达每秒钟几亿次）、计算精度高的优点。

在科学研究和工程技术中往往要进行大量复杂计算。如卫星轨迹计算 天文计算 经济平衡计算，高层建筑结构力学分析及抗震强度计算等。以气象预报为例，通常要解几十阶，甚至几百阶的线性方程组——天气方程组。过去有人试图用人工计算解这个方程组来预报 24 小时后的天气形势，结果发现计算工作量竟如此之大，需要近千名计算员手算 15 天才能得到结果。暂且假定他们计算得很准，但是其计算结果对解决一天后的气象预报早已没有什么实际意义了。而现在要作出一周内的天气预报，只需要在一台小型计算机或微型计算机上进行几分钟，甚至更短时间的运用即可得到正确的结果。显然，电子计算机的运行使计算速度大大提高了。

至于计算机计算精度之高，那更是人工计算所无法比拟的。现以计算圆周率  $\pi$  (圆周长 / 圆直径) 为例来说明这一事实。我们知道 真正的  $\pi$  值要用无穷小数才能精确表示，小数位数越多精度越高。早在 1500 多年前，我国古代科学家祖冲之所算出的  $\pi$  值已达 3.1415926 和 3.1415927 之间。1874 年威廉·香克斯用了 15 年时间推算出的圆周率  $\pi$  值达到 707 位小数，目前还没有任何一位数学家算出的  $\pi$  值位数超过这个数字。有人曾把他的成果称为人类能力的极限。但是 二十几年前 在一台 IBM-704 型计算机上仅用了一小时四十分就算出了这个著名的圆周率  $\pi$  值达一万位小数。这样高的计算速度和精度对人工计算来讲，简直是不可想象的。

目前，尽管电子计算机的应用已由数值计算逐渐深入到其它更加广泛的领域，但是电子计算机在各种科技、工程的数值计算中仍扮演着非常重要的角色。

## 二、自动控制

电子计算机与一定的机电设备相结合，就能实现对生产过程的实时控制，这就为工业、交通等部门的生产管理自动化、综合化和国防现代化创造了条件。如数控机床、计算机控制采油、炼油、炼钢和导弹、卫星发射等都是电子计算机在自动控制方面应用的突出事例。用电子计算机对工农业生产过程进行监测和控制，将大大提高产品质量和生产效率，减轻人们的劳动强度，还可免受有毒、有害物质的损害和污染，保护人体健康。

## 三、数据处理或信息管理

数据处理（信息管理）是当今电子计算机应用中最重要和最活跃的一个领域。它借助电子计算机能存贮大量数据信息，并能对大批数据进行加工、分析和快速处理的特点，而广泛应用于行政事务处理、企业和商业管理等方面。如企业及商业管理中的经济预算、成本核算、银行转帐和工资结算，图书管理及情报资料自动检索，国民经济计划预算，市场预测，工农业产品合理分配，人事档案和仓库物资管理，办公室自动化，飞机车船自动订座售票及商店、银行、邮政等各行业中的社会信息服务等。据统计，在世界上一些先进工业国家中，计算机用于该领域所占比例最大（80%），这个比例反映了一个国家科学技术的发展程度和工业现代化及社会信息化的水平。

数据处理（信息管理）是计算机应用中十分重要的一个方面，其中数据库技术在信息处理中扮演着十分重要的角色。所谓数据库是指在计算机（存贮设备）中按一定组织方式存贮在一起的、相互有关的、为用户共同关心的全部信息的集合。而数据系统可以视为由人（用户、数据库管理员）、数据库管理系统等组成的一个高效能的信息处理系统。有了数据库系统，将使各部门、各企事业单位掌握和管理大量工作数据，有效提高管理、经营效率，促进管理工作自动化。

## 四、人工智能

这是电子计算机应用的一个新领域。人工智能是计算机科学的一个分支，它是研究用计算机模拟人类的某些智力活动，并用计算机代替和实现脑力劳动自动化的科学。这个新兴的、综合性的、具有强大生命力的科学，是在电子学、仿生学、计算机科学的基础上诞生和发展起来的，同时它又促进了计算机科学、信息论、自动控制、系统工程、仿生学和生理学等科学的发展。人工智能最初仅用于数理逻辑和数学定理的自动证明及博弈等。例如，1959年美籍华人学者王浩，在IBM-704计算机上运算9分钟证明了450条数理逻辑定理。1976年在400万次/秒的电子计算机辅助下，阿倍尔等三人证明了著名的数学问题——四色定理。他们共花机时1200小时判定了100亿个逻辑，解决了人类一百多年以来没有得到证明的数学难题。目前，人工智能在实用上已在以下三方面取得显著成就：

### 1. 知识工程——专家咨询系统

这是让计算机具有思维、推理等功能以模仿某些专家——如地质学家、地震学家、生物学家、医学家等——的技能和解决问题的本领。在知识工程中操作的不是一般的数据，而是知识。所存贮的不是数据库，而是某行业一些专家们所积累的知识库。所编的程序要具有能模仿人类去伪存真、由此及彼和推理外延的功能。如美国斯坦福大学于80年代初研制成功的HPP'80系统，这是一个实现大规模人工智能专家系统开发环境及其产生的各种应用领域专家系统的总称。HPP'80系统中，除有知识咨询软件外，还拥有十几个直接用于石油地震勘探、工程力学

结构、分子结构识别、遗传因子方案、医学诊断、自动教学等方面的专家咨询系统。

专家系统是人工智能中目前应用于实际最多，获得经济效益最大，人工智能技术体现得最好的一门研究领域。它是一种基于人类专家的书本和经验知识求解难题并用 LISP 或 Prolog 等语言编制的计算机程序。但建造专家系统并非易事，通常需要领域专家和知识工程师长时间的通力合作。早期专家系统的开发是直接利用 LISP、Prolog 等语言，针对一定应用领域的专门问题进行编程而产生，由于这种开发方法重复性工作太多，研究周期太长，对研制者，特别是知识工程师的素质要求太高，不易推广普及，因而难于满足实际应用的需要。目前这种研究已逐渐成为建造新一代专家系统——专家系统开发工具及开发环境所代替。现在已有 EMYCIN, M. 1, OPS, KEE 等数十种专家系统开发工具问世，并在许多应用领域获得应用。

## 2. 模式识别

“模式”是一个含义广泛的名词。指各种图像、景物、波形、压力、图案和文字等。所谓模式识别，就是让计算机模仿人类的智力活动，使之具有人的视觉、听觉、触觉和思维能力等，以扩大计算机认识世界、了解事物本质和具有推理决策的本领。模式识别已应用于图象及图形识别、学习过程、探索过程、推理过程及环境适应等有关理论和技术中。目前，它已在卫星遥感探测、石油三维地震勘探、天然地震预测、水文探测和医学诊断等方面获得实际应用。

