

序章 什么是计算机

一 电子计算机的发展

世界上第一台电子计算机 ENIAC 于 1946 年研制成功，至今，不到四十年时间，计算机已广泛应用于科学研究、工农业生产和人们生活的一切领域，而且推动着航天技术、生物工程等等许多学科的发展。因此，人们把电子计算机的诞生称为新的工业革命的开始。

计算机发展的原始动力是编制各类函数表及军事的需要。比如，十八世纪末，法国曾开始一个宏伟的计算项目。所有参加项目的人分成三类。首先由五、六名数学家确定选用的最佳的数学方法及公式。然后，由八至十位计算人员处理这些公式，并计算其主要数值。最后是由近百名初级计算人员完成制表阶段。该项目共书写了十七卷原稿。这种大量的计算任务促使数学家去寻找新的更加可靠的计算工具。大约在 1822 年，英国数学家查尔斯·巴贝奇完成第一台机械差分机，运算精度达 6 位有效数字，被用来进行各种数学表的计算。

约在 1833 年，巴贝奇开始设计新型分析机，它已具备现代计算机的结构设想。但是，由于当时组成机器的器件（齿轮、杠杆、……等等）的限制而无法完成。直到电子管被发

明之后，才诞生主要由电子管组成的 ENIAC 计算机。

通常，人们以电子器件的发展为标记，把电子计算机的发展划分为四个时代。

第一代，从1946年至1956年，称为电子管计算机时代，它以电子管做为计算机的基本元件。这个时期的计算机的体积大、功耗大、造价昂贵、运算速度慢、可靠性差，因此不能普遍推广使用。

1948年晶体管问世。晶体管比电子管体积小、功耗低、组成电路的工作速度快。因此，计算机中的电子管逐步被晶体管取代，1957年研制成功全晶体计算机 TRNSACS—1000，计算机进入第二代。

第三代集成电路计算机约从1964年开始。集成电路是通过半导体集成工艺，将许多逻辑电路集成在一块只有几平方毫米的硅片上，从而显著地缩小了计算机的体积，降低了功耗，提高了运算速度，尤其是降低了造价，使计算机的发展速度大为提高，应用范围显著扩大。

随着半导体制造工艺的发展，一块集成电路上的元件密度越来越大，集成逻辑电路的规模越来越大，出现了大规模集成电路。约从1970年开始，计算机采用了大规模集成电路，进入了第四个发展时代。

目前，计算机继续向着巨型、微型、网络和人工智能等方向发展。巨型计算机是高速、大容量的计算机，它是计算机科学发展成果的集中体现；微型计算机是用一片或几片集成电路组装成的一台完整计算机。它的造价低廉，应用灵活，从而得到飞速发展；计算机网络是把多台计算机连接成网，每台计算机不但能独立工作，还能调用公共资源和其他计算机的资源，甚至彼此通讯和协作；约从1982年起，已着

手研制的第五代计算机，也叫人工智能计算机。机器人已经不是小说中或银幕上的科学幻想，有的已走上警岗指挥交通，有的已进入生命禁区作业，人工智能计算机将为人类设计出人们意想不到的新型机器。

到目前为止，不论是巨型机还是微型机，从整机或部件对信息加工的过程看，还仍按 ENIAC 时代由冯·诺依曼等人提出的程序控制方式工作。因此，有人说计算机仍处在童年时代。已有人提出新型计算机结构的设想。

二 什么是计算机

人们随身携带的计算器（如图 1）并不能称做计算机，它虽然能进行算术运算和一般函数运算，但是，计算的每一步都必须进行人工干预。计算器是把各种运算规则存入机器内，按动一个操作键只完成一种运算。解一道题的每一步，以至计算一个公式的每一步都需要手工操作，不能全部自动完成。

计算机（如图 2）是程序控制自动机。用计算机处理实际问题，是把具体问题分析处理后编写成程序，然后把程序和原始数据输入计算机。计算机可以不用人工干预，自动加工处理，并输出结果。

