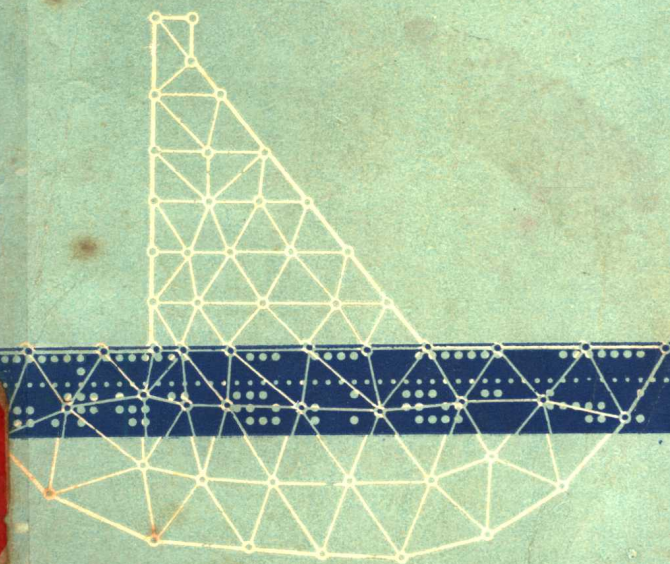


程序设计

华东水利学院



水利电力出版社

程 序 设 计

华 东 水 利 学 院

水 利 电 力 出 版 社

211808

内 容 提 要

本书共分八章，第一章 程序设计的预备知识，介绍数字电子计算机的主要组成部分，数在机器中的表示方法，穿在纸带上的数如何输入机器；第二章 手编程序的概念，介绍手编程序的基本知识，以有助于理解算法语言为目的；第三、四、五、六章，介绍TQ-16机算法语言；第七章 程序实例，介绍用于水文和水工计算的几个实用程序；第八章 DJS-6、DJS-21 SDJ-1机算法语言的简单介绍，本章对这三种机器的算法语言分别进行了介绍，凡与TQ-16机算法语言相同的地方从略，可以参考第三、四、五、六章中有关部分。

本书的特点是，使用手编程序的概念来帮助理解算法语言中的规定；结合水利工程的实际；以TQ-16机算法语言为基础，分别介绍了DJS-6、SDJ-1、DJS-21 机算法语言；本书在叙述方面力求详细和通俗，便于自学。

本书可供工程技术人员在工作中参考和自学，也可作为程序设计课程的教学参考书。

程 序 设 计

华东水利学院

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

地质印刷厂印刷

1978年4月北京第一版

1978年4月北京第一次印刷

印数 00001—14280 册 每册 1.95 元

书号 15143·3286

引 言

“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”伟大领袖和导师毛主席的教导是千真万确的真理。在计算领域中，自从五十年代发展了电子数字计算机以来，引起了一场深刻的革命。过去需要许多人用很长时间才能完成的计算问题，现在用电子数字计算机，只需几十秒钟就计算出来；过去无法计算的一些问题，现在有了电子数字计算机，也都能得到圆满的解决。

目前，电子数字计算机已在我国水利电力工程的科研、设计、施工、运行等方面得到较广泛的应用。为便于工程技术人员通过自学和实践掌握应用电子数字计算机进行计算的方法，和更进一步地推广和普及电子数字计算机的应用，我们编写了这本书。

起初，电子数字计算机每算一道题以前，必须先编写一个机器指令形式的程序，通常称为手编程序。这种程序，机器能直接按它进行计算。手编程序通篇都是数码字，没有任何文字和符号，与数学运算式毫无相似之处，不便于阅读、检查，编写的工作量大，有错难以查对，要改正也很麻烦。

后来，人们发明了算法语言，把解题的整套过程，用算法语言表达出来。这种语言程序，比较接近于数学运算式，容易为人们习惯，编写也较方便。但是，这种程序，机器不能识别它，还必须给机器配备翻译系统，通常称为编译程序。机器通过编译程序将语言程序加工成一个指令形式的程序。原来的语言程序称为源语言程序（简称源程序），加工成的指令程序称为目标程序（或称目的程序）。机器按照目标程序进行计算。

用电子数字计算机来代替人编程序，不仅能充分发挥计算机的工作效率，而且为普及应用计算机创造了条件。

目前，国产电子数字计算机都配有编译程序，可以使用算法语言。

本书主要介绍语言程序的编写方法。但是，机器进行计算的依据，是由源程序翻译成的目标程序，它是指令形式的。因此掌握一些手编程序的基本知识，一方面有助于处理计算过程中发生的一些问题，便于寻找程序中错误所在；另一方面也有助于理解算法语言中一些规定的道理。因此，本书对手编程序的基本知识也作一些必要的介绍。