## 3. 智能机器人

机器人是我国的译名，也有译作“遥控学”的。其实它只是一种自动控制设备或者遥控装置。目前全世界有数万个机器人在运行，其中大多数样子并不像人，有的象机床，有的象动物（臭虫、蛇）。它们只是在人指挥控制下会干活的机器。今天人工智能研究已使电子计算机部分地实现了人类的感官和思维器官的延伸，制成了一些智能机器人。这种机器人被称为第二代机器人，它能在一定程度上感知周围世界，进行记忆、推理、判断，能模仿真人的智力和行动，会下棋，会写字作画，能作简单对话，会操作规定的工具，即具备了人类某些专有的智能。现在，在国外一些国家的工业和科研中，已将智能机器人用于高空、高温、高压、深水及带有放射性及有毒、有害物质的特殊场合代替人类从事繁重或危险的工作。如汽车装配、海底或高空作业、装炸药、排雷和排除放射性物质等这类工作，有的已由智能机器人代劳了。关于智能机器人，有一点必须指出：今后不管智能机器人有多么复杂，本领有多么强，但是它永远也达不到人的智能的创造能力，因为它只能按人编的程序行事，它不能独立思考，更不能有发明创造。

人工智能科学大有可为，前景无限广阔，人们期待它将为加速我国四个现代化大显身手。

## 五、计算机辅助系统

这是近十年内计算机应用的新领域。如计算机辅助设计（Computer-Aided Design）是使用电子计算机及（带光笔的）智能终端、绘图仪，用人/机联作及人/机对话方式进行大型项目（如飞机、船舶、桥梁、大坝、电子线路及服装等）的设计。又如计算机辅助教学（Computer-Assisted Instruction），是把电子计算机作为学习机。它利用计算机具有存贮和逻辑判断功能，把学习资料、各种课程及一整套学习计划预先存贮在计算机内。学生在终端上进行学习，与计算机处于对话状态，计算机能指出学生在学习过程中的错误，并按学生回答的情况，来选择下一个学习课题（课程）或进入下一个学习阶段。显然，这是一种符合循序渐进，诲人不倦的教学方法。此外还有计算机辅助医学诊断（Computer-Aided Diagnosis）计算机辅助情报检索（Computer-Assisted Information Retrieval），计算机辅助制造（生产）（Computer-Aided Manufacturing）等，它们都在各行各业中发挥着重要的作用。

除了数值计算以外，上述其它应用属于计算机的非数值应用领域。计算机的应用从数值发

展到非数值，这在计算机的发展史上是一个跃变。它使计算机不再成为少数人手中的珍品，而走出了科学家、工程师及软件专家们的高阁，进入到银行、企业、商店、工厂、办公室等各种场所，甚至渗透到家庭生活之中，从而把“阳春白雪”的时代变为“下里巴人”的天下。目前电子计算机正向更高的运算速度，更强的功能和稳定性，以及微型化和智能化的方向发展。如果说以往的工业革命是以蒸汽机和电为代表的动力革命的话，那么，这一次工业革命就是以电子计算机为代表的信息革命。由于电子计算机具有“思维”能力，因此它的作用将远远超出蒸汽机和电给人类所带来的影响。可以预计，随着电子计算机的普及和广泛应用，一场深刻的信息革命将要到来，它必将对工农业、文化教育、科学技术、国防建设和社会服务行业等各个领域，甚至社会面貌带来深刻的影响。

## § 1.2 电子计算机的发展概况

电子计算机是人类在长期生产实践中，为减轻繁重的劳动和加快计算过程，创造并逐渐发展起来的计算工具，是生产和科学技术发展的必然结果。自古以来，我国劳动人民在计算技术方面就有很多发明创造。早在春秋时代（公元前 770 年至 221 年）就有“筹算法”，唐朝末叶就创造出算盘，南宋时期（公元 1274 年）就有了算盘歌诀的记载，后来算盘还流传到国外。世界上最早的计算工具算盘的发展是我国劳动人民集体智慧的结晶，是中华民族对计算机科学的重要贡献之一。随着生产的发展，计算工作日趋复杂（如需计算开方、三角函数等）开始出现了比较先进的计算工具。1642 年法国制成第一台机械计算机，1654 年出现了计算尺。1887 年制成手摇计算机，直到 1946 年在美国出现了世界上第一台电子计算机——“ENIAC”电子数字积分计算机。这是一个重三十吨，占地 170m<sup>2</sup> 的庞然大物。它共用了 18800 支电子管和 1500 支继电器，耗电 140 度/时。为了散热，还专门配备了一台三十吨重的冷却装置。它由美国陆军部主持，由宾夕法尼亚大学的工程师 J. P. 埃克特和物理学家 J. W. 毛希利设计。ENIAC 的加法运算速度为 5000 次/秒，乘法速度为 56 次/秒，比继电器计算机快一千倍，比手算快 20 万倍。当时给它提出的第一道题是核子物理方面的，用两小时就算出来了，若由一个优秀计算员至少要 100 年才能完成。尽管 ENIAC 与近代的电子计算机，尤其是同微型机相比，相形见绌，显得傻大黑粗，但是它毕竟是历史上第一台电子计算机，它的出现宣布了一个新事物的诞生，被誉为新工业革命的开始。

电子计算机自 1946 年出现以来发展很快，目前已经经历了四个发展阶段，现正向第五阶段发展。

第一阶段（第一代）：以电子管为主要元件；计算机结构以中央处理机 CPU 为中心进行组织，使用机器语言，手工操作，人-机关系直接且紧密；主要用于科学技术计算。

第二阶段（第二代）：以晶体管为主要元件；计算机结构代之以存储器为中心，引进通道概念；创立了一系列程序设计语言，出现了多道程序技术，相应地出现了管理程序这种小型操作系统来管理各种资源；计算机应用也扩大到数据处理、事务管理方面。

第三阶段（第三代）：以集成电路为主要元件；机器结构仍以存储器为中心，通过存储器总线连接中央处理机 CPU 通道、输入输出设备等；引入了终端设备概念，使用户可以远距离使用计算机；软件功能大大扩充，各种算法语言进一步完善，同时出现了会话型语言、文件系统以及具有实时、分时与远距离成批处理的大型操作系统；计算机应用范围已普及到各个领域。

第四阶段（第四代）：采用大规模集成电路和半导体存储器；在结构上则以分布式计算机概

念来组织，还出现了一些新的系统部件；高速度大容量的巨型机、功能较强的各种微型机纷纷问世。在软件上，各种高级语言十分丰富，在操作系统的基础上引进了数据库管理系统，计算机向网络化方向发展。这一阶段，硬件与软件有更多的结合，出现了软件工程、软件硬化等技术，计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造等十分活跃并开展了人工智能等方面的研究，使计算机的应用范围更为广泛，已渗透到社会的各个方面。

