

现代工程师继续教育电视讲座教材

计 算 机 技 术

J I S U A N J I J I S H U

吴伟雄 王人骅 曹锦芳 编



工 人 出 版 社

现代工程师继续教育电视讲座教材

计 算 机 技 术

吴伟雄 王人骅 曹锦芳 编

工人出版社

一九八八年九月

《计算机技术》内容简介

本书是“现代工程师继续教育”电视讲座中“计算机技术”的配套文字教材。它较全面地介绍了计算机的一般知识,其具体内容包括计算机的硬、软件和应用。

本书不仅可作为一般工程技术人员学习计算机知识的教材,也可作为大专院校非计算机专业学生学习计算机知识的参考。

计 算 机 技 术

吴伟雄 王人骅 曹锦芳 编

工人出版社出版(北京安外六铺炕)

新华书店北京发行所经销

北京怀柔县孙史山印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13.5 字数 280000

1988 年 12 月第 1 版 1988 年 12 月北京第 1 次印刷

印数: 1—19000

ISBN 7-5008-0379-6/G. 32 定价: 5.00 元

前 言

本书是受中央广播电视大学委托,为播出“现代工程师继续教育”电视讲座中“计算机技术”课程而编写的文字配套教材。全书共讲授 40 学时,内容与录像基本一致。

计算机技术是每个工程技术人员必须具备的基础知识和技能。学习、掌握和应用有关计算机科学的知识是当前提高工程技术人员水平的一个重要方面。由于综合介绍计算机科学的书藉并不多,因而组织编写了这方面的教材。

本书涉及面极广,它包括计算机科学的许多领域,其中很多问题本身就可扩大成一门计算机方面的有关课程。故学习完本教材后就能对计算科学的主要知识有一个比较全面的了解,为今后结合工作进一步学习计算机知识打下较扎实的基础。

全书共分四节:第一节介绍计算机的构成及硬件的主要功能;第二节介绍有关软件(含软件工程)的主要知识;第三节介绍数据结构及建立数据库的有关知识;第四节概括介绍了计算机的应用范围及主要应用技术。

本书是为具有大专以上文化程度的工程技术人员编写的。由于电视教学的特点,在教材编写上力求便于自学,尽量争取较通俗的的讲法以帮助学员建立基本概念。为了帮助大家掌握有关知识,在每节后还附有复习思考题。它可供自学者使用。

在本书编写过程中参阅了大量有关书藉和资料,因篇幅有限,这些书名和资料名及作者没有一一列出。在此,向有关作者表示感谢。

本书的绪言、第一、二节由吴伟雄编写,第三节由王人骅编写,第四节由曹锦芳编写。由于编者水平有限,时间紧迫,书中错误和不妥之处,在所难免,诚望读者批评指正。

本书承北京市科协黄寿年和中央电大李富山同志仔细审阅了全部内容并提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

编者 于北京航空航天大学

一九八八年九月

目 录

绪言	1
第一节 计算机系统	3
一、计算机的构成及硬件系统	3
(一) 计算机的构成	3
(二) 不同的进位制及其转换	5
(三) 中央处理器 CPU 及指令系统	8
(四) 主存贮器	12
(五) 中断系统	13
(六) 外部设备	14
二、微型计算机系统	16
(一) 微型计算机的发展	16
(二) 微型计算机系统的特点和主要性能参数	17
复习思考题	19
第二节 计算机软件系统	21
一、程序设计语言	21
(一) 模型、算法与程序	22
(二) 程序设计语言的语法和语义	23
(三) 程序设计语言的翻译	26
(四) 程序设计语言的基本语法成分	28
(五) 主要程序设计语言的介绍	30
(六) 程序设计语言的选择	39
二、结构程序设计	40
(一) 三种基本结构	40
(二) 结构程序设计要求	45
(三) 自顶向下(Top—Down)的程序开发方法	46
(四) 程序的自顶向下的调试	47
(五) 程序正确性证明	49
三、软件工程	49
(一) 软件的开发过程	50