目前水利电力部门用的电子数字计算机主要有四种型号：TQ-16机（即709机）、DJS-6机（即108乙机）、SDJ-1机（即170机）、DJS-21机（即121机）。这四种机器绝大多数使用ALGOL60系统的算法语言，也有少数使用FORTRAN、BASIC、BCY算法语言。本书只介绍ALGOL60系统的算法语言，重点介绍TQ-16机算法语言。第八章简单地介绍其他三种机器的算法语言。

关于上机操作方法，由于各种机器很不一致，甚至同一种机器的操作方法也可能不同，一般应通过上机操作并参考上机操作的说明书才能比较容易地学会，故本书不作介绍。

由于我们水平有限，实际经验也不多，书中难免存在一些缺点和错误，诚恳地欢迎读者批评指正。

编 者

一九七七年三月

目 录

引 言

第一章 预备知识	1
第一节 电子计算机的组成部分	1
第二节 数的二进制和八进制	2
第三节 数在电子计算机中的表示形式	7
第二章 手编程序的概念	20
第一节 机器的基本操作和指令	20
第二节 手编程序算题的全过程	36
第三节 手编程序举例	38
第四节 变址型指令	51
第五节 子程序	59
第三章 算法语言的基础知识	66
第一节 基本符号	66
第二节 标识符、常数、变量、标准函数	68
第三节 源程序简例	74
第四章 语句	80
第一节 赋值语句和简单算术表达式	80
第二节 循环语句	90
第三节 复合语句	100
第四节 条件语句和条件算术表达式	105
第五节 空语句	113
第六节 标号和转向语句	114
第七节 停机语句	121
第八节 副本语句	123
第九节 使用外部设备的标准过程语句	124
第五章 程序的说明部分	139
第一节 简单变量说明	139
第二节 数组说明	142
第三节 开关说明	154
第四节 分程序	159
第六章 过程说明和过程调用	172
第一节 单用过程说明和过程语句	172
第二节 函数过程说明和函数命名符	180
第三节 形参和实参	182

第四节 关于过程说明的讨论	194
第七章 程序举例	198
第一节 马斯京根法(等时段)求下游断面的流量过程线	198
第二节 洪水预报	204
第三节 线性代数方程组的一种直接解法	207
第四节 平面问题的有限单元法计算简例	220
第五节 混凝土坝缝隙和基础有断层或软弱夹层的平面问题的有限单元法计算程序	241
第六节 薄壳问题的有限元 计算程序	277
第八章 DJS-6机、DJS-21机、SDJ-1 机算法语言	309
第一节 DJS-6 机算法语言	309
第二节 DJS-21机算法语言	328
第三节 SDJ-1机算法语言	339
附录 I 矩 阵	352
附录 II 线性代数方程组的一种直接解法	361

第一章 预 备 知 识

在这一章里，主要介绍电子数字计算机（简称电子计算机、计算机）的组成部分、二进制、数在机器中的表示形式，作为以后各章的预备知识。

第一节 电子计算机的组成部分

每台电子计算机，一般都由内存贮器、控制器、运算器、人工控制台、输入器、输出器、外存贮器等七个部分组成。前四个部分组成了电子计算机的主机，其余部分则称为电子计算机的外部设备。除外存贮器外，其余六个部分，是每台电子计算机必不可少的。图 1-1 是这七个部分相互关系的示意图。

图中的实线箭头——→表示传送代码信息的线路，虚线箭头-----→表示传送控制信息的线路。

一、内存贮器

目前国产计算机的内存贮器（简称内存）一般是用磁心体组成（见第三节）。它是一个“记忆”装置，用以记忆代码。代码是代表程序和数的数码（见第三节）。

计算机根据记在内存中的程序和数据进行计算。计算过程中所产生的中间结果和最后结果也记在内存中。

二、控制器

控制器由各种脉冲发生器、寄存器和控制线路组成，其作用是指挥计算机按人们预定的步骤进行计算工作。在计算过程中，它对全机各部分的状态进行判别，发出各种控制脉冲，指挥全机各部分按一定的顺序协调地工作，对运算过程中出现的各种错误进行处理和显示。