目前世界上一些科学技术先进的国家正在研制第五代电子计算机，这是一种进行知识处理的人工智能计算机。其特点是：改变以往电子计算机只计算和处理数据的局面，把简单的信息处理转为知识处理，能够解决各种问题和进行推断，具有较高的人工智能。这种计算机具有近似人脑的功能，能直接处理声音、文章、图形、照片、图像，并能在它所贮存的大量知识信息的基础上，对未知问题作出判断、推论和解答。第五代电子计算机将以它的结构与过去各代电子计算机相区别。它将由分别具有各种功能的许多部分组成。如有的部分会推论，有的部分会联想，有的部分会学习，有的部分会贮存知识信息，有的部分会辨认文章、文字和图像等。这种电子计算机即使其某一部分发生了故障，它也能继续工作。现在的电子计算机是用纸带、卡片或磁介质来贮存信息的，第五代计算机将把人的声音、图表和手书文字等贮存起来，而且能用日常语言编制程序，以便于人们掌握，在社会上广泛应用。

我国的电子计算机事业，在共产党的正确路线指引下，各行各业协同努力，从无到有，从小到大，发展很快，并开始在国民经济中广泛应用。但是我国计算机的生产和使用状况还比较落后，在硬件制造工艺和软件资源的开发方面与先进国家相比还有较大差距，这有待我们继续努力，迎头赶上。

### § 1.3 电子数字计算机的硬件组成

电子计算机是一种功效很高的实现信息处理的自动机和计算工具。但是，它也是从最简单的计算工具，如算盘、手摇计算机逐步发展起来的。因此，要了解电子计算机是怎样工作的，先让我们回忆一下人们是怎样用算盘进行计算的。例如要计算：

$$Y = \frac{22 + 150 \times 113}{250}$$

可以分以下几个步骤来进行：

1. 把 22 打在算盘上；
2. 乘以 113；
3. 加上 22；
4. 除以 250；
5. 把计算结果 67.8 记在纸上。

在计算时，利用了纸、笔和算盘等工具，人通过思考用手照上面的步骤进行操作。

电子计算机是模拟上述解题过程的自动机。因此在用计算机解题时，必须事先由人根据题意确定计算方法和编出计算步骤（即程序），连同用到的数据通过输入设备一起送入计算机，然后启动机器，使机器按照人所规定的计算顺序自动地完成整个计算，并把计算结果显示给算题的人。计算机种类很多，系统不一，但他们都具有最基本的共同点。

为了使计算机具有能按照人们事先安排好的计算顺序自动地完成计算的功能，电子计算机必须具备下列这些基本部件（图 1.1）：

#### 一、运算器

计算机要能自动、快速地进行加减乘除四则运算及逻辑运算，它必须有相当于算盘的运算器。应指出：参加运算的数据是不能在存储器中进行运算的，必须把数从存贮单元中取出来，送

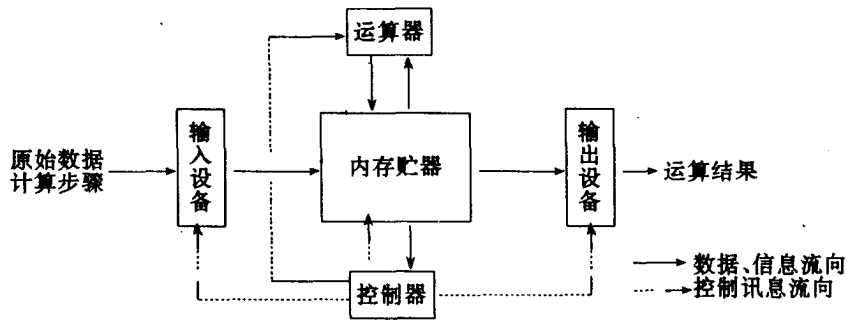


图 1.1 电子数字计算机组成框图

入运算器进行运算，所得的答案或中间结果，一般还需要再放入存贮器，以备以后的运算使用。为此，必须在运算器中设有暂时保存操作数的设备，后者叫做寄存器。在一台计算机的运算器中寄存器的数目越多，这种计算机的功能就越强。

## 二、存贮器

存贮器也叫内存贮器或简称内存或主存。电子计算机能自动地运算的主要原因之一，是它具有记忆功能。它能起着相当于笔和纸的作用，以“记住”计算步骤、原始数据、中间结果和最终结果。简言之，存贮器就是用来存贮程序和数据的。

通常，电子计算机的内存贮器是用磁芯体做成，利用磁芯的两种磁状态来表示二进制数的“0”和“1”。象一座大楼一样，存贮器是由一些编了号的“单元”（称存贮单元或叫做“字”）组成。每一个单元就相当于大楼的一个房间，单元的编号就相当房间的号码。习惯上把单元的编号称为该单元的地址。我们要找到大楼里的某个人，就必须知道他所住的房间号码；同样，要找到存贮器里某个代码，也必须知道存贮该代码的那个单元的地址。

一般这些存贮单元用来存放指挥机器操作的指令及参加运算的数据。在存贮单元中无论指令还是数据都是以机器能懂的二进制代码来存放的。一个存贮器的容量的大小是按存贮单元的个数来计算的。存贮单元还有另一个名称，叫字节（Byte），字节的个数代表了存贮单元的个数，即代表了存贮器的容量。通常把一个字节含有多少个二进制位，叫做字节的长度。这相当于一个房间有大有小，可用平方米作单位来度量一样。一个字节一般被定义为 8 个二进制位（bit）电子计算机按其用途与性能不同，存贮器的大小也不一样。如有的计算机只有 6 万 4 千字（或字节），有的有 51 万 2 千、64 万 2 兆和 8 兆字（或字节），甚至更多。

## 三、控制器

计算机要有一个起相当人的脑和手的作用，支配计算机自动进行操作的控制器。它是计算机的“神经中枢”。由它统一指挥和控制计算机各部分的联系。例如上例中从纸上“取”一个数据到算盘上，和把结果“存”到纸上，是由人脑和手完成的。而在计算机中则全由控制器发出命令，什么时候取数，从何处取数，送到何处，进行什么运算，算完后的结果送到哪里等等。

## 四、输入和输出设备

只有上述三种设备，计算机还不能工作。因为要算题和处理数据，必须把原始数据和规定的计算步骤（程序）送入计算机，而计算结果又要由计算机输出和显示出来。这种人和计算机联系的桥梁，称为输入和输出设备。

常用的输入和输出设备有：光电纸带输入机，电传打字机（可输入信息，也可打印运算结果，是人机对话的主要设备），宽行打印机（用于输出运算结果，其打印速度比电传打字机快），

快速穿孔机(可将计算机内的程序和数据穿成纸带),终端字符显示器(其键盘作用同电传打字机带有荧光屏显示速度快字迹清晰无噪音使用方便),X-Y坐标绘图仪等。

### 五、外存贮器

因为内存贮器的容量是有限的,所以一般电子计算机都配有外存贮器,用作内存的后备存贮。凡是内存中不经常使用的信息和软件程序,都可以成批地存放在外存贮器中,使内存存放当前更急需的信息和程序。常用的外存贮器(简称外存)有磁带、磁盘和磁鼓。外存的工作速度都比内存要低,且与运算器没有直接联系,但其容量较大。如有的磁盘容量可达10兆字节,40兆字节,256兆字节甚至更多。外存贮器实际上可视为一种“输入/输出”设备。