(二) 几种设计方法	53
四、操作系统	62
(一) 操作系统的分类	63
(二) 操作系统的主要管理功能	66
五、软件工具	71
复习思考题	73
第三节 数据组织与存贮	75
一、数据结构	77
(一) 线性表	77
(二) 栈和队列	83
(三) 树和图	87
(四) 文件结构	103
二、数据库技术	111
(一) 数据库的基本概念	111
(二) 数据模型	115
(三) 数据库管理系统	132
(四) 数据库设计	134
复习思考题	142
第四节 计算机应用技术	145
一、概述	145
二、数据处理	148
(一) 基本概念	148
(二) 数据处理在管理中应用的发展过程	149
(三) 管理信息系统	152
(四) 数据处理程序举例	160
三、情报检索	164
(一) 基本概念	164
(二) 情报检索的基本原理	167
(三) 情报检索提问举例	169
四、计算机网络	170
(一) 基本概念	170
(二) 计算机网络协议	173
(三) 局域网及应用举例	175
五、汉字处理	178
(一) 基本概念	179
(二) 汉字输入	180
(三) 汉字字形的计算机存贮	184
(四) 汉字输出	188
六、过程控制	193
(一) 过程控制的基本概念	193

(二) 计算机过程控制基本原理及计算机特点.....	196
(三) 计算机过程控制的分类.....	198
(四) 自动化立体仓库举例.....	200
七、科学计算.....	202
(一) 基本概念.....	202
(二) 科学计算程序编制举例.....	205
复习思考题.....	207

绪 言

数字电子计算机的出现是近代科学的重大成就之一。它的出现有力地推动了其它科学技术(包括社会科学),甚至文化艺术的发展。数字电子计算机的发展是建立在微电子技术发展的基础上的。自第一台数字电子计算机出现后,在短短的四十几年内,它的发展速度和成就是惊人的,它已在各个领域得到广泛的应用。现在,计算机技术已成为每个工程技术人员必须具备的基本知识和技能之一。

数字电子计算机经过不同的发展阶段,每个阶段都比前一阶段有一个质的飞跃。

1946年世界上第一台电子计算机出现后,一直到1958年,所出现的计算机被称作第一代数字电子计算机。这代计算机的硬件特点是:以电子管组成基本逻辑电路,用延迟线或磁鼓(后期用磁蕊)作内存贮器,用磁带机作辅助存贮器,机器的总体结构是以运算器为中心,体积大、重量重、价格贵、可靠性差。软件特点是以机器指令为主,程序员只能在熟悉计算机内部结构基础上采用机器语言编写程序,后逐渐发展形成汇编语言。计算机的应用以科学计算为主。由于价格昂贵,数量少,因此应用不够普遍。

1958年到1964年出现的计算机被称作第二代数字电子计算机。在硬件上,它的基本逻辑电路全部采用晶体管分立元件,内部全部采用磁蕊,辅助存贮器开始使用磁盘,机器的总体结构改为以存贮器为中心,运算速度大大提高,重量、体积显著缩小。在软件上出现了面向用户的高级程度设计语言(如Fortran、COBOL等),这时的程序员不必过多的了解机器内部的构造,就能编制程序;使用亦方便;单道、多道管理程序的形成,提高了机器利用率。应用转向以数据处理为主并向通用方向发展。

1964年到1970年出现的计算机称作第三代计算机。它的硬件特点是:基本逻辑电路皆用小规模集成电路构成,内存贮器除了用磁蕊构成外,还出现了半导体存储器,外部设备逐渐增加,机器的体积、重量、价格进一步缩小和下降,运算速度和可靠性显著提高。软件亦获得迅速发展,出现各种管理程序、汇编程序、编译程序、解释程序、装配程序和调试程序,操作系统已逐渐形成系统软件。这一代计算机的出现促进了应用领域的扩大,它已广泛应用于工业控制、数据处理和科学计算。

1970年后的数字电子计算机进入第四代发展阶段。这一代计算机普遍采用大规模或超大规模集成电路构成逻辑电路,组件是以子系统功能为基础,内存改为MOS电路,并且出现虚拟存贮,体积再缩小,重量再减轻,价格下降,对使用环境要求降低。软件更趋于完善,软硬结合,有些软件已硬化,即软件固化在硬件中。这一阶段还出现了微型机、计算机网络,发展极为迅速。

目前已进入第五代计算机发展阶段,第五代计算机将是智能型的,它能进行知识推理。与此

同时,微型计算机朝着超级发展和多 CPU 发展;并且巨型机继续发展;中小型计算机逐渐被超级微型机替代。

数字电子计算机具有以下特点:

1. 运算速度快 现在已出现每秒计算几亿次的计算机。高速运算的计算机能使原来无法用手工计算完成的问题得以解决。如有些数学证明,气象预测等;
2. 高度自动化 计算机能够按照人们预先编排好的程序顺序,在计算内部相应产生各种控制信号,进行操作,完成全部运算工作,不需要人的干预;
3. 具有巨大的存贮能力 这种巨大的存贮能力,人是无法与其比拟的。它一方面能存贮,一方面能快速的查询;
4. 计算精度高 一般有效数值精度可达十几位,而且工作可靠;
5. 具有逻辑判断能力 它除了具有数值计算功能外,还有逻辑推理和逻辑判断能力,它可以对两种信息进行比较,根据结果判断下一步应如何运行;
6. 工作可靠性高 特别是采用了集成电路后,性能稳定,机内焊点、引线减少使计算机的故障大大下降、无故障时间明显增加。
7. 使用方便 如果经过短期训练,中学水平的人就能运用自如。

目前计算机的应用范围极广,如利用计算机进行工程设计和绘图,工业生产过程控制,质量控制、设备管理、仓库管理、会计核算……。能否应用计算机已可成为衡量一个企事业单位科学、技术、生产、管理水平标准之一。企事业单位使用计算机后将取得巨大的经济效果。

第一节 计算机系统

电子计算机是一种能自动、高速进行大量计算工作的电子设备。电子计算机可分为数字和模拟两大类。数字电子计算机能通过数据的输入,进行指定的数值运算和逻辑运算,对各种问题求解,能通过对信息的加工来解决数据处理问题,它的运算精度高、灵活性大,便于贮存信息和程序,所以目前大量使用的都是数字电子计算机。模拟电子计算机能模拟问题中的物理量:如压力、温度,电压等,模拟电子计算机一般可用于仿真研究,其解题速度亦快,但精度有限,信息贮存不方便。通常所说的电子计算机或计算机,除了另有说明外,一般都是指数字电子计算机。本书所提及的电子计算机或计算机都是指数字电子计算机。

一、计算机的构成及硬件系统

(一)计算机的构成

数字电子计算机系统是由硬件和软件组成的,其中硬件包括主机(Main Frame)、外部(外围)设备(Peripheral Equipment)和电源等;软件包括系统软件、应用软件及其有关资料等。主机包括中央处理器(Central Processing Unit 简称 CPU)、主(内)存贮器(Main Memory、或 Internal storage)。外部设备包括终端、打印机、绘图机、磁盘机、磁带机等。软件是计算机系统的重要组成部分,没有软件的计算机称为裸机,无法使用;缺乏资料的软件则不能充分发挥计算机软件的作用,所以计算机系统必须配有相应的软件与资料。数字电子计算机系统的构成见表1-1。

不同的数字电子计算机系统其设计目的各有偏重,有的计算机设计目的偏重科学计算(与绘图),有的偏重数据处理,也有的偏重过程控制。因此,在选用计算机时必须注意其设计目的,否则或不能满足使用要求,或不能充分发挥其作用。

目前,计算机的中央处理器、主存贮器和控制外部设备工作的控制部件多数都是由大规模集成电路(Large Scale Integration 简称 LSI)和超大规模集成电路(Very Large Scale Integration 简称 VLSI)构成的。大规模集成电路与超大规模集成电路的划分,至今尚无一个公认的标准。一般,集成度在 100 门以上或 1000 个元件以上的集成电路称为大规模集成电路;集成度在 1 万门以上或 10 万个元件以上的集成电路称为超大规模集成电路。它们具有体积小、功耗小及性能价格比高的优点。计算机由于采用了大规模集成电路和超大规模集成电路,它的运算速度得到很大的提高,而且价格下降、体积缩小。