三、运算器

运算器主要由 A、B、C 三个寄存器组成，它在控制器的控制下，进行算术运算和逻辑运算。

A 寄存器是一个累加移位寄存器。四则运算开始时，被加数、被减数、被乘数、被除

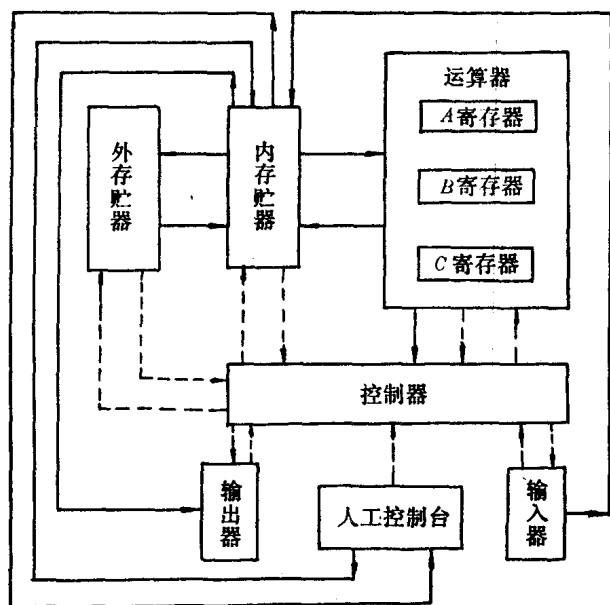


图 1-1 电子计算机各部分相互关系示意图

数先寄存在 A 中，运算结束时，在 A 寄存器中得到运算的结果^①。

B 寄存器是一个移位寄存器。做四则运算时，在其中寄存加数、减数、乘数、除数。

C 寄存器是一个一般的寄存器（它不必具有移位或累加的性能）。它的作用是向内存写入或取出代码，并从内存取出数据，递送给 A 或 B 寄存器以供运算。 A 寄存器中的运算结果也经过它存放到内存。内存中的计算程序也由它取出送给控制器。

四、人工控制台

人工控制台由一些扳键、按钮、指示灯、电传打字机等构成。

人工控制台是操作人员与机器之间联系的工具。操作人员通过它向机器发出启动信号或停机信号，向内存输入或输出一些代码（大量代码则利用输入器和输出器来输入和输出），以及通过它的指示灯或电传机了解机器当时的运算情况，或寻找和修改程序中的毛病。

五、输入器

目前国产计算机，都采用光电输入机作为输入器。它的功能是把穿在纸带上的代码输入内存。穿孔纸带从光电管上经过时，纸带上所穿的代码变成电的信号，在控制器控制下，这些代码以某种形式（见第三节中数的输入形式）记入内存。

六、输出器

输出器由打印机、显示器、描图仪等组成。它的作用是，在控制器控制下，把内存中所记的代码，以某种形式打印或显示出来。计算的成果一般都用输出器输出。

七、外存贮器

外存贮器（简称外存）有磁鼓、磁带、磁盘等种类。

外存的作用是，在控制器的控制下，与内存交换代码。内存中所记的代码可以原封不动地保存在外存中。反之亦可。

外存的构造比内存简单，容量一般比内存大得多。但是，记在外存中的代码必须转入内存后，才能为机器使用。

在计算过程中，当内存容量不够时，常把一些暂时用不到的代码存放到外存中，待用到时，再把它们调到内存。外存用以补充内存容量的不足。

在计算过程中，机器各部分的工作大体是这样的：①操作人员通过人工控制台向机器发出启动信号；②通过输入器把纸带上穿的计算程序和原始数据输送到内存中；③控制器根据记在内存中的程序指挥全机进行计算工作，运算器在控制器控制下从内存中取出数据进行计算，并把计算的结果记在内存中；④由输出器把记在内存中需要输出的计算结果打印（或显示）输出。参见图 1-1。

第二节 数的二进制和八进制

一、电子计算机所以要采用二进制的原因

众所周知，算盘是一种十进制的运算工具。它的每一位有七颗算珠。这七颗算珠可组

① 在 TQ-16 机中，累加移位寄存器称为 S 寄存器。在 DJS-6 机中称为 B 寄存器。

成十六种不同的状态。我们选定其中十种不同的状态，分别代表 0、1、2、……9 十个数码。这十种状态的区别是很鲜明的，使我们不至于混淆。另外，算盘的每一位也很容易地使它从一种状态变成另一种状态，即从一个数改变成另一个数。假如某一位是 3，加上 4 之后，那一位就需从 3 改成 7。