综上所述,我们把组成电子计算机的这五个部分,称为硬件(hardware)或硬设备。在电子计算机中,通常把运算器、控制器和内存贮器这三部分设备合称为主机(main frame)而把其中的运算器和控制器合称为中央处理机(CPU)。所谓外部设备(external equipment)系指除主机以外的其它通用“输入/输出”设备,一般指外存(磁带、磁盘、磁鼓)打印机、穿孔机、卡片读入机、字符显示终端、电传打字机等输入输出设备。而外围设备(peripheral equipment)一般指计算机系统中除主机以外其它围绕主机而设置的所有各种设备。除外存和通用“输入/输出”设备以外,还有模-数、数-模转换器、数据终端设备、开关量“输入/输出”器、外围处理机等。在过程控制应用中,外围设备一般专指计算机系统以外的其它专用设备,而计算机的外部设备则不包含在内。

以上我们只是介绍了最简单的电子计算机的硬件组成。实际上它是以存贮器为中心的计算机硬件系统体系结构。目前电子数字计算机的体系结构已十分先进,并发生了根本性的变化。

## § 1.4 电子计算机(硬件)的主要技术指标

为了评定各种计算机技术性能的好坏,通常把能在一定程度上反映计算机性能的一些参数,作为衡量标准。一般一台电子计算机的技术性能是由它的系统结构、指令系统、硬件组成、外部设备的配置情况以及软件是否丰富等多方面因素决定的,不是根据一两项技术指标就能得出结论。这里我们仅介绍硬件方面的几项主要技术指标:

### 一、字长

指一个机器字的二进制位数的长短,字长标志着计算机的精度。巨型机或大型机字长一般为32~64位;中型机字长多为32位;小型机一般为16~32位;微型机字长为4~16位,但8位的占多数。很多机器可以进行半字长、单字长、双倍字长或多倍字长的运算。

### 二、内存容量

按字为单位来计算,也可按字节为单位来计算。每1024个字节或字(简称为1K字节(或字))。

现代计算机主存的容量可划分为:大型机或巨型机一般为2~10兆(用M代表兆,1M=1千K字(字节)左右;中小型机一般为几十K到几兆字(字节)左右,最常见的为32K,64K,128K,256K字(字节))微型机一般为4K~512K字节,甚至可达到4兆字节。

### 三、存取周期

在运算器与内存贮器之间把信息代码存入存贮器,称为写入(简称写或存);把信息代码从存贮器取出,称为读出(简称读或取)。存贮器进行一次完整读写操作所需的全部时间,也就是

存贮器进行连续读写操作所允许的最短时间间隔，称为存取周期。它是反映存贮器性能的一个重要参数，也是反映整个计算机性能的一个重要参数。目前，磁芯存贮器的存取周期为零点几微妙到几微妙；半导体集成电路存贮器的存取周期为 100 纳秒到几百纳秒。

#### 四、运算速度

它是用每秒所能执行的指令条数来表示的，单位为次/秒。由于执行不同的指令所需时间不同，这就产生了如何计算运算速度的问题。目前有三种计算方法：一是根据不同类型指令在计算过程中出现的频繁程度，乘上不同的系数，求得统计平均值。这时所指的运算速度是平均运算速度；二是以执行时间最短的指令（加法）为标准来计算运算速度，如 IBM-PC XT 的运算速度约为 50 万次/秒，就是指做定点加法运算时的速度；三是直接给出每条指令（单项操作）的实际执行时间和机器主频，如某机做定点加法操作实际执行时间为 1 微妙，即表示做定点加法运算的速度为每秒 100 万次。

#### 五、允许配置外部设备的最大数量

它是指该计算机系统允许配置多少外部设备。一般小型、微型机能配置的外部设备比较少，而大、中型计算机允许配置的外部设备的数量就比较多。

## § 1.5 电子计算机的软件系统

### 一、电子计算机系统

前面我们谈到电子计算机时，在习惯上总是针对电子计算机的硬件而言，而没有把电子计算机的硬件和软件看成一个整体，以建立起电子计算机系统的概念。这是因为在电子计算机出现的初期以及后来一个时期，电子计算机的发展往往只是由硬件来决定的（当时对电子计算机的使用和管理还停留在手工操作方式）。随着电子计算机的迅速发展及其在各个部门的广泛应用，机器规模越来越大，体积越来越小（微型化），配置的外设越来越多，对主机的运算速度和存贮容量的要求越来越高；主机运行的相对高速度同外设运行相对低速度之间的矛盾越来越突出；不同用户对计算机功能的要求也都越来越高。因此，如何对庞大复杂的计算机进行自动管理，充分发挥其效能和潜力的问题已提到议事日程。通过实践，人们发现单纯的计算机硬件系统对计算机的使用和管理来说，并不总是方便和有效的，因此有必要在计算机硬件的基础上为其配上一套软件系统，使计算机硬件和软件相结合形成一个比较理想的系统，使这种系统具有效率高、使用方便、灵活和功能强的特点。因此，对当代的电子计算机来说，应该把它看成是一个完整的电子计算机系统，包括硬件系统和软件系统两大部分。

所谓硬件 (Hardware) 又称硬设备，这是指组成电子计算机的任何机械的、电子的、磁性的、光的装置或部件，亦即计算机系统中除信息、数据和程序以外的各种实际装置的总称（全套裸机）。

所谓软件 (Software) 又称软设备，这是指为方便用户、扩大计算机功能、充分发挥计算机效能和潜力，并对计算机实行自动管理而配置的各种程序的总称。所以有人也把软件叫做程序系统。也可以说，软件是指计算机载体——纸带、卡片、打印纸、荧光屏、磁带和磁盘等介质上信息的集合。

