怎样用算法语言编程序

(X-2 计算机、709 计算机)

上海计算技术研究所
复 旦 大 学 数 学 系

怎样用算法语言编程序
(X-2 计算机、709 计算机)
上海计算技术研究所
复旦大学数学系
上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)
新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷
开本 787×1092 1/32 印张 6.5 字数 139,000
1974年8月第1版 1975年9月第2次印刷

统一书号: 13171·96 定价: 0.38 元

引　言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，随着国内外大好形势的发展，我国生产技术和科学研究的各个部门日益广泛地使用电子数字计算机，以解决本专业的大量计算问题，取得了很好的成效。

使用电子数字计算机的一项重要工作，就是编写计算问题的程序。通常，有两种编写程序的方法。一种是用数字代码形式的机器语言来编写，即通常所说的手编程序的方法。这种方法工作量大，编出的程序不便于阅读、检查，而且由于不同型号计算机的机器语言是不同的，所以，在一种型号计算机上编写的程序，原则上就不能适用于其他型号的计算机。另一种编程序的方法，就是采用算法语言来编写，即通常所说的程序自动化的方法。用这种方法编出来的程序，同我们通常书写的数学运算公式比较接近，形式直观，概念明确，容易为大家所掌握，而且对于不同型号的计算机，只要配上一套算法语言的“编译系统”，就可以用同一类型的算法语言编写适用于不同型号计算机的程序。因此，普及算法语言编写程序的方法，是推广、应用电子数字计算机的一个重要环节。

目前，国际上算法语言的种类很多，单在科学计算方面，就有 FORTRAN, ALGOL-60, PL/1, ALGOL-68 等，它们的构造原理都是基本相同的。本书介绍的 X-2 机算法语言，就是在 ALGOL-60 基础上设计而成的，709 机算法语言则是在 X-2 机算法语言的基础上扩充而成。因此，掌握了它们，

对于了解其他电子数字计算机使用的算法语言也有启示作用。

伟大领袖毛主席教导我们："**我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。**"为了进一步做好电子数字计算机使用技术的普及、推广工作，使这一先进的计算工具更好地为国防建设和国民经济服务，我们编写了这本小册子，供在X-2计算机和709计算机上算题的人员参考、使用。

本书的内容是重点介绍使用X-2机算法语言编写程序的方法，这些方法原则上都适用于709计算机，对于其中限于709机适用的内容，则在有关部分单独加以叙述，请读者注意。

由于我们学习马列主义和毛主席著作不够，书中一定有不少缺点和错误，欢迎读者批评、指正。

上海计算技术研究所
复旦大学数学系 一九七四、二

目　录

第一章

电子数字计算机概述

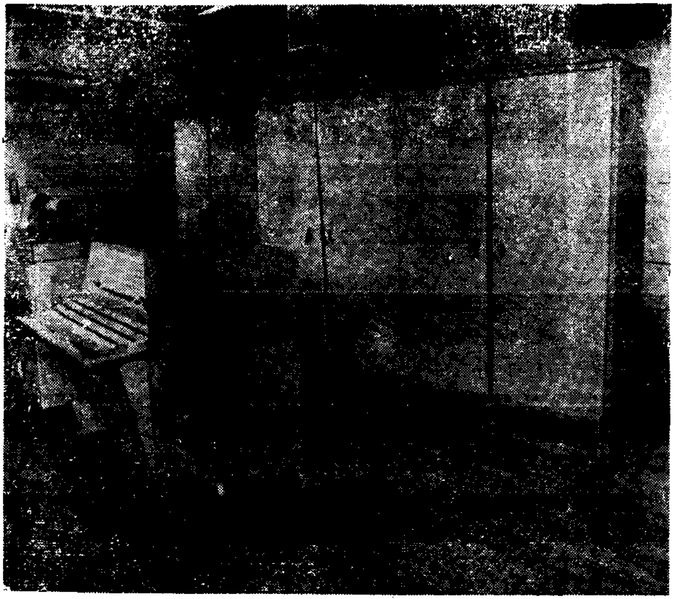
电子数字计算机是由电子元件构成的一种现代化计算工具，它好象一个自动化的数字加工厂，用数字作为原料，经过加工、运算，得出数字形式的成品．由于电子数字计算机具有运算速度快、存贮容量大、计算精度高等特点，因此，可以利用它来完成大量繁复的计算工作，解决科学技术、工程设计以及其他各个领域中的计算问题．