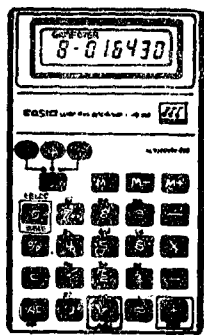


图 1 CASIO 计算器

计算机已向人类社会的各个领域渗透，就其职能可以分

为以下几个方面。

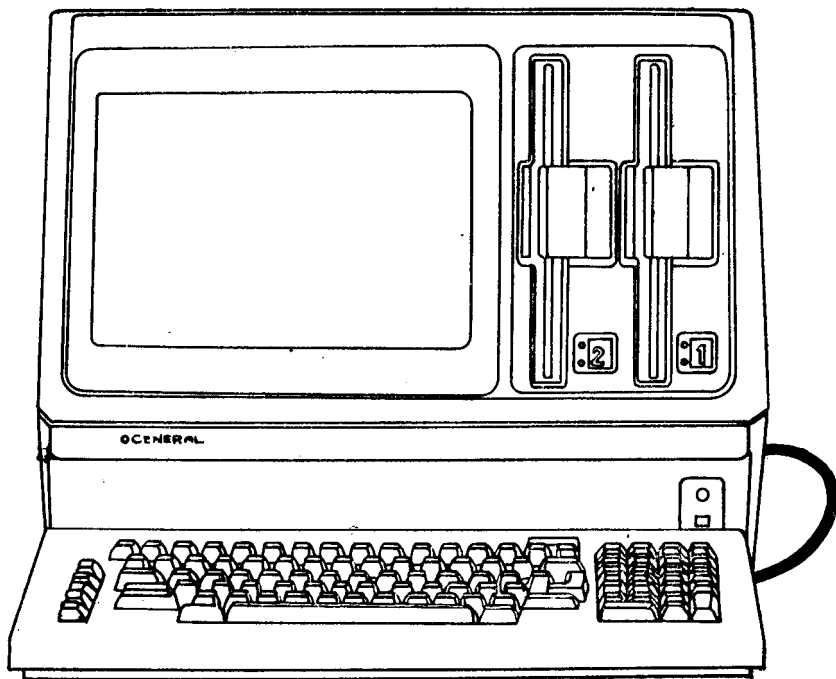


图2 通用中英文微型计算机

(一) 科学计算

前面已提及，计算机是适应复杂运算任务的需要而诞生的。计算机的发展促进了现代科学的进步。人造卫星和宇宙飞船的研制，复杂建筑结构的力学分析，物质微观结构的研究，...等等各种科学技术问题都依靠计算机来解决。

(二) 过程控制

生产过程的自动控制，机器自动加工，仪表的自动测量，...等等都是由计算机来实现的。计算机使生产过程自动化，不但减轻了工人的劳动强度，而且还提高了产品质量和合格率，降低了能源消耗和成本。

(三) 数据处理

计算机用于企业管理、会计和统计业务中大量的、重复的数据处理，也用于医学诊断和药剂配方，图书资料的管理、分类和检索，实验数据加工等等。

(四) 文字信息加工

科学家利用计算机著书，可以自动完成编辑、修改和排版工作。计算机可以使新闻资料、各类档案、商业信息的贮存和检索以及仓库管理自动化。

计算机还进入了社会服务和家庭生活领域。它是人类社会自动化绝对不可缺少的工具。

三 二进制数及其运算规则

所谓二进制数就是“逢2进1”的数。目前，在计算机内部，各种数都是以二进制形式存贮和运算。主要原因是：

第一，二进制数的每位数码只取“0”或“1”值。例如，二进制整数101101，二进制小数0.11011等等。因此，任何具有两个状态的元件或电路都可以表示一位二进制数码。用一个状态表示“0”，另一个状态表示“1”。例如，电

灯的“亮”表示“1”，“灭”表示“0”，电路输出的高电平表示“1”，低电平表示“0”等等，而且，当前能够可靠有效地用于组成电子计算机的只有两个状态的元件。

第二，二进制数的运算规则简单，在计算机中用电路执行各种运算比较方便。

二进制数的算术运算规则如下：

1. 二进制加法和减法

二进制加法的运算规则是：

$$0+0=0 \quad 0+1=1 \quad 1+0=1 \quad 1+1=10$$

例 1 $1101+1011=11000$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 1011 \\ \hline 11000 \end{array}$$

例 2 $1101-1011=10$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ - 1011 \\ \hline 0010 \end{array}$$

2. 二进制乘法和除法

二进制乘法的运算规则是：

$$0 \times 0 = 0 \quad 0 \times 1 = 0 \quad 1 \times 0 = 0 \quad 1 \times 1 = 1$$

例 3 $1101 \times 101 = 1000001$

$$\begin{array}{r} 1101 \\ \times 101 \\ \hline 1101 \\ 0000 \\ 1101 \\ \hline 1000001 \end{array}$$