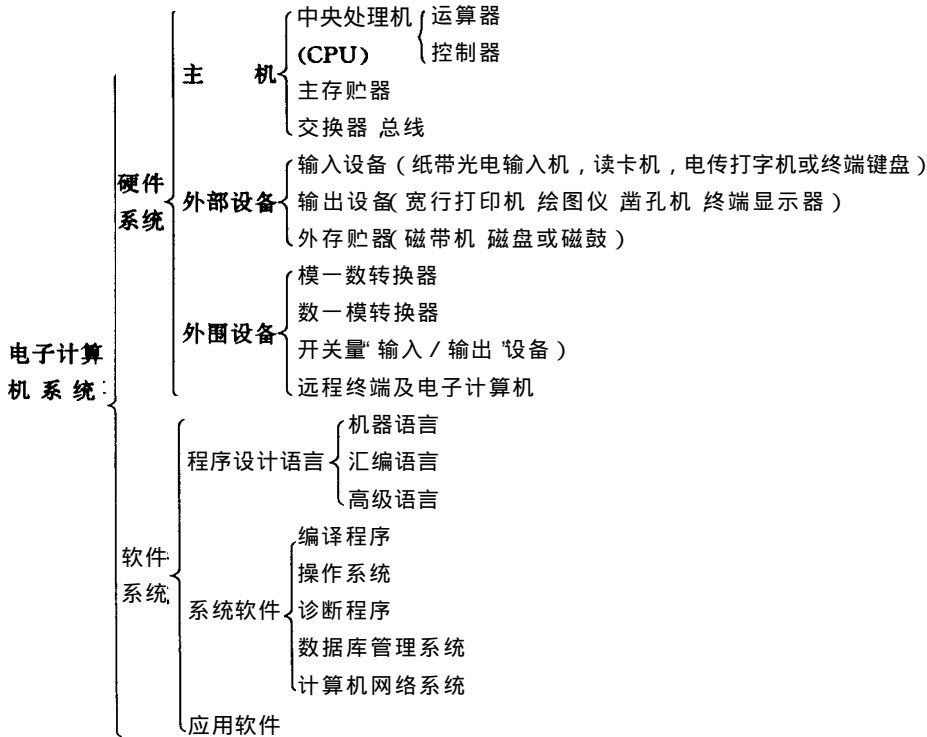
在电子计算机系统中，硬件是计算机赖以进行工作的基础，软件是计算机所要完成的种类繁多的任务的体现，它们有机地结合在一起，形成一个统一体。近年来，计算机科学技术日新月异，计算机软件发展很快，几乎所有的电子计算机都配有功能完备的软件，以致于脱离了计算

机软件就不能有效地使用电子计算机。

一个具体的电子计算机系统，所包含的硬件和软件数量是各不相同的。究竟应包括多少，应根据电子计算机的规模、应用场合及对电子计算机性能的综合要求来确定。

一般，一个较完整的电子计算机系统的组成可简略表示如表 1.1。

表 1.1



## 二、电子计算机软件系统

电子计算机软件系统主要包括各种程序设计语言、系统软件和应用软件等。

### 1. 程序设计语言

前一节我们介绍了电子计算机的硬件组成。那么，是否只有硬件，计算机就能工作了呢？不能。这是因为，计算机完全不懂人的语言和意图，所以，人们无法直接命令计算机做什么或怎么做。我们知道：计算机本身并没有创造能力，它只能机械地从事规定的基本操作（如加、减、乘、除和逻辑运算）。我们要让计算机听我们的话并给我们算题，进而得出正确的答案，就必须首先由人根据计算问题的特点编制计算步骤，这种计算步骤是由计算机能懂得的一系列命令所组成的。通常，我们把机器能“懂得”的一条命令称为“指令”。由一系列“指令”组成的某一问题的解题计算步骤称为“程序”。按照机器所规定的指令，编制某一计算题目的程序，这项工作叫做“程序设计”。

程序设计语言是软件工作者为用户直接提供的使用计算机的工具。其中包括机器语言、汇编语言及高级语言。

#### (1) 机器语言

用二进制代码形式的机器指令所表示的语言，称为机器语言（Machine Language）。机器语言程序（又称手编程序）是由一系列用二进制代码所表示的指令所组成。机器语言的优点是执行的速度快、效率高，不需经过翻译即能直接为电子计算机接受并加以执行。但手编程序有

很大的缺点：首先是工作量大，机器几秒钟计算完的问题，人们可能要用几天时间来编程序，因此需要一支庞大的编写程序的队伍；其次，手编程序是由一大堆繁琐的二进制代码组成，缺乏直观性，又不便于记忆、书写、阅读、检查和交流，而且非常容易出错。最后，手编程序是用机器指令编成的，它对机器的依赖性很大，使用者必须十分熟悉所用的计算机的指令系统和机器性能。同一题目，改用另一种型号的机器来计算时，原有的程序就完全不适用了，必须重新编制程序。

近代计算机，除了程序系统中必要的一小部分程序目前仍采用手编程序外，其余大部分程序设计工作已经不再采用手编程序了。

### (2) 汇编语言

为了克服机器语言及手编程序的缺点，最早产生了“汇编语言”。

汇编语言(Assembler Language)是一种面向机器的、用符号表示的程序设计语言，也称为“符号指令代码”。它通常使用英文字母构成具有特定含义的“单词”作为记忆码。用这种语言书写的程序，由于含意直观、书写方便，从而提高了编写程序的效率。

要指出的是，用汇编语言编写的程序不能被计算机直接接受，需要为它提供一个称为“汇编程序”的软件，把所编的汇编语言程序“翻译”成计算机能接受的机器语言程序，后者称为目标(目的)二进制格式程序。把汇编语言程序翻译成机器语言程序的工作叫代真，但这些工作并不由用户自己去做，这是由系统软件中的汇编(编译)程序来自动完成的。其过程如图 1.2 所示：

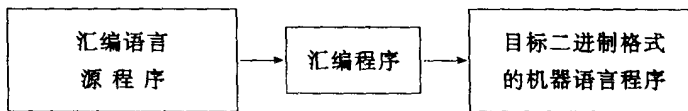


图 1.2 汇编过程

汇编语言比机器语言进了一步，它能使程序员摆脱计算机的一些事务性的细节处理(无需死记机器指令内部代码；还摆脱了程序员自己处理二-十进制转换和内存分配等问题)而使程序员专心考虑本身的设计和算法等问题。汇编语言是系统软件和应用软件工作者必须掌握的工具之一。但是汇编语言属于面向机器的语言，这种语言是为特定的计算机或某一类计算机而设计的程序设计语言。这种语言还保留了机器语言的外形，即由操作码和地址码组成指令这个外形。汇编语言编写的源程序仍是由一条条的符号指令所构成，它和手编程序的代码指令基本上是一一对应的。当然，汇编语言也具有宏指令功能，但为了编写程序，使用者仍然要去熟悉所用的计算机的指令系统。因此，为了满足科学计算和工程计算的需要，在电子计算机发展的同时，相继产生了许多接近于数学计算公式、解题过程和接近人的自然语言习惯的各种高级语言。

### (3) 高级语言

自电子计算机问世以来，相继出现了多种高级程序设计语言(简称高级语言或进化语言)。有的高级语言(用于数值计算)又叫做算法语言。高级语言是一种面向过程或面向问题的语言，它们比较接近数学公式，程序不同地使用了一些自然语言，并不同程度地摆脱了对计算机的依赖。使用这种程序设计语言在计算机上解题或进行信息控制及管理，可以独立于计算机，亦即人们可以不必去了解和记住计算机的内部逻辑、结构和它的特性，而把主要精力用于考虑问题、算法的逻辑和过程的描述。由于这种语言描述解题过程(即编制程序)比较接近于人们的习惯，因此具有易学、易懂、便于普及和交流的特点。高级语言的出现使程序设计从专业人员手中