我国自行设计、制造的 X-2 机和 709 机是目前使用比较广泛的两台中型电子数字计算机，它们的整机外形如图 1 所示．

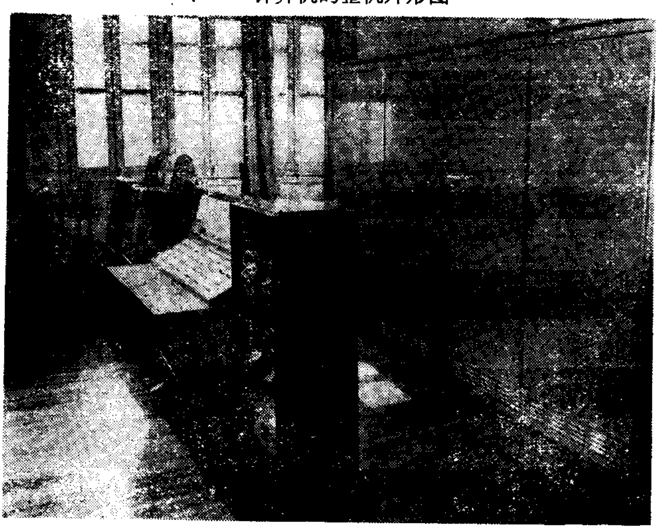
第一节 X-2 电子数字计算机和 709 电子数字计算机简介

X-2 计算机是以晶体管为主要元件的通用电子数字计算机，平均每秒钟可以完成二万五千次运算． 709 计算机是在 X-2 计算机的基础上研制成功的，它以集成电路为主要元件，具有更快的运算速度，平均每秒钟可以完成十一万次运算．此外，709 计算机在存贮容量、计算精度等方面都比 X-2 计算机有了提高．

X-2 计算机和 709 计算机都配置有自动化程序的编译系



. X-2 计算机的整机外形图



709 计算机的整机外形图

图 1

统——用机器语言编写成的一个加工程序，它能够把用算法语言编写的源程序编排并翻译成用机器语言表示的目标程序.

X-2计算机和709计算机都由下面五个主要部分构成.

输入器　是一台光电输入机，它利用光电原理，把穿孔纸带上的信息转换成电脉冲输入机器的存贮器中.

输入机的输入速度是每秒钟800个符号.

存贮器　它好比是机器的仓库，供保存信息之用。

存贮器有内存贮器和外存贮器之分.

内存贮器保存执行运算的工作程序和作为程序运算对象的数据；外存贮器虽然也保存程序和数据，但是这些程序和数据必须调入内存贮器之后，才能被执行和参与运算.

目前，X-2机和709机的内、外存贮器分别是由磁芯体和磁鼓组成的.

磁芯体好比是一座大的楼房，它由许多个称为单元的房间所组成，单元的总个数称为计算机的内存容量．磁芯体的单元是由许多个能够表示二进制数字的元件串联而成的，元件的个数称为单元的字长．另外，为了存取信息的需要，磁芯体的单元人为地依次编上一个号码，称为单元的地址.

X-2机的内存容量是8192，单元地址依次编号为0～8191（若用八进制数编号则为00000～17777）.

709机的内存容量是32768，单元地址依次编号为0～32767（若用八进制数编号则为000000～077777）.

磁鼓也是由许多个单元组成的，所有磁鼓的单元总数称为计算机的外存容量．磁鼓及其单元都依次编上一个号码，分别称为磁鼓的台号和单元的地址.

X-2机现有两台磁鼓，分别编号为0、1，每台磁鼓都有

6656 个单元，依次编号为 0～6655（若用八进制数编号则为 00000～14777），所以，X-2 机的外存容量为 13312.

709 机现有四台磁鼓，分别编号为 0、1、2、3，每台磁鼓都有 14336 个单元，依次编号为 0～14335（若用八进制数编号则为 000000～033777），所以，709 机的外存容量为 57344.