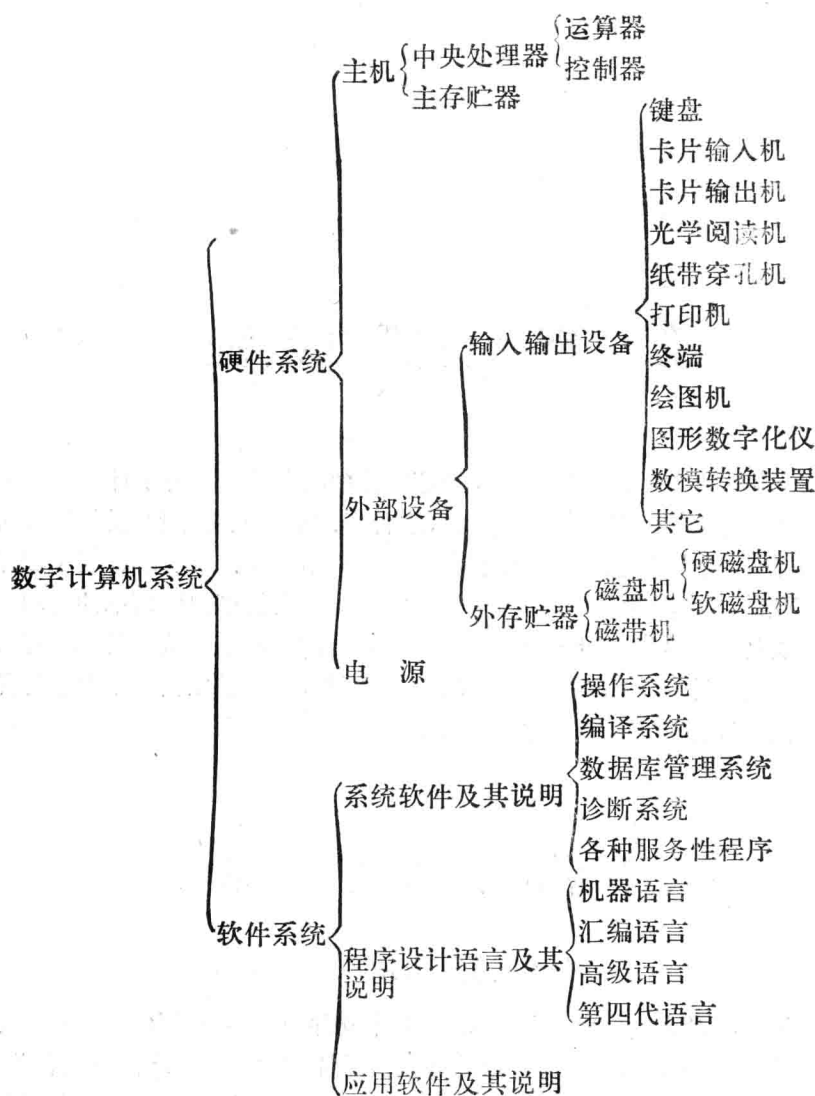


表 1-1 数字电子计算机系统的构成

数字计算机一般是以一串二进制位数组成一个处理单位的。字 (word) 是计算机进行处理的单位, 可用它来表示数据字、控制字和状态字等。计算机的基本操作通常都是以固定字长的字作为操作对象的。以字为单位处理信息的功能部件称为基本功能部件, 基本功能部件包括寄存器、加法器、多路选择器、移位寄存器、计数器、译码器及其它算术逻辑运算部件。通常计算机的字长有 4 位、8 位、16 位、32 位、40 位、48 位等。一般字愈长, 功能愈强, 字较长的具有较强的运算能力, 较高的运行速度, 较大的寻址能力, 能配备较大的主存贮器, 但价格较贵。在选购计算机时, 如果运算要求高, 条件许可, 应该选择字长 32 位以上的计算机。

字节(Byte)亦是一个处理单位。一个字由若干个字节组成。字节有 4 位、6 位、8 位之分, 最常用的是 8 位二进制位数。

通常键入的字母、数字和字符可转换成一字节长的相应二进制字符编码。最通用的二进制字符编码有 ASCII 码和 EBCDIC 码。ASCII 是 American Standard Code for Information Interchange 美国信息交换标准码的缩写。EBCDIC 是 Extended Binary-Coded Decimal Int-

exchange Code 扩充的二——十进制交换码的缩写。他们都是用八位一字节表示一个字符的。现以两种字符编码表示的部分字符,列表 1-2 如下:

表 1-2

字符	EBCDIC 码	ASCII 码	字符	EBCDIC 码	ASCII 码
A	11000001	01000001	S	11100010	01010011
B	11000010	01000010	T	11100011	01010100
C	11000011	01000011	U	11100100	01010101
D	11000100	01000100	V	11100101	01010110
E	11000101	01000101	W	11100110	01010111
F	11000110	01000110	X	11100111	01011000
G	11000111	01000111	Y	11101000	01011001
H	11001000	01001000	Z	11101001	01011010
I	11001001	01001001	0	11110000	00110000
J	11010001	01001010	1	11110001	00110001
K	11010010	01001011	2	11110010	00110010
L	11010011	01001100	3	11110011	00110011
M	11010100	01001101	4	11110100	00110100
N	11010101	01001110	5	11110101	00110101
O	11010110	01001111	6	11110110	00110110
P	11010111	01010000	7	11110111	00110111
Q	11011000	01010001	8	11111000	00111000
R	11011001	01010010	9	11111001	00111001

这两种码除了相同的二进制数表示不同的意义外,其最大差别为 EBCDIC 码的数字编码大于字母编码; ASCII 码的数字编码小于字母编码,这对排序、字符处理和逻辑运算的结果有影响。现在的微型计算机大都用 ASCII 码,IBM 计算机(其微型机除外)用 EBCDIC 码。

(二) 不同的进位制及其转换

使用计算机时,将可能遇到十进制制,二进制制、八进制制或十六进制制。但计算机在处理所有的数,所有的字母和符号等实际上都用二进制数进行或二进制编码表示和进行的。

1. 各种进位制数的一般表示方法

任何一个“P”进位制数(P 为大于 1 的整数)都可表示为

$$\begin{aligned}
 N_P &= X_{n-1} \cdot P^{n-1} + X_{n-2} \cdot P^{n-2} + \dots + X_1 \cdot P^1 + X_0 \cdot P^0 + X_{-1} \cdot P^{-1} + X_{-2} \cdot P^{-2} \dots + X_{-m} \cdot P^{-m} \\
 &= \sum_{i=n-1}^{-m} X_i \cdot P
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$

其中 m, n 为自然数,且

$$-m \leq i \leq n$$

一般情况下,常把一个数的位值省略,而用其系数表示一个数,如(1.1)式可改写成

$$N_P = X_{n-1} X_{n-2} \dots X_1 X_0 . X_{-1} X_{-2} X_{-3} \dots X_{-m} \tag{1.2}$$

当 $P=10$ 时,即为十进位制。十进位制用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数码表示数,它的基数是 10,“逢十进一”。十进位制是人们日常生活最常用的数制。在计算机输入或输出数时,一般都用十进位制。

当 $P=2$ 时,即为二进位制。二进位制用 0、1 两个数码表示数,它的基数是 2,“逢二进一”。二进位制是计算机的基本数制。

当 $P=16$ 时,即为十六进位制。十六进位制用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A (或 $\overline{10}$)、B(或 $\overline{11}$)、C(或 $\overline{12}$)、D(或 $\overline{13}$)、E(或 $\overline{14}$)、F(或 $\overline{15}$)十六个数码表示数,它的基数是 16,“逢十六进一”。十六进位制在计算机中主要用于查询表示上。

当 $P=8$ 时,即为八进位制,八进位制用 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数码表示数,它的基数是 8,“逢八进一”。八进位制主要用于字长六位的计算机的查询表示上。

2. 不同进位制数的转换

不同进位制的数可以相互转换。十进位制、二进位制、八进位制、十六进位制数之间的关系如表 1-3 所示。

十进位制、二进位制、八进位制、十六进位制数码对照表

表 1-3

十进位制数码	二进位制数码	八进位制数码	十六进位制数码
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

任何进位制数都可转换成十进位制数,转换是很方便的,只要按 1.1 式展开即可。如有二进位制数 101.1101 转换成十进位制数,则为

$$\begin{aligned}
 (101.1101)_2 &= 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 0 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} \\
 &= 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25 + 0 + 0.0625 \\
 &= (5.8125)_{10}
 \end{aligned}$$