解放出来，大大简化了编制、调试程序的过程，减轻了人们的劳动，提高了计算机的使用效率，为计算机的广泛应用开辟了广阔的前景。

高级语言是一种形式语言，它摆脱了对机器和机器指令的依赖，是人-机交换信息的工具。每种高级语言都有确定的字符组（即字母、数字、运算符号及专用符号的总称）；以及用这些字符组成具有确定意义的语句的一套规则，即语义和语法。在这些语言中，语句是计算机语言的基本单位，它好象是对计算机发的一个命令。实际上它对应于手编程序或汇编程序的一个程序段。通常把用汇编语言和高级语言编写的程序称为源程序，源程序是由一系列语句所组成的。

目前，在高级语言中有广泛应用于科技和工程计算的 FORTRAN、ALGOL 语言；有对计算机的普及和教学起了极大作用的 BASIC 语言；有适用于数据处理、行政管理和商用的 COBOL 语言；有在计算机语言理论上做出巨大贡献的 PL/1 汇集型通用语言，它汇集了 ALGOL、FORTRAN 和 COBOL 语言的许多功能，还包括了实时控制能力；有按照结构程序设计原则设计的 PASCAL 语言，它适用于教学、科学计算和编制系统软件；此外还有用于数控方面的 APT 语言、宜于处理矩阵的 APL 语言以及适于符号、表处理和人工智能研究的 LISP 语言。近年来，随着电子计算机的广泛应用，还出现了 C、FORTH、ADA、PROLOG 及 SMALLTALK 等各种新型的计算机语言。这些语言的出现，将使电子计算机的应用发展到一个新的阶段。

用高级语言编写的程序，机器并不懂，必须经过翻译，转换为机器能识别的二进制代码才能为计算机接受和执行，并得到正确的结果。当然这项翻译工作并不需要程序设计者去做，而是事先通过系统软件人员编制一个相应于某种高级语言的翻译程序作为一种系统软件，将其存于机器内部，需要翻译时才供使用者调用。通常翻译程序有两种基本工作方式：一种为“编译型”比如 FORTRAN、ALGOL 语言就是采用这种方式，它把由这种语言书写的面向某一计算问题或过程的整个源程序全部一次翻译成等价的、可被计算机接受和执行的目标二进制格式的目标程序（它可能是汇编语言程序或机器语言程序。若为后者，则目标程序即为结果程序，机器可直接执行。若为前者，还需进行汇编工作才能变成结果程序）这种把源程序“编译”成目标程序的翻译程序，称为编译程序（Compiler）。它是存贮在计算机中的一种软件。图 1.3 为 FORTRAN 语言的编译执行过程。

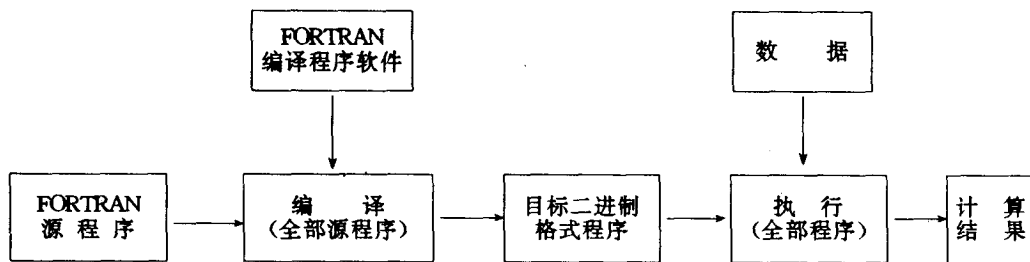


图 1.3 FORTRAN语言源程序的编译和执行过程

经编译后，程序执行时的效率是高的，但编译时要进行相当复杂的操作（如要进行扫描等），并要占用较大的内存。

另一种翻译工作方式是“解释型”，它把源程序语句逐条翻译成机器指令，边解释边执行，翻译完了也就执行完了。解释型还有另一种工作方式，即先将程序翻译成一种中间程序（称为“换码”）然后取一句中间程序边分析边执行（也称解释执行）接着再取一句中间程序再分

析和执行，直到全部解释执行完，得到计算结果。解释型的翻译程序，称为解释程序（Interpreter）所对应的语言称为解释性语言。在解释型的两种方式中，第二种相对速度较快，故目前常采用第二种解释方式。高级语言中的 BASIC、LISP 等语言属于解释型语言。BASIC 解释执行过程如图 1.4 所示。

编译程序和解释程序之间的差别在于，解释程序不产生目标二进制结果程序，而是直接执行源程序本身。解释程序一般比编译程序要花费较多的时间，但它能节省内存空间，故一般在小型机、微型机上容易实现。

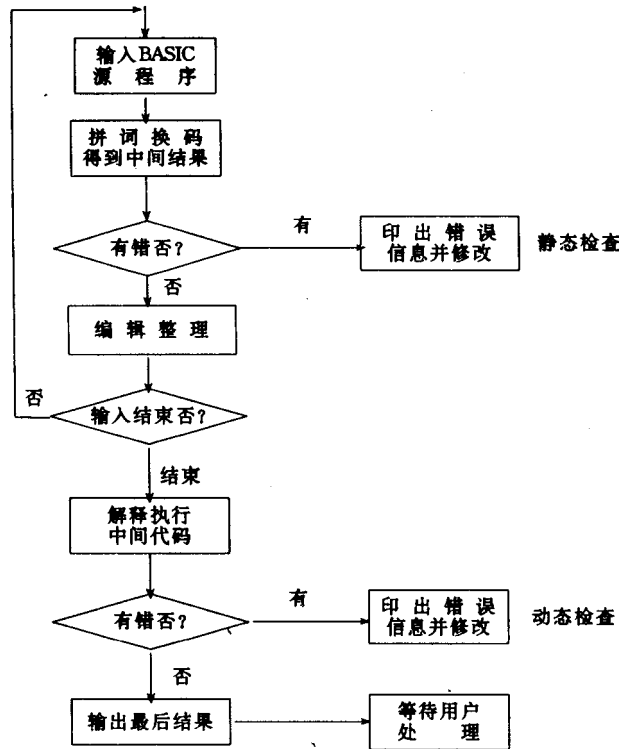


图1.4 BASIC解释程序的解释和执行过程

有些语言的源程序翻译成结果程序，要经过几次翻译过程。例如 APT N 数控语言必须先翻译成 FORTRAN N，然后再经过编译成为一种汇编语言程序，最后还需经汇编程序翻译成机器指令代码程序。通常程序设计语言越高级，编制程序的工作就越简单，但一个源程序语言所对应的基本操作就越多，计算机的翻译工作量就越大。尽管这样，由于计算机运算的速度高、翻译过程比较快，而且准确，因此，人们总是希望通过配置系统软件（如编译程序）让机器代替人多做一些工作。

## 2. 系统软件

系统软件（System software）又称基本软件（Basic software），它由计算机工厂提供，连同硬件一同卖给用户。系统软件一般是指能提供共同服务的那些软件，是由系统程序员设计和编写的。系统软件包括各种程序设计语言的编译程序、装配程序、操作系统、诊断维护程序等等。