由此可知，为了确定内存贮器的一个单元，只要指明它的单元地址就行了，但要确定外存贮器的一个单元，除了必须指明它的单元地址外，还应指明它的磁鼓编号．例如，X-2 机的 1 鼓 00100，指的是 1 号磁鼓中地址为 00100 的那一个单元．709 机的 3 鼓 000050，指的是 3 号磁鼓中地址为 000050 的那一个单元．

通常，存贮器的每一个单元，可以存放一个数或二条指令．

控制器 它是机器的控制部分．控制器按照程序的要求，使机器各个部分进行连续动作．另外，控制器部分还有一个人工控制台，这是进行人工操作的设备．利用人工控制台上的各种开关、扳键和按钮，可以使机器停止运算、启动工作、临时输入和输出数据以及改变单元内容或运算步骤等．

运算器 由一些寄存器所组成．运算器在控制器的指挥

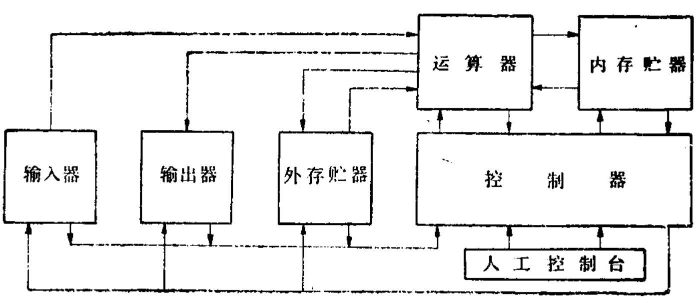


图 2

下对内存贮器里的数进行加工、运算.

输出器 目前, X-2 机和 709 机的输出器是一台电灼式输出机,它以每秒钟 1500 个符号的速度把计算机运算的结果印在输出纸上.

机器各部分之间的联系示于图 2.

第二节 电子数字计算机上数的表示形式

电子数字计算机加工、运算的对象是表示为浮点形式的二进制数. 这种形式的数同我们日常接触的十进制数不一样,因此,要用计算机来解算生产实际问题,就要了解数在计算机里的各种表示形式,以及它们之间的转换方法.

一 十进制,二进制,八进制

我们日常生活中,用得最多的数是表示为十进制形式的数,叫做十进制数. 这种数的每一位数字都是 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数字中的一个,而且,数中不同位置上的数字具有不同的含义.

例如,十进制数 2.375 表示为

$$2.375_{(十)}=2\times10^{0}+3\times10^{-1}+7\times10^{-2}+5\times10^{-3}.$$

其中,自左至右的十进位数字 2、3、7、5 分别是 10^{0}、10^{-1}、10^{-2}、10^{-3} 数位上的数字. 每一位上的数字满了十,就向高一位上进一,所以,十进制就是"逢十进一"的计数制.

除了十进制数之外,我们还经常碰到许多非十进制数,譬如,计算时间的时候,60 秒钟作为 1 分钟,60 分钟作为 1 小时,这就是六十进制. 在使用电子数字计算机时,我们将更多地碰到二进制数和八进制数.

二进制数就是数的每一位数字都由0、1两个数字中的一个所构成，而且，数中不同位置上的数字具有不同的含义.

例如，二进制数 10.011 表示为

$$10.011_{(二)}=1\times2^1+0\times2^0+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}$$
$$=2.375_{(十)}.$$

其中，自左至右的二进位数字1、0、0、1、1分别是2^1、2^0、2^{-1}、2^{-2}、2^{-3}数位上的数字. 每一位上的数字满了二，就向高一位上进一，所以，二进制就是"逢二进一"的计数制.

从本例看出，二进制中的 10.011 就等于十进制中的 2.375.

由于二进制数的每一位数字只有0或1，形式很简单，运算也方便，所以，大多数计算机都采用二进制作为数的表示形式. 当然，这种二进制形式的数使用时也有不便之处，譬如，它的数位很长，书写起来很累赘，而且，它同习惯使用的十进制数关系也不明显等. 为了弥补这些缺点，所以，我们引进数的八进制形式. 因为，用八进制形式表示一个数时，它所占的位数同用十进制表示时相差不大，而且，数的八进制形式同二进制形式有简明的换算关系.

八进制数就是数的每一位数字都是0、1、2、3、4、5、6、7八个数字中的一个，而且，数中不同位置上的数字具有不同的含义.

例如，八进制数2.3表示为

$$2.3_{(八)}=2\times8^0+3\times8^{-1}=2.375_{(十)}.$$

其中，2是8^0数位上的数字，3是8^{-1}数位上的数字. 每一位上的数字满了八，就向高一位上进一，所以，八进制就是"逢八进一"的计数制.

从本例看出，八进制表示中的2.3，等于十进制表示中的

2.375, 也等于二进制表示中的10.011.