上式()外的下标表示进位制,如 $(\dots)_2$ 表示二进位制, $(\dots)_{10}$ 表示十进位制。

十进位制数转换为其它进位制数时,其整数部分与小数部分要分开进行。现以十进位制数转换成二进位制数为例,如有 $(238.8294)_{10}$ 欲转换时,整数部分按下法进行:多次用2除238,直到所得商等于零为止,相除过程中的余数即为二进位制数。

$$\begin{aligned}(238)_{10} &= (k_{n-1}k_{n-2}k_{n-3}\dots k_1k_0)_2 \\ 2 \overline{)238} \\ 2 \overline{)119} \dots \dots \text{余数为 } 0 \ (k_0) \\ 2 \overline{)59} \dots \dots \text{余数为 } 1 \ (k_1) \\ 2 \overline{)29} \dots \dots \text{余数为 } 1 \ (k_2) \\ 2 \overline{)14} \dots \dots \text{余数为 } 1 \ (k_3) \\ 2 \overline{)7} \dots \dots \text{余数为 } 0 \ (k_4) \\ 2 \overline{)3} \dots \dots \text{余数为 } 1 \ (k_5) \\ 2 \overline{)1} \dots \dots \text{余数为 } 1 \ (k_6) \\ 0 \dots \dots \text{余数为 } 1 \ (k_7)\end{aligned}$$

$$\therefore (238)_{10} = (k_7k_6k_5k_4k_3k_2k_1k_0)_2 = (1110\ 1110)_2$$

小数部分 $(0.8294)_{10}$ 可转换成下式

$$(0.8294)_{10} = k_{-1} \cdot 2^{-1} + k_{-2} \cdot 2^{-2} + \dots + k_{-m} \cdot 2^{-m}$$

两边乘2得

$$(1.6588)_{10} = (k_{-1} + (k_{-2} \cdot 2^{-1} + k_{-3} \cdot 2^{-2} + \dots + k_{-m} \cdot 2^{-m+1}))$$

显然等式右边的里面括号中的数是 <1 的,若两边相等,必然是整数部分与小数部分分别相等,故 $k_{-1}=1$;余下的 $(0.6588)_{10} = k_{-2} \cdot 2^{-1} + k_{-3} \cdot 2^{-2} + \dots + k_{-m} \cdot 2^{-m+1}$ 再继续不断乘2,可逐个得到 $k_{-2}, k_{-3} \dots k_{-m}$ 的值。

$$\begin{aligned}& 0.8294 \\ & \times \quad 2 \\ & \hline & 1.6588 \dots \dots \text{整数部分为 } 1 \ (k_{-1}) \\ & 0.6588 \\ & \times \quad 2 \\ & \hline & 1.3176 \dots \dots \text{整数部分为 } 1 \ (k_{-2}) \\ & 0.3176 \\ & \times \quad 2 \\ & \hline & 0.6352 \dots \dots \text{整数部分为 } 0 \ (k_{-3}) \\ & 0.6352 \\ & \times \quad 2 \\ & \hline & 1.2704 \dots \dots \text{整数部分为 } 1 \ (k_{-4}) \\ & 0.2704 \\ & \times \quad 2 \\ & \hline & 0.5408 \dots \dots \text{整数部分为 } 0 \ (k_{-5}) \\ & 0.5408 \\ & \times \quad 2 \\ & \hline & 1.0816 \dots \dots \text{整数部分为 } 1 \ (k_{-6})\end{aligned}$$

$$\therefore (0.8294)_{10} = (0.110101)_2$$

$$\text{故 } (238.8294)_{10} = (11101110.110101)_2$$

其它进位制数与十进位制数之间的转换可参照二——十进位制数的转换原理如法泡之。

二——八进制数相互间的转换更是方便,因为 $2^3=8$,所以一位八进制数相当于三位二进制数,他们是完全对应的,他们的转换亦是整数部分和小数部分分开进行的。如有一数 $(567.764)_8$ 。可转换为

$$\begin{array}{ccccccc} 5 & 6 & 7 & . & 7 & 6 & 4 \\ 101 & 110 & 111 & & 111 & 110 & 100 \end{array}$$

$$\therefore (567.764)_8 = (101110111.1111101)_2$$

当二进制数将转换成八进制数时,以小数点为界,小数点前自右向左,每三位分为一组;小数点后自左向右,每三位分为一组;最后不足三位者补零,凑足三位,然后将每一组二进制数用八进制数表示即可。如有一数

$$(101110111.1111101)_2$$

以小数点为界进行三位分组并转换成八进制制

$$\begin{array}{ccccccc} 101 & 110 & 111. & 111 & 110 & 100 \\ 5 & 6 & 7 & . & 7 & 6 & 4 \end{array}$$

$$\therefore (101110111.1111101)_2 = (567.764)_8$$

十六进制数与二进制数转换时,亦是十分方便的。因为 $2^4=16$,一位十六进制数相当于四位二进制数。如有 $(567.764)_{16}$ 欲转换为二进制数,可转换为

$$\begin{array}{ccccccc} 5 & 6 & 7 & . & 7 & 6 & 4 \\ 0101 & 0110 & 0111 & . & 0111 & 0110 & 0100 \end{array}$$

$$\therefore (567.764)_{16} = (10101100111.0111011001)_2$$

二进制数转换为十六进制数时,以小数点为界,分别进行,小数部分自左向右;整数部分自右向左,每四位一组,最后不足四位者补零凑满四位,然后再转换成相应的十六进制数即可。