电子计算机如果也采用十进制来运算，电子元件必须能鲜明地反映出十种不同的状态，而且能从一种状态改变成另一种状态。这是非常繁难的，或者是不经济的。

然而，如要使一个电子元件鲜明地反映两种状态，譬如通电与截断、有脉冲与无脉冲、正脉冲与负脉冲、正向磁化与负向磁化等，而且能灵敏地从一种状态改变为另一种状态，则比较容易做到。如果以正向磁化的状态代表“1”，负向磁化的状态代表“0”，那么这样的电子元件就能表示一个二进制数码字。将这样四个电子元件排列起来，就可以表示任何一个二进制四位数。例如，表示数字 1001，只需使第一个和第四个电子元件处于正向磁化的状态，其余的处于负向磁化的状态。

这就是电子计算机所以不采用习惯的十进制，而采用二进制的原因。

目前，国产计算机用来表示二进制数的电子元件有磁心和双稳态触发器两种。前者用以构成内存，后者用以构成寄存器等（见第三节）。

二、十进制数

在介绍二进制数前，先考察十进制数。在十进制中，数字 1973 的含义是：

$$1 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 3 \times 10^0$$

数字 19.73 的含义是：

$$1 \times 10^1 + 9 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 3 \times 10^{-2}$$

一般地，对于数值为

$$K_n \times 10^n + K_{n-1} \times 10^{n-1} + \dots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1} + \dots + K_{-m} \times 10^{-m}$$

的数，通常就写成

$$K_n K_{n-1} \dots K_1 K_0 . K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$$

其中， $K_n, K_{n-1}, \dots, K_{-m}$ 分别为 0, 1, 2, …… 9 这十个数码之一，各表示十进制数的一位数字。

三、二进制数

与十进制相似，对于数值（指十进制的数值。下同）

$$1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

可写成二进制形式 10110.01。

显然，这个二进制数的值是

$$2^4 + 2^2 + 2 + 2^{-2} = 22.25$$

一般地，二进制数

$$A_n A_{n-1} \dots A_0 . A_{-1} \dots A_{-m}$$

所代表的数值是

$$A_n \times 2^n + A_{n-1} \times 2^{n-1} + \dots + A_0 \times 2^0 + A_{-1} \times 2^{-1} + \dots + A_{-m} \times 2^{-m}$$

四、二进制数与十进制数的换算

二进制数换算成十进制数的方法，可举例说明如下：

$$11.01_{(2)} = 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 3.25_{(10)}$$

$$1011.001_{(2)} = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ = 11.125_{(10)}$$

如何将十进制数化成二进制数呢？很明显，十进制整数化成的二进制数，必然是二进制整数；同时，小于1的十进制数（即十进小数），也必然化为小于1的二进制数（即二进制小数）。因此，可以将十进制数的整数部分和小数部分分开来考虑，即将它们分别化成二进制的整数和二进制的小数，最后把这两部分合并，就成为二进制数。

十进整数化成二进整数的法则是“除二取余”（即“除以二取余”）；十进小数化成二进小数的法则是“乘二取整”。其法则可表示为：

$$\text{十进制数} \left\{ \begin{array}{l} \text{整数部分}_{(10)} \xrightarrow{\text{“除二取余”}} \text{整数部分}_{(2)} \\ \text{小数部分}_{(10)} \xrightarrow{\text{“乘二取整”}} \text{小数部分}_{(2)} \end{array} \right\} \text{二进制数}$$

【例 1-1】 $11.125_{(10)}$ 化成二进制数。

（1）将整数部分“11”，用“除二取余”的法则化成二进整数，方法如下：

$$\begin{array}{rcl} 2 \overline{) 11} & 1 & \uparrow \text{ (11除以2, 商5余1) } \\ 2 \overline{) 5} & 1 & \text{ (上次所得的商5再除以2, 商2余1) } \\ 2 \overline{) 2} & 0 & \text{ (上次所得的商2再除以2, 商1余0) } \\ 2 \overline{) 1} & 1 & \text{ (上次所得的商1再除以2, 商0余1) } \\ & 0 & \text{ (上次所得的商为0, 结束) } \end{array}$$

以上的连除过程，一直进行到商数为零时才停止。于是得到

$$11_{(10)} = 1011_{(2)}$$

将逐次除法所得到的余数排成二进制整数时，应按反序排列（即按箭头方向自左至右排列）。

（2）用“乘二取整”的法则处理小数部分“.125”，方法如下：

$$\begin{array}{rcl} & .125 & \\ & \times 2 & \\ \hline 0 & .25 & \text{ (只把上次所得乘积的小数部分再乘2) } \\ & \times 2 & \\ \hline 0 & .5 & \\ & \times 2 & \\ \hline 1 & .0 & \end{array}$$