二 数制的转换

(一)数的十进制形式同八进制形式的互化

任何一个数 x, 在十进制里的表示形式与八进制里的表示形式是不一样的,但它们代表的数值大小是相同的,所以这两种数的表示形式之间有一定的转换关系.

先讲数的十进制形式转换成八进制形式的方法.

1. 整数的化法——“除八取余”法则.

[例] 把十进制整数 $75_{(十)}$ 转换成八进制形式的整数.

假设转换后的八进制整数是 $k_nk_{n-1}\cdots k_{0(八)}$, 则应有

$$75_{(十)}=k_n\times 8^n+k_{n-1}\times 8^{n-1}+\cdots+k_0\times 8^0.$$

我们从这个式子中把 k_n、k_{n-1}、…、k_0 确定出来,为此,两端除以 8, 得

$$9+3\times 8^{-1}=k_n\times 8^{n-1}+k_{n-1}\times 8^{n-2}+\cdots+k_0\times 8^{-1}.$$

比较等式两端得

$$k_0=3,$$
$$9=k_n\times 8^{n-1}+k_{n-1}\times 8^{n-2}+\cdots+k_1\times 8^0.$$

将第二式两端除以 8, 得

$$1+1\times 8^{-1}=k_n\times 8^{n-2}+k_{n-1}\times 8^{n-3}+\cdots+k_1\times 8^{-1}.$$

再比较等式两端得

$$k_1=1,$$
$$1=k_n\times 8^{n-2}+k_{n-1}\times 8^{n-3}+\cdots+k_2\times 8^0.$$

又从第二式比较两端得

$$k_2=1.$$

从而,

$$75_{(十)}=(k_2k_1k_0)_{(八)}=113_{(八)}.$$

2. 小数的化法——“乘八取整”法则.

[例] 把十进制小数 $0.825_{(十)}$ 转换成八进制形式的小数.

假设转换后的八进制小数是 $0.k_1k_2\cdots k_n\cdots_{(八)}$, 则应有

$$0.825_{(十)}=k_1\times8^{-1}+k_2\times8^{-2}+\cdots+k_n\times8^{-n}+\cdots.$$

我们从这个式子中把 k_1、k_2、…、k_n、… 确定出来, 为此, 两端乘 8, 得

$$6+0.6=k_1+k_2\times8^{-1}+\cdots+k_n\times8^{-n+1}+\cdots.$$

比较等式两端得

$$k_1=6,$$

$$0.6=k_2\times8^{-1}+k_3\times8^{-2}+\cdots+k_n\times8^{-n+1}+\cdots.$$

第二式两端乘 8, 得

$$4+0.8=k_2+k_3\times8^{-1}+\cdots+k_n\times8^{-n+2}+\cdots.$$

比较等式两端得

$$k_2=4,$$

$$0.8=k_3\times8^{-1}+k_4\times8^{-2}+\cdots+k_n\times8^{-n+2}+\cdots.$$

第二式两端乘 8, 得

$$6+0.4=k_3+k_4\times8^{-1}+\cdots+k_n\times8^{-n+3}+\cdots.$$

比较等式两端得

$$k_3=6,$$

$$0.4=k_4\times8^{-1}+k_5\times8^{-2}+\cdots+k_n\times8^{-n+3}+\cdots$$

…………….

如此一直下去, 可以求出 $k_1, k_2, k_3, \cdots$. 从而,

$$0.825_{(十)}=(0.k_1k_2k_3\cdots)_{(八)}=0.6463146314\cdots_{(八)}.$$

3. 一般十进制数的化法.

先用上面两种方法, 把一般十进制数的整数和小数分别转换成相应的八进制形式, 再综合两部分的结果, 就得到一般

十进制数的八进制形式.

[例] 把十进制数 $75.825_{(\text{十})}$ 转换成八进制形式.

先把十进制整数 $75_{(\text{十})}$ 按"除八取余"法则转换成八进制形式的整数 $113_{(\text{八})}$:

$$\begin{array}{r|rl} 8 & 75 & \\ \hline 8 & 9 & 3 \\ \hline & 1 & 1 \end{array}$$

再把十进制小数 $0.825_{(\text{十})}$ 按"乘八取整"法则转换成八进制形式的小数 $0.6463146314\cdots_{(\text{八})}$:

$$\begin{array}{rr} & 0.825 \\ \times & 8 \\ \hline & \boxed{6}.600 \\ \times & 8 \\ \hline & \boxed{4}.800 \\ \times & 8 \\ \hline & \boxed{6}.400 \\ & \vdots \end{array}$$

最后,把两部分结果合并起来,即得

$$75.825_{(\text{十})}=113.6463146314\cdots_{(\text{八})}.$$

如果要把一个八进制形式的数转换成十进制形式, 则可以根据八进制数中各位数字的含义直接得出.