例 4 $110111 \div 1011 = 101$

1. 十进制整数转换为二进制整数

把一个十进制整数转换成二进制整数采用除 2 取余法。也就是，把被转换的十进制数除以 2 得整数商，取出余数，做为二进制数的第一位，然后，再对商除以 2，得整数商，取出余数做为第二位，依此逐次对整数商除以 2，且取其余数做为第三、四、...等等各位，直到整数商为零止。将取出的余数按先后相反的次序排列组成二进制整数。

例 5 把十进制数 13 转换成二进制形式。

2	余 数
13	
2 6	1 ↑
2 3	0
2 1	1
0	1

即

$$(13)_{10} = (1101)_2$$

采用括号加下标的方法表示不同进位制的数，“下标值”为进位制的“基数。如， $(13)_{10}$ 表示 13 为十进制的数。

例 6 把十进制数 125 转换成二进制形式。

2	余 数
125	
2 62	1 ↑
2 31	0
2 15	1
2 7	1
2 3	1
2 1	1
0	1

即

$$(125)_{10} = (1111101)_2$$

2. 十进制小数转换为二进制小数

把一个十进制小数转换成二进制小数采用乘 2 取整法。把十进制小数乘以 2，取出整数部分，然后，再对乘积的小数部分乘以 2，再取其积的整数部分，依此，逐次对乘积的小数部分乘以 2，并取其积的整数部分，直到乘积的小数部分为“0”止。把逐次取出的整数按从前至后的次序排列组成二进制小数。

例 7 把十进制小数 0.625 转换成二进制形式。

$$\begin{array}{r}
 0 \quad \vdots \quad .625 \\
 \quad \quad \quad \vdots \quad \times 2 \\
 \hline
 1 \quad \vdots \quad .250 \\
 \quad \quad \quad \vdots \quad \times 2 \\
 \hline
 0 \quad \vdots \quad .500 \\
 \quad \quad \quad \vdots \quad \times 2 \\
 \hline
 1 \quad \vdots \quad .000
 \end{array}$$

即

$$(0.625)_{10} = (0.101)_2$$

例 8 把十进制小数 0.375 转换成二进制形式。

$$\begin{array}{r}
 0 \quad \vdots \quad .375 \\
 \quad \quad \quad \vdots \quad \times 2 \\
 \hline
 0 \quad \vdots \quad .750 \\
 \quad \quad \quad \vdots \quad \times 2 \\
 \hline
 1 \quad \vdots \quad .500 \\
 \quad \quad \quad \vdots \quad \times 2 \\
 \hline
 1 \quad \vdots \quad .000
 \end{array}$$

即

$$(0.375)_{10} = (0.011)_2$$

必须注意，一个十进制小数，只有每次乘 2 之积的小数

部分的有效数字位数逐次减少（即每次增加一个“0”），才能使其积的小数部分达到“0”，能够精确地转换成二进制小数。在多数情况下，乘2之积的小数部分永远达不到“0”。如对十进制小数0.1，不论进行多少次“乘2取整”运算，都不会使其积的小数部分为“0”，也就是说，不存在一个有限长的二进制小数精确地表示十进制小数0.1，对于这种情况，通常取有限位二进制小数近似地表示被转换的十进制小数。位数的选取决定具体计算机的字长。我们在学习中指定足够多的位数就可以了。

若一个十进制数即有整数又有小数，则需要把整数部分和小数部分分别转换。

例9 把十进制数53.875转换成二进制数的形式。

2	53	余	数	0	∴	.875	
						∴	× 2
2	26	1	↑	1	∴	.750	
						∴	× 2
2	13	0		0	∴	.500	
						∴	× 2
2	6	1		1	∴	.000	
						∴	× 2
2	3	0		0	∴	∴	
						∴	∴
2	1	1		1	∴	∴	
						∴	∴
	0	1		1	∴	∴	

即

$$(53.875)_{10} = (110101.111)_2$$

3. 二进制数转换为十进制数

一个二进制整数，从右向左，第一位代表“1”（ 2^0 ），第二位代表“2”（ 2^1 ），第三位代表“4”（ 2^2 ），第四位代表“8”（ 2^3 ）...等等。如二进制数101101对应的十进制数可以用下式计算；

$$1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2 + 1 = 45$$

一个二进制小数，从小数点起，向右第一位代表 2^{-1} ，第二位代表 2^{-2} ，...等等。如二进制小数0.101对应的十进制小数可用下式计算：

$$1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 0.625$$

用上述方法可以把任意一个二进制数转换成十进制数。

例 10 把二进制数1101.011转换成十进制形式。

$$\begin{aligned} (1101.011)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 8 + 4 + 1 + 0.25 + 0.125 \\ &= 13.375 \end{aligned}$$