以上连乘过程，直至乘积的小数部分为零停止。于是得到

$$0.125_{(10)} = 0.001_{(2)}$$

将逐次乘积的整数部分排成二进制小数时，应按顺序排列（与整数部分排列次序相反）。

（3）合并整数部分和小数部分，得到

$$11.125_{(10)} = 1011.001_{(2)}$$

【例 1-2】 化 $0.1(+)$ 为二进制数。

对 $0.1(+)$ 进行“乘二取整”，其过程如表 1-1。

从表 1-1 中可见，逐次乘积的小数部分永不为零。

表 1-1

“乘二取整”的次序	1	2	3	4	5	
逐次乘 2 的积	$.1 \times 2$	$.2 \times 2$	$.4 \times 2$	$.8 \times 2$	$.6 \times 2$	重复第 2、3、4、5 次序的情况
积的小数部分	.2	.4	.8	.6	.2	重复第 2、3、4、5 次序的情况
积的整数部分	0	0	0	1	1	重复第 2、3、4、5 次序的情况

$$0.1(+)=0.00011\ 0011\ 0011\cdots(二)$$

等式右端是一个二进制的无尽循环小数^①，可以根据需要取其有限位作为近似值。例如，若要求 $0.1(+)$ 化成二进制小数的误差小于 10^{-3} ，那么取二进制小数的前十位即可

$$0.1(+)\approx 0.0001100110(二)^{\text{②}}$$

整数部分“除二取余”法则的原理，可说明如下。

假设，有一个十进整数 A ，它的数值等于二进制的四位整数 $a_3a_2a_1a_0$ ，即

$$A(+)=a_3a_2a_1a_0(二)，或表示为：$$

$$A=a_3 \times 2^3 + a_2 \times 2^2 + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0。$$

a_3 、 a_2 、 a_1 、 a_0 各为 0 或 1。 a_3 、 a_2 、 a_1 、 a_0 可通过对 A 用“除二取余”的法则得到。

根据假设， A 除以 2 的结果是

$$\text{商} \quad a_3 \times 2^2 + a_2 \times 2^1 + a_1 \times 2^0 \stackrel{\text{①}}{=} A_1, \quad \text{余} \quad a_0;$$

A_1 再除以 2 的结果是

$$\text{商} \quad a_3 \times 2^1 + a_2 \times 2^0 \stackrel{\text{①}}{=} A_2, \quad \text{余} \quad a_1;$$

A_2 再除以 2 的结果是

$$\text{商} \quad a_3 \times 2^0 \stackrel{\text{①}}{=} A_3, \quad \text{余} \quad a_2;$$

A_3 再除以 2 的结果是

$$\text{商} \quad 0, \quad \text{余} \quad a_3。$$

由此可见，对十进制数 A 不断“除二取余”，直到商为零停止，逐次得到的余数是 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 。把各次余数按相反次序排列起来，就是二进制整数 $a_3a_2a_1a_0$ 。

小数部分“乘二取整”的原理可说明如下。

设十进制小数 A 换算成二进制小数是 $0.a_{-1}a_{-2}a_{-3}$ ，即 A 的数值是 $A=a_{-1} \times 2^{-1} + a_{-2}$

① 十进制的有理数化成的二进制数，仍是有理数。所以，十进制小数化成二进制小数是无尽小数，则必是循环的无尽小数。

② 舍去小数第10位以后的尾数，其误差 $\leq 2^{-10}$ 。因为 $2^{-10} = 10 \lg 2^{-10} = 10^{-3.01} < 10^{-3}$ ，所以 $2^{-10} < 10^{-3}$ 。

$\times 2^{-2} + a_{-3} \times 2^{-3}$ 。其中, a_{-1} 、 a_{-2} 、 a_{-3} 都是整数 0 或 1。令 A 乘以 2, 即:

$$2 \times A = a_{-1} + a_{-2} \times 2^{-1} + a_{-3} \times 2^{-2}$$

令 $A_{-1} = a_{-2} \times 2^{-1} + a_{-3} \times 2^{-2}$

则, $2 \times A = a_{-1} + A_{-1}$, 其中 a_{-1} 是整数 (为 0 或为 1), $A_{-1} < 1$ (即 A_{-1} 是小数)。

$$2 \times A_{-1} = a_{-2} + a_{-3} \times 2^{-1}, \text{得整数 } a_{-2}$$

令 $A_{-2} = a_{-3} \times 2^{-1}$, 则 a_{-2} 是 $2 \times A_{-1}$ 的整数部分, A_{-2} 是其小数部分。