[例] 把八进制数 $15.6_{(\text{八})}$ 化为十进制形式,只要按公式直接计算即可:

$$15.6_{(\text{八})}=1\times 8^{1}+5\times 8^{0}+6\times 8^{-1}=13.75_{(\text{十})}.$$

(二)数的八进制形式同二进制形式的互化

由于 $8=2^3$, 所以,八进制数的一位可以用二进制的三位来表示:

八进制	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制	000	001	010	011	100	101	110	111

由此，数的八进制形式化为二进制形式时，可以采用“一位拉三位”的方法．

［例］ 八进制数 $113.6463_{(八)}$ 化为二进制形式时有

$$113.6463_{(八)}=001001011.110100110011_{(二)}.$$

反过来，数的二进制形式化为八进制形式时，应以小数点作为基准，往左、往右都是用“三位并一位”．

［例］ 二进制数 $1110.011111_{(二)}$ 化为八进制形式时有

$$1110.011111_{(二)}=16.37_{(八)}.$$

三　数的浮点形式

上面提到的数的各种表示形式，有一个共同的特点，就是它们的小数点位置都是固定的．例如，$75.825_{(十)}$ 中，小数点固定在数字 5 与 8 之间．再如，$110.011_{(二)}$ 中，小数点固定在左起第三、第四位数字中间；$75.32_{(八)}$ 中，小数点固定在左起第二、第三位数字中间等等．这种小数点具有固定位置的数叫做定点数．

另外，对于任何一个数来说，除了可以表示为定点形式外，还可以表示成浮点的形式，即表示成小数点是浮动的形式．

［例］ 十进制数 $75.825_{(十)}$ 可以表示为

$$\begin{aligned}75.825_{(十)}&=+10^{+2}\cdot 0.75825_{(十)}\\&=+10^{+3}\cdot 0.075825_{(十)}=\cdots.\end{aligned}$$

［例］ 二进制数 $110.011_{(二)}$ 可以表示为

$$\begin{aligned}110.011_{(二)}&=+2^{+11}\cdot 0.110011_{(二)}\\&=+2^{+100}\cdot 0.0110011_{(二)}=\cdots.\end{aligned}$$

［例］ 八进制数 $75.32_{(八)}$ 可以表示为

$$75.32_{(八)}=+8^{+2}\cdot 0.7532_{(八)}=+8^{+3}\cdot 0.07532_{(八)}=\cdots.$$

一般地，任何一个数 x 都可以表示为

$$x=\pm N^{\pm p}\cdot q.$$

这里，N——数制的底数．十进制数的底数 N 等于 10，二进制数的底数 N 等于 2，八进制数的底数 N 等于 8．

p——称为"阶数"，它是 N 进制表示的正整数．

q——称为"尾数"，它是 N 进制表示的正小数，即

$$0\leqslant q<1.$$

若数的浮点形式中，有 $\frac{1}{N}\leqslant q<1$，则称该浮点数为 N 进制浮点规格化数．例如，二进制浮点数 $+2^{+101}\cdot 0.101001$ 是浮点规格化的数，而 $+2^{+110}\cdot 0.0101001$ 是二进制非规格化的浮点数．

四　计算机单元中数的表示形式

电子数字计算机要求把参与运算的数表示为二进制浮点形式

$$x=\pm 2^{\pm p}\cdot q,$$

其中，阶数 p 是二进制正整数，尾数 q 是二进制正小数．在 X-2 机和 709 机上限定

$$-1000000\leqslant \pm p<1000000,$$

$$0\leqslant q<1.$$

且若 $q\geqslant\frac{1}{2}$，则称该数为二进制浮点规格化数．

数字计算机为什么要把数表示为二进制浮点形式呢？这是因为：

第一，二进制数在计算机单元里容易表示．

如前所述，计算机存放数据的单元是由一串互相联系着的小元件构成的．X-2 机的每一个单元有 42 个小元件，709