编译程序 一般用汇编语言或用面向过程（或问题）的高级语言编写的程序叫源语言程序（简称源程序），这种程序不能被计算机直接识别和接受，而必须经过翻译程序（Translator）将其翻译成目标程序，才能被计算机执行。每种程序设计语言均有相应的翻译程序。

汇编程序用于把汇编语言书写的源程序翻译成对应的目标（二进制）程序，其翻译过程比较简单，一般通过二、三次扫描即可完成翻译工作。

**FORTRAN,ALGOL** 等高级语言的翻译过程，要多次扫描，进行相当复杂的操作。

编译程序生成目标程序的形式有两种：一种称为浮动目标程序，即按源程序各部分（对 **FORTRAN** 语言，按每个子程序等）进行编译，使这些部分成为可装配程序。在编译阶段子程序之间或程序库程序之间不做连接，在执行前必须采用连接编辑程序（装配程序）把必要的程序连接起来，组成可执行程序。另一种是生成可直接执行的目标程序，编译后即可执行，不需要连接步骤，但需要把完整的源程序汇集起来进行一次编译，这种形式称为编译执行方式。

**装配程序** 我们知道，一张报纸是由许多篇文章组成，往往这些文章又是由不同作者写成。因此，排版时必须有一个总编辑负责，将文章删繁就简编成报纸。编程也是这样，一个大程序可以分成许多小程序，甚至也可由几个程序设计者编写。一个程序，除了主程序外，往往还有若干子程序，而且程序中还要调用标准子程序库中的若干标准子例程等等。为此，基本软件中还提供一个装配程序 **Loader**（即连接编辑程序），它的主要作用是把不同来源（如主程序、子程序以及它们所引用的标准子例程）的二进制目标模块组合装配成一个完整的可加载执行的目标程序。该软件平时存贮在外存（如磁盘）中。当需要调用它时，可使用操作系统命令把它加载到内存，并执行之。

**操作系统 OS(Operating System)** 它是基本软件的主要组成部分。它组织整个计算机的工作流程、管理 **CPU** 和外部设备、处理操作员的命令和各种中断等等。操作系统是为提高整个计算机系统的使用效率、扩大计算机功能、尽量减少人工操作和干预、实现计算机操作过程自动化而设计的大型程序系统。一般，操作系统由许多具有控制和管理功能的子模块所组成。计算机中所有其它系统都在它的控制下进行。操作系统具有处理机管理、存贮管理、“输入/输出”管理、文件系统管理和作业控制管理等功能。操作系统的出现和完善，使计算机完全摆脱了手工操作方式，实现了对计算机的批量处理、多道成批处理、分时和实时等多种自动管理方式，大大提高了计算机的使用效率。

**诊断维修程序** 这是面向计算维修、管理人员的软件，它可减轻机器维修人员的劳动。计算机的诊断维修是由系统所配置的“调机程序”和“诊断修复程序”来实现的。当检查维修机器时，就执行调机程序，以查找机器中出故障的部件并能精确指出损坏部件的部位和原因。

**日常事务管理系统** 计算机配置有日常事务管理程序，以记录机器运行的情况。它包括运行日记、故障记录以及其它各类资料的统计，并记录用户使用情况：包括用户登记，新用户立户头时记入单位、口令、帐号、关键字等有关信息 还能进行会计记录 统计使用主机时间、内存及外设的使用情况等。

**数据库管理系统 DBMS** 它是数据库系统的核心，是一套管理数据库的软件，是操纵和管理数据库的工具。它具有数据库定义、管理、维护和通信等功能。多种用户和应用程序可用不同方法，同时或不同时地通过它去建立、询问和修改数据库。数据库管理系统通常是在操作系统的支持下工作，因此它要求操作系统提供更灵活、更完善的文件操作和较强的实时和分时处理能力。

**计算机网络系统** 所谓计算机网络，从理论上讲，就是将不同地理位置上的多台独立的计算机和终端设备，通过通讯线路和设备将它们彼此连接起来，形成一个完整、独立的计算机系统，以达到对计算机资源——硬件、软件和数据库共享的目的。计算机网络是当前计算机使用的最高形式。

### 3. 应用软件

应用软件又称为专用软件，它是计算机使用者按应用需求来设计的、并用来解决某些专门问题的标准程序。应用程序一般由使用者自己开发或由软件公司提供。通常应用软件是以文件形式存放在磁盘上，并在操作系统的控制下运行。有时，应用软件包括系统软件中的具有较强通用性和适应性的标准程序（如科学子程序库，文字编辑程序，浮动装配程序，符号查错程序 程序库文件编辑程序等）以及某些服务程序（如系统拷贝程序 盘、带转贮程序 引导程序等）。但多数情况下，应用软件是针对某项科技、工程中的实际问题，由用户自己专门编写程序（一般用汇编语言）作为标准用户程序，将这一专门软件存于磁盘中，供用户随时调用作为处理程序（有时要输入参数）以实现数据处理、科学计算和过程控制等。

## 第二章 BASIC 语言概述

### § 2.1 什么叫 BASIC 语言？

BASIC 是英文 **Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code** 的缩写，其意为“初学者通用符号指令码”，简称为 BASIC 语言。它是 1965 年由美国新罕布什尔州（**New-Hampshire**）达特蒙斯（**Dartmouth**）学院的 **J. G. Gemeny** 和 **T · E · Kurtz** 二位教授为学生学习程序设计而创立的一种程序设计语言。经过多次修改，目前已发展成为一种国际上通用的进化型高级语言。这种语言可适用于数值计算、信息管理和控制；具有适于初学、通俗易懂和使用方便的特点。它特别适合于对初次接触程序设计的人进行“启蒙”教育，便于在社会上推广和普及电子数字计算机。目前，这种语言在国内外已普遍使用，在一些发达国家中，已在中学推广，列为正式课程。随着大规模、超大规模集成电路的出现，近年来微型计算机、个人计算机大量问世，结构简单的 BASIC 解释程序这一软件极易在这类计算机上配置和实现，从而使 BASIC 语言的使用范围进一步扩大，现在它已渗透到各行各业，甚至生活领域，其作用已远远地超出了教学范围。

### § 2.2 BASIC 语言的特点

BASIC 语言有以下几个特点：

#### 1. 语言结构简单，适于初学

BASIC 同其它进化语言一样是一种方便用户使用的高级语言，但它的结构要比其它语言（如 FORTRAN）简单得多。基本 BASIC 只用少数（约 20 多个）英语单词和规则不多的简单语法构成 17 条语句，加上一些标准函数，就能比较完整和准确地用来描述用户的计算过程和实现小型的信息管理及控制，具有中等文化程度的人，稍加训练即可掌握。BASIC 语言对计算机语言的教育和普及起了很大的作用。

#### 2. BASIC 是一种会话型语言，具有人机对话功能

这是指 BASIC 程序的编制、调试、修改和运行在用户和计算机之间是交错进行的。联机式操作是这种语言的另一特色，用户可通过键盘输入和调试程序，计算机能及时给用户提供信息，指出错误，做到边排、边修改程序，一直得到正确结果为止。用户还可在键盘上敲入命令，干预程序的运行。