$2 \times A_{-2} = a_{-3}$, 显然, $2 \times A_{-2}$ 的整数部分是 a_{-3} , 小数部分是零。

把各次“乘二取整”所取得的整数 a_{-1} , a_{-2} , a_{-3} 顺次序排列起来, 便是 A 的二进制小数 $0.a_{-1}a_{-2}a_{-3}$ 。

用二进制写一个数, 由于位数太多, 是不方便的。例如, 十进制数 65, 写成二进制数是 1000001, 就有七位。十进制的四位数 4096, 写成二进制就是一个十三位的数 1000000000000。一般地说, 一个 n 位的十进制数, 写成二进制数, 要有 $1 + 3.3 \times (n - 1)$ 到 $1 + 3.3 \times n$ 位。也就是同一个数值, 二进制的位数大致是十进制位数的三倍。

下面将要介绍的八进制数, 它既克服了二进制数书写不方便的缺点, 又因 $2^3 = 8$, 可以直接与二进制实行互换, 因此可把它作为二进制数的缩写。

五、八进制数

一个八进制数, 是由 0、1、2、3、4、5、6、7 等八个数码组成的。

八进制数

$$K_n K_{n-1} \dots K_0 . K_{-1} K_{-2} \dots K_{-m}$$

的数值是

$$K_n \times 8^n + K_{n-1} \times 8^{n-1} + \dots + K_0 \times 8^0 + K_{-1} \times 8^{-1} + \dots + K_{-m} \times 8^{-m}$$

因为 $8 = 2^3$, 所以八进制的一位正好是二进制三位, 如表 1-2。

表 1-2

八 进 制	0	1	2	3	4	5	6	7
二 进 制	000	001	010	011	100	101	110	111

所以, 要把二进制数

$$10110110011.01100111(\text{二})$$

写成八进制, 只要把这二进制数从小数点开始, 向左和向右依次将每三位合成一组 (就象十进制数开立方那样三位一撇), 如

$$10 \ 110 \ 110 \ 011.011 \ 001 \ 11$$

再把每组的三位二进制数写成一个八进制数则成为:

$$2 \ 6 \ 6 \ 3.3 \ 1 \ 6(\text{八})$$

但要注意, 当从小数点向左 (或向右) 依次划成三位一组时, 如果最末一组不足三位, 就以零补足之。比如, 上面这个二进制数可看成

$$010 \ 110 \ 110 \ 011.011 \ 001 \ 110$$

反之，八进制数改写成二进制数，只要把八进制数的每一位，写成三位二进制数即可。

例如

$$50.21_{(8)} = 101\ 000.010\ 001_{(2)}$$

由于八进制数与二进制数之间有这样的关系，因此今后常把二进制数写成八进制数，以避免写成二进制时位数太多。所以，欲把十进制数换算成二进制数时，只须把十进制数换算成八进制数。换算的方法，完全类似于十进制数换算成二进制数的方法，即：

$$\text{十进制数} \left\{ \begin{array}{l} \text{整数部分(十)} \xrightarrow{\text{“除八取余”}} \text{整数部分(八)} \\ \text{小数部分(十)} \xrightarrow{\text{“乘八取整”}} \text{小数部分(八)} \end{array} \right\} \text{八进制数}$$

【例1-3】把十进制数40.265625化为二进制数。

(1) 把十进制整数部分用“除八取余”法则化成八进制整数。

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 40} \quad 0 \\ 8 \overline{) 5} \quad 5 \\ \hline 0 \end{array} \quad \uparrow$$

$$40_{(十)} = 50_{(八)}$$

(2) 把小数部分用“乘八取整”法则化成八进制小数。

$$\begin{array}{r} .265625 \\ \times 8 \\ \hline 2 \quad .125 \\ \times 8 \\ \hline 1 \quad .0 \end{array} \quad \downarrow$$

$$0.265625_{(十)} = 0.21_{(八)}$$

(3) 合并整数部分和小数部分。

$$40.265625_{(十)} = 50.21_{(八)} = 101\ 000.010\ 001_{(二)}$$

显然，把十进制数用“除八取余”和“乘八取整”化成八进制数，同用“除二取余”和“乘二取整”把十进制数化成二进制数相比较，后者的除、乘次数为前者的三倍。

应该明确：程序设计中所遇见的八进制数，应理解为是二进制数的缩写。

第三节 数在电子计算机中的表示形式

在第一节中已提到，电子计算机是根据存放在内存中的指令和数进行计算的；运算器对两个数作四则运算前，必须把被加数和加数（或被减数和减数，被乘数和乘数，被除数和除数）从内存中取出，通过C寄存器分别寄存在A寄存器和B寄存器中。