即

$$(1101.011)_2 = (13.375)_{10}$$

例 11 把二进制数100101.1001转换成十进制形式。

$$\begin{aligned} (100101.1001)_2 &= 2^5 + 2^2 + 1 + 2^{-1} + 2^{-4} \\ &= 37.5625 \end{aligned}$$

即

$$(100101.1001)_2 = (37.5625)_{10}$$

五 计算机的组成

一个计算机系统由硬件和软件两部分组成。硬件就是组成计算机的实际物理器件。软件是各种各样的程序。

计算机硬件组成可分为主机和外围设备两大部分。主机部分包括存储器、控制器和运算器。外围设备包括输入设备和输出设备。主机和外围设备之间通过接口电路（称为通道）连接（见图3）。

存储器用于存储程序和数据，它是计算机的“仓库”。

存贮器的容量和操作速度是计算机的主要性能指标之一。

控制器是计算机的指挥中心。它调用存贮器中的程序和数
据，分析和处理程序，指挥运算器和外围设备工作。

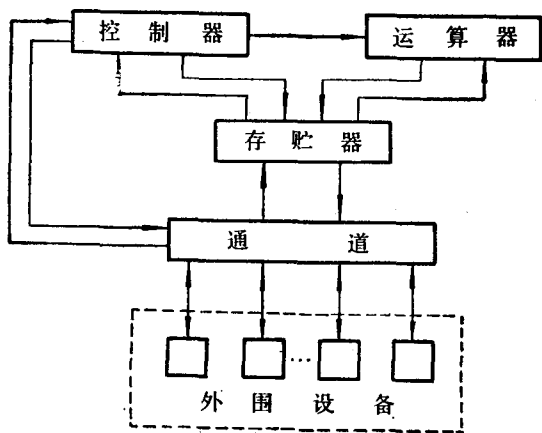


图 3 计算机基本框图

运算器是计算机的运算部件。它完成加、减、乘、除等
算术运算和逻辑运算。

输入设备把程序和原始数据输入给计算机。有时操作
员也通过输入设备发出指令，干预计算机的工作。

输出设备是计算机的出口，它把计算机内的运算结果
输出，也可以输出程序和其他数据。

控制器和运算器统称为中央处理器。

计算机软件分为系统软件和应用软件两大类。系统软
件是计算机研制厂家编制并随机附带的，它包括操作系统、编
译程序、诊断程序、管理程序等等。应用软件是计算机用户

为解决实际问题编写的应用程序。

不同的计算机，所包括的硬件结构和软件内容不同，其功能也有差异。用户根据实际需要，正确地选用计算机，可以得到最好的价格——性能比。

六 计算机语言和 BASIC 语言的特点

人与人之间传递信息是通过语言实现的。讲话、文字、图形等等都可以叫做人类语言。人们能够用这些语言传递信息的重要条件，是彼此之间都懂这种语言。一位中国人对不懂中文的英国人讲汉语，那将是徒劳的。你用钢笔给一位盲人写信，盲人自己没有办法弄清楚你的意图。因此，人类交流信息的语言是指互相理解的语言。

让计算机为人类服务，就要求有一种语言完成人与计算机交换信息，以及处理数据的功能，我们把这种语言叫做计算机语言。它是计算机能够理解的语言，人们学习它，从而使用它和计算机交流信息，让计算机为你服务。

计算机语言分为机器语言、汇编语言和高级语言。用机器语言编写的程序叫做目的程序。它是计算机唯一能够直接识别和执行的程序。编写这种程序是一件比较复杂和困难的工作。使用汇编语言编写程序，也需要在学习计算机原理的基础上才能进行。这两种语言都是面向机器的计算机初级语

使用高级语言编写程序和人们习惯使用的语言（英语）及数学公式相似。而且，学习和使用这类语言的读者可以不懂计算机原理和结构，只要掌握它的语法规则和计算机的基本要求就可以编写程序。这种程序稍加修改，甚至原封不动

就能在不同的计算机上运行。这就为计算机的使用创造了条件。

计算机语言是计算机系统软件的一个组成部分。目前已有近百种适用于不同用途的高级语言。比较普遍使用的有 FORTRAN、ALGOL、BASIC、COBOL、PASCAL ... 等等。