如有数 $(1101111011.0101111110101)_2$ 转换成十六进制数,

$$\begin{aligned} (1101111011.0101111110101)_2 &= (0011\ 0111\ 1011.0101\ 1111\ 1010\ 1000)_2 \\ &= 37B.5FA8)_{16} \end{aligned}$$

在计算机技术中,为了查询、书写、阅读、记忆方便和防止出错,有时将二进制数转换为十六进制数(或八进制数)予以显示(或打印),人们还须将其逐个还原成二进制数,以便进行必要的分析。

(三) 中央处理器 CPU 和指令系统

中央处理器 CPU 负责执行在计算机中的程序。它由运算器和控制器两大部件组成。由于大规模和超大规模集成电路的发展,现在已能把非常复杂的 CPU 制作在一片小小的硅片上,这就促进了 CPU 的发展。

CPU 中的运算器负责实现算术运算和逻辑运算,并可暂存运算结果;它由加法器和各种寄存器等组成。许多计算机的运算功能较强,它既能进行二进制的运算,又能进行十进制运算,这是因为它配有十进制运算器的原故,可节省二——十进位制的转换。控制器是全机的神经中枢,由它指挥和协调计算机各子系统的工作,它负责取出指令,对控制信息进行分析,发出操作信息,在执行过程中按操作性质的要求发出各种相应微操作命令,使各部件完成相应的动作。控制器由各种寄存器,计数器、译码器、控制信号发生器(包括时钟脉冲发生器、节拍电位发生器和节拍脉冲发生器)、微操作命令序列形成部件,地址形成部件和中断机构等组成。

中央处理器的运算和控制依据是在主存贮器中的程序,程序是由一条条指令构成的。计算机中的指令采用规定的格式,指令本身的格式大致可分为操作码、工作方式码及操作对象三部分,如图 1-1 所示。