本节将介绍，数字是怎样存贮在内存（或寄存器）中的。换言之，即一个数的正负号、小数点、数码字是用什么办法表示的。

在算盘上对12.3、1.23、123、-123等数的表示形式是相同的。算盘上仅能表示数码，无法表示正负号、小数点，它们只能由计算人员默记在头脑里，灵活掌握。然而，计算机不可能具有人类的思维活动，所以数的正负号和小数点必须作机械的规定（在设计 and 制造计算机时，已规定好了），所以每台计算机所能表示的数值范围都是一定的，超出规

定范围的数，机器便无法表示和存贮，当然也就无法对它进行运算。不同类型的机器，规定的数值范围也不同。

为了使用方便，一般都允许把十进制数直接向机器输入，由机器把十进制数换算成二进制数。但不同类型的机器，数的表示格式有所不同。十进制数在机器内的表示格式，决定了十进制数输入的穿孔格式。

同时，通过本节对存贮器和寄存器构造的粗浅介绍，将会知道存贮器和寄存器具有一种重要的功能，即向它们存入新的数时，原来的数就会自动消失。

一、磁心和双稳态触发器

1. 磁心

磁心是用铁涂氧化物制成的空心圆柱体（图1-2a），它的体积比米粒还小。目前国产的标准磁心，其外径、内径、高度分别为0.8~1.2、0.5~0.8、0.30~0.45毫米。

当驱动线（穿过磁心的线圈）上通以正（或负）向电流时，磁心感应而被磁化。电流及其感应磁场，两者的方向符合右手螺旋法则（图1-2b、c）。

驱动线通电的时间只有若干万分之一秒。这种电流是一通即止的，称为脉冲电流。当驱动线上的脉冲电流截止后，磁心的磁化不会完全消失，剩余下来的磁性将继续保持原来通电时的磁场方向，直到驱动线上再次通电，使磁心重新被磁化。当驱动线上再次通电时，新的电流使磁心重新感应而重新磁化，磁心原来的磁化（上次通电后所留下的）就被这新的磁化冲洗掉，这称为磁心被翻转磁化。

我们规定磁心处于正向磁化的状态为“1”状态，磁心处于负向磁化的状态为“0”状态。

由于磁心具有上述翻转磁化的特性，如要使磁心为“1”（称为对磁心写1，不管在此之前该磁心原来是“1”还是“0”），只要在驱动线上施加一次正向电流即可。类此也可使磁心为“0”。换句话说，对磁心写1（或0）前，不必先把磁心原来所写的“抹去”，只要把新的写进去，旧的自然被“抹去”。事实上，一旦磁心的驱动线上通过正向或负向电流以后，该磁心就被重新磁化，其磁化方向与刚通过的电流一致，跟磁心原来的磁化状态无关。写入新的，就是“抹去”旧的。反之，“抹去”旧的，只能通过写入新的来实现。没有单纯的“抹去”。

2. 双稳态触发器

双稳态触发器的主体是两个三极管，这两个管始终处于一通一闭的状态。即当甲管被高电位打通时，乙管必然同时被关闭；反之亦然（这好似翘翘板，一端翘起另一端就下沉）。而且，若非重新对甲管（或乙管）施加高电位，则触发器将永远稳定在原来的状态，故有“稳态”之名。因为有两种稳定状态，所以称为双稳态。