BASIC 语言的人机对话功能，是通过键盘和荧光屏显示来实现的，这不仅给调试程序带来了方便，而且稍微增加一点硬、软件设备，即可直接将此语言用于小型数据处理和信息管理及控制。

3. BASIC 是一种通用的高级语言，它既可以进行数值运算，也可以进行非数值运算，适用的范围是比较广的。此外，BASIC 还提供一种立即执行方式，即可直接使用某些 BASIC 键盘运算命令来进行运算。

#### 4. 从软件实现方法看，BASIC 源程序是通过 BASIC 解释程序解释执行的

与其它高级语言（如 FORTRAN, ALGOL 等）相比，在用软件对 BASIC 语言实现“翻译”

的方法上，存在一些差别。

对 FORTRAN、ALGOL 等高级语言，这是通过所谓编译程序 (Compiler) 将由这种语言书写的面向某一计算问题或过程的整个源程序一次翻译成等价的、可被计算机接受和执行的目标二进制格式程序。

通常，BASIC 语言是采用所谓解释程序 (Interpreter) 来对 BASIC 源程序进行翻译和执行的。解释程序逐条地对 BASIC 源程序中的语句进行解释和执行，其解释执行过程如图 1.4 所示：用键盘输入的源程序，经解释程序逐条对其单词和符号进行拼词换码工作，得到中间代码，经编辑整理之后解释执行中间代码，直到得到计算结果。遇有错误，解释程序会向用户立即指出，供用户及时修改。

解释程序的执行一般比编译程序 (将整个源程序一次翻译成目标二进制格式程序并一次执行) 要花费较多的时间 (损失了计算速度) 但能节省内存空间。这是 BASIC 解释程序的主要特点。目前在许多微型计算机上，还配置了 BASIC 编译程序，其目的是为了提提高 BASIC 语言的执行效率。

### 5. BASIC 语言的缺点

BASIC 语言是一种小型算法语言，由于它是被解释执行，运算速度慢，因而它只适用于一般的科学计算和小型事务管理。此外，由于它在允许数的范围，简单变量的数量、数组的维数和大小、自定义函数的自变量个数等方面都受到了限制，且从形式定义上看，BASIC 语言没有 FORTRAN、ALGOL 语言的语法那么严密、紧凑和条理清晰，因而使这种语言的应用范围受到了一定的限制。

近年来已有许多新的 BASIC 语言版本问世 (如 IBM-PC BASIC, VAX-11 BASIC 以及编译型 BASIC)，它们除增加和扩展了许多功能很强的语句和函数以外，还注意了提高程序的执行效率和引入结构程序设计特点。所有这些都使 BASIC 语言在计算机应用中发挥越来越大的作用。

## § 2.3 BASIC 语言的基本成分 (词法)

一般，我们把语言的最小构成单位称为语言的基本成分，以自然语言来说，其基本成分就是它的词汇和各种标点符号，下面我们就来介绍 BASIC 语言的各种基本成分，即研究它的词法。

### 一、BASIC 字符集

通常在 BASIC 语言中字符集包括 56 个基本字符，它们是 BASIC 语言中不可再分的最小成分，字符集列表如下：

编号	分类	字符	数量
1	大写英文字母	A, B, C, ..., X, Y, Z	26
2	数字	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0	10
3	标点符号	. 小数点, 逗号, 分号, 引号 (前括号) 后括号, 冒号, 问号	8
4	运算符	+ 加号 (正号) - 减号 (负号) * 乘号 / 除号 ^ 幂运算符 (如 A <sup>3</sup> 写成 A ^ 3)	5
5	(注) 关系符	= 等号 < 赋值号 > 大于号 < 小于号	3
6	专用符号	\$ 货币号 % 百分号 # 井号 空格	4

(注 关系符虽然只有三个，但可以用它们组成 >= (大于等于号), <= (小于等于号) 及 <> (不等号)

## 二、基本词汇

BASIC 的基本词汇是构成 BASIC 语句的专用符，它包括句首定义符和句中定义符。这些专用符可以是英文单词或缩写字头。基本词汇列表如下：

基本词汇	符 号			数 量
句首定义符	PRINT(打印)	LET(让)	INPUT(输入)	17
	READ(读)	DATA(数据)	RESTORE(恢复)	
	END(终止)	GO TO(转到)	REM(注释)	
	IF(如果)	FOR(对于)	NEXT(下一个)	
	DIM(维数)	GOSUB(转于)	RETURN(返回)	
	STOP(暂停)	DEF(定义)		
句中定义符	TO(到) GO TO(转到) THEN(那么) STEP(步长) AT(在……地方)			5

## 三、标准函数

通常基本 BASIC 语言设有 12 个标准函数供用户选用。标准函数又可称为内部函数或基本函数，是软件人员事先为用户编好并可供用户随意调用的。用户要使用这些函数时，只要写上函数名并把自变量写在括号内即可。自变量可以是常数或变量，也可以是函数或表达式，但自变量必须用括号括起来。下表列举了这 12 个标准函数：

标准函数表

标准函数	功 能	说 明
SIN(X)	求 x 的正弦值 $\sin x$	x 的单位为弧度
COS(X)	求 x 的余弦值 $\cos x$	
TAN(X)	求 x 的正切值	x 的单位为弧度 当 x 接近 $\frac{\pi}{2}$ 或 $\frac{3\pi}{2}$ 的奇数倍，则 TAN(X) 可能会超过计算机允许的上限值而产生上溢
ATN(X)	求 x 的反正切主值	函数值单位为弧度，且 $-\frac{\pi}{2} < \text{函数值} < \frac{\pi}{2}$
LOG(X)	求以 e 为底的对数值 $\log_e x$ ，即求自然对数 $\ln x$	x 的值应为正
EXP(X)	求 x 的以 e 为底的指数 $e^x$	$e = 2.71828$ 。x 之值不能使函数值超过计算机允许的范围
SQR(X)	求 x 的平方根 $\sqrt{x}$	$x \geq 0$
ABS(X)	求 x 的绝对值 $ x $	
INT(X)	取不大于 x 的最大整数	如：INT(8.35) = 8, INT(-8.5) = -9
SGN(X)	求 x 的符号	符号函数 $\text{SGN}(X) = \begin{cases} 1 & (x > 0) \\ 0 & (x = 0) \\ -1 & (x < 0) \end{cases}$ 如 $\text{SGN}(40.2) = 1, \text{SGN}(-5.5) = -1$ $\text{SGN}(-0) = 0$
RND(X)	产生 (0,1) 区间的一个均匀分布的随机数	x > 0 产生不同的随机数 x < 0 产生相同的随机数 x = 0 产生与当前值相同的随机数
TAB(X)	制表函数或叫打印格式函数	要求 x > 0，把 x 的值自动取整，以此整数决定打印输出内容的起始位置