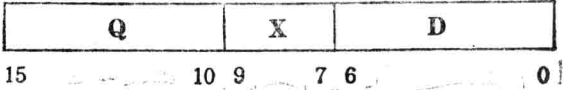


图 1-1 指令格式示意图

图 1-1 是用 16 位二进制位表示的指令格式,其中

- Q: 操作码;
- X: 工作方式码;
- D: 操作对象

操作码指定该指令应执行的操作;工作方式码主要表示操作对象的寻址方式;操作对象部分则用于给出操作数地址(可从该地址找出操作数)或直接给出操作数。

寻址方式有多种,最基本的有立即寻址、直接寻址、相对寻址、变址寻址、自动变址寻址、间接寻址等。

1. 立即寻址

在立即寻址中,操作对象部分 D 处直接容纳操作数,工作方式码处指明是立即寻址,不需要寻找操作数地址,其具体形式见图 1-2。

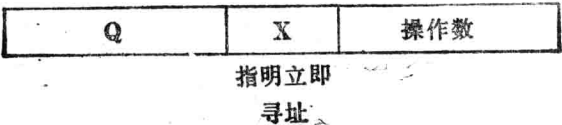


图 1-2 立即寻址示意图

2. 直接寻址

在直接寻址中,操作对象部分 D 中给出操作数所在的地址。可以根据操作数的地址去主存贮器中寻找操作数,其示意图见图 1-3。

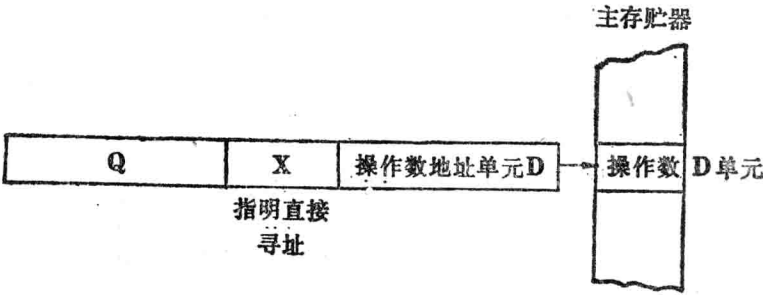


图 1-3 直接寻址示意图

3. 相对寻址

在相对寻址中,操作数地址相对于某一基准地址浮动。一般,以指令计数器 PC 中的当前内容为基准地址。如令 E 为操作数真正所在的地址,则

$$E = (PC) + D$$

如果 D 中所示操作数地址为 140,指令计数器 PC 的当前内容为 300,则

$$E = 300 + 140 = 440$$

即操作数真正的地址为 440,其示意图如图 1-4 所示。

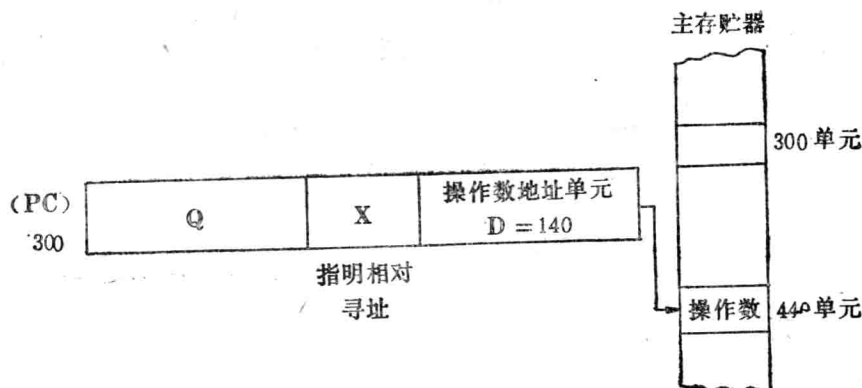


图 1-4 相对寻址方式示意图

4. 变址寻址

变址寻址方式中要指定一个专门的寄存器,用它来存放寻址的基准地址,这个寄存器称为变址寄存器,设变址寄存器中的内容为 R ,则

$$E = (R) + D$$

如变址寄存器中的内容为 1200,操作数地址为 40,则

$$E = 1200 + 40 = 1240$$

即操作数在主存贮器中的真正地址为 1240,其示意图如图 1-5 所示。变址寻址与相对寻址方式的区别是基准地址的存放处不同,变址寻址有专门的变址寄存器,其内容可根据程序需要进行变化,因而浮动范围比相对寻址更大,更为灵活。

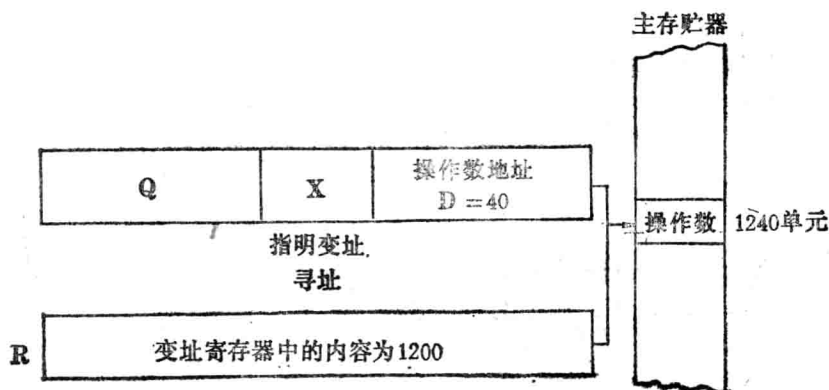


图 1-5 变址寻址方式示意图

5. 自动变址寻址

自动变址寻址方式与变址寻址相似,但自动变址寻址时,变址寄存器的内容可以自动增加或减少,每次基准地址都与上次不同,因而变动范围更大、更灵活。

6. 间接寻址

在间接寻址方式中,指令操作对象的主存贮器存贮单元存放的不是操作数,而是存放操作数的地址。如操作对象 D 处指明为 300,则从主存贮器存贮单元 300 处寻找出操作数地址为 800,这时主存贮器存贮单元 800 处才是操作数,其示意图如图 1-6 所示。间接寻址可以有一级相对寻址,二级相对寻址,…多级相对寻址等。