我们规定，触发器处于甲通乙闭的状态为“1”，乙通甲闭的状态为“0”。

双稳态触发器的工作情况，如图1-3所示。

若欲使触发器为“1”（不论触发器原来是“1”还是“0”），只需在“1”输入端施加一次高电位，“1”输出端就输出高电位；类此，可置触发器为“0”。

欲使触发器翻转（即置触发器为原来状态的相反状态，若原来是“0”，则翻转为

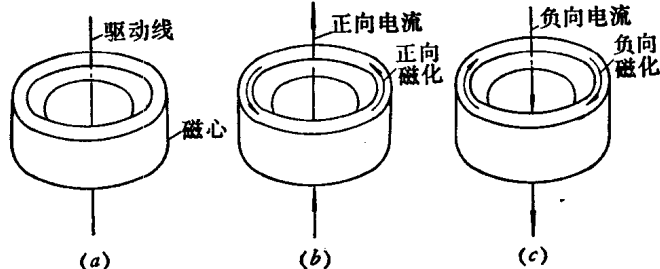


图 1-2 磁心示意图

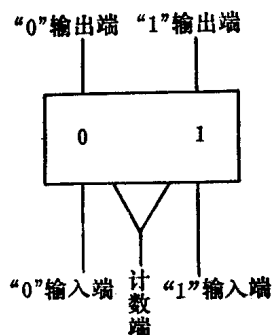


图 1-3 双稳态触发器框图

“1”；若原来是“1”，则反翻为“0”），只需在计数端加一次高电位即可。双稳态触发器的这一功能是磁心所没有的。

综上所述，磁心和双稳态触发器具有作为二进制数计数元件的优良特性：

(1) 鲜明性。要么处于“1”状态，否则必是“0”状态，两者必居其一。

(2) 稳定性。若不对它们施加新的电信息，则将保持原状。

以上两个特性，保证了计算的正确性。算盘也具有这两个特性。

(3) 高度的灵敏性。磁心和双稳态触发器的状态，在一秒钟内可以改变几百万次或更多次。这一特性，保证了计算的高速性。这是算盘无可比拟的。

磁心常用来造成电子计算机的内存贮器，双稳态触发器常用来造成寄存器，如运算器中的A、B、C寄存器等。

二、存贮单元

内存贮器是用磁心体组成的。每个磁心体分成若干存贮单元。每个存贮单元固定地由若干个磁心排列组成。

组成每个存贮单元的磁心数目因机型而异。每个存贮单元中起实际运算作用的磁心个数，通常称为机器的字长。TQ-16机、DJS-6机、DJS-21机、SDJ-1机的字长分别是48、24、42、21位。

存贮单元的每个磁心都表示一位二进制数码（非0即1）。程序和数字都是以一位一位的二进制的数码形式（称为代码形式）存放在内存贮器的各个单元中。代表数字的代码，称为数字代码，它又可分为若干种不同的形式。代表程序的代码，称为程序代码。代表其他意义的代码叫做别的代码。各种代码，存放在内存单元中，表面上看来都是数码“0”和“1”的排列组合。它们的区别是由使用的方式表现出来的。譬如，“101”这个代码，当把它作为二进制整数使用时，其数值是五；当把它作为八进制整数使用时，其数值是六十五；当把它作为十进制整数时，其数值是一百零一。

目前TQ-16机的内存贮器由32768个单元组成。

机器的每个内存单元，都是依次序用八进制数码编号（实际上是二进制数的编号，为方便起见人为地书写成八进制数码），32768个单元的编号写成000000号、000001号、……077777号。使用时，只要向机器发出命令，例如令机器把A寄存器中的数存入第010247号单元，控制器就会指挥机器把该数存入第010247号单元。至于第010247号单元位于存贮器

的什么地方，编程序时不必管它，机器自会正确无误地找到该单元。

既然存贮单元是由一个个排列起来的磁心组成的，那么根据前节所述磁心的特性，就可知道存贮单元的特性是，当把一个新的数记入某存贮单元时，该单元中原来的数就给新的数冲掉，而且新记入该单元中的数将一直保留到再有新的数记入该单元时为止。

例如，设长度是24位的某个单元，原来存贮的数是43212607(八)，如表 1-3。

表 1-3

磁编	心号	24	23	22	21			18			15			12			9			6			3	2	1								
磁状	心态	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1								
写八进制数	成进制码	4				3				2				1				2				6				0				7			

假设这个单元是第 023456 号单元，若要把新的数 50002114(八) 记入这个单元，只要向机器发出这样的命令（关于如何发命令的方法，请参考第二章），机器就会在第023456号单元的第24、22、11、7、4、3号磁心的驱动线上通正向电流，其余磁心的驱动线都通负向电流，结果就使第023456号单元的磁心状态变为表 1-4 所示的情况。

表 1-4

磁编	心号	24	23	22	21			18			15			12			9			6			3	2	1								
磁状	心态	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0									
写八进制数	成进制码	5				0				0				0				2				1				1				4			

二、数在计算机中的定点表示法和浮点表示法

设有两个二进制数相加

$$1011.001(二) + 110.1011(二) = 10001.1101(二)$$

我们注意到，被加数、加数、和数三者的整数位各不相同，即它们的小数点位置是各不相同。因此，在数的运算过程中就有一个小数点的定位问题。

如前所述，计算机不可能象人一样随机应变地确定小数点位置，因此必须给机器规定一种固定的严格的确定小数点位置的办法。目前普遍采用的办法有定点法和浮点法两种，尤以浮点法最为常用。下面先以上述加法为例，概要地介绍这两种方法。

1. 定点法

所谓定点，就是小数点的位置是固定的。

(1) 首先要找一个大于被加数(1011.001)、加数(110.1011)、和数(10001.1101)的数，譬如为100000。

(2) 用这个数来除被加数、加数。这样，被加数就变为 0.01011001，加数变为 0.001101011。