使用高级语言编写的应用程序叫做源程序，计算机不能直接运行这种源程序。系统软件人员用机器语言编写一种编译程序，计算机首先利用编译程序把源程序翻译成目的程序，然后，计算机再运行这种目的程序（见图 4）。

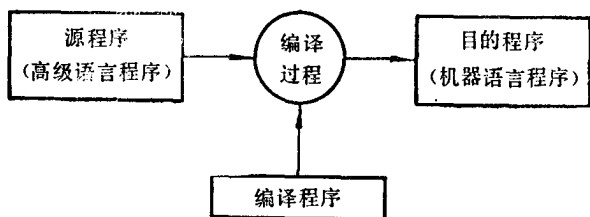


图 4 源程序的编译过程

BASIC 语言是一种初学者使用计算机的高级语言。在各种高级计算机语言中，它是比较简单的一种，易于学习和使用。

但是，BASIC 语言又是一种很有效的语言，它适用于自然科学、社会科学和经济管理等许多领域。因此，在目前的大、中、小和微型计算机中都配有 BASIC 语，言供用户使用。

BASIC 语言是一种会话式语言，使用方便，易于检查、发现和修改程序中的错误。它的会话形式特别适用于教学、企业管理。比如，可以代替教师对学生提问，批改试卷和作业，指导实验和处理实验数据等等。

计算机处理用BASIC语言编写的源程序不同于用其他高级语言编写的源程序，它不是把源程序全部翻译成目的程序后再运行，而是通过一种解释程序，把源程序逐条解释，解释一条（和相关条）后立即运行（图5）。

同一种高级语言在不同的机器上基本是一致的。用同一种语言编写的源程序一般可以通用。但是，机器不同，同一种语言的规定和要求也略有差异。有时，要把编制好的源程序移至另一台机器上去运行，需要略加修改，因此，在使用具体计算机之前，应该仔细阅读有关说明书。

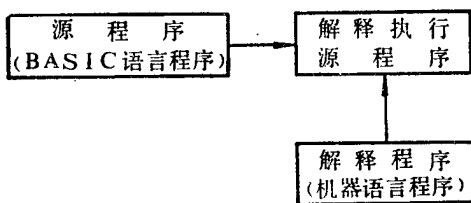


图5 BASIC源程序执行过程

第一章 BASIC 语言的基本概念

1.1 常量和变量

在 BASIC 语言中使用的数据分为两类：一类是在程序运行的始终一直保持不变的量，叫做常量；一类是在程序运行过程中随时可以改变其值的量，叫做变量。

常量和变量各自又分为两种不同类型，一种是数值量，另一种是字符串量。数值量可以参加算术运算、逻辑运算和关系比较；而字符串主要用于文字描述，也可以参加某些运算。后者是我们还不熟悉的一种特殊的量，通过后面的描述和应用，可以逐步建立起有关字符串的概念。

一、数

数值常量就是我们平常所说的数。在 BASIC 语言中使用的数，如果不特别说明，一般是十进制实数。

在 BASIC 语言中的数有两种表示形式：

1. 日常记数形式

由正、负号（正号可省略不写）、数字和小数点组成的普通十进制数，如

510 -149 43.52 1.0 25
-25.0 0.056 0.015 -0.012

等等，都是日常记数形式的数。它直观地表示出数值的大小

和小数点的位置。

2. 科学记数形式

科学记数法也叫指数记数法，是把一个数用指数和尾数两部分表示。如，十进制数

256346725

可以写成

$$2.56346725 \times 10^8$$

它在 BASIC 语言中的科学记数形式为

$$2.56346725E + 08$$

其中字母“E”代表十进制基数“10”，并把指数写在平行的位置上。

科学记数形式举例如下：

数 值	科学记数形式
4.35×10^7	4.35E + 07
1.05×10^{-6}	1.05E - 06
2.15×10^{12}	2.15E + 12
0.153×10^{-15}	1.53E - 16
-1.25×10^{-4}	-1.25E - 04

“数值”栏中的数是在数学中使用的形式，其后对应的科学记数形式就是它们在 BASIC 语言中实际使用的形式。

字母“E”前面的数叫尾数，表示该数的有效数字。它只能且必须有一位整数，其余有效数字在小数点之后。

不同的机器对有效数字的位数有不同的限制。当实际数值的有效数字位数超过规定位数时，对超过的部分做舍入处理。比如，APPLE I 机最多有 9 位有效数字。

字母“E”后为阶码（也叫指数），表示小数点的实际位置。它由两位数字和一位符号组成。