# 怎样用算法语言编程序

（709计算机　TQ－16计算机）

上海计算技术研究所　复旦大学数学系　编

SHKJ

# 怎样用算法语言编程序

(709 计算机　TQ-16 计算机)

顾鼎铭　罗文化　陈恕行

上海科学技术出版社

## 内 容 简 介

本书通俗、详尽地介绍了在709电子数字计算机和TQ-16电子数字计算机上用算法语言编写计算程序的方法，并讲述了在这两台机器上算题的操作技术．另外，考虑到算题人员实际使用的需要，书中还选编了部分常用数值方法的标准程序．

本书可供科技人员及在电子数字计算机上算题的人员阅读、参考，也可作为算法语言短训班的普及教材．


怎样用算法语言编程序

(709计算机　TQ-16计算机)

顾鼎铭　罗文化　陈恕行

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行　上海日历印刷厂印刷

开本787×1092 1/32　印张8.5　字数186,000

1980年2月第1版　1980年2月第1次印刷

印数1—25,000

书号：13119·763　　定价：0.69元

# 引　言

电子计算机是一种现代化的计算工具，它在生产技术和科学研究的各个领域有着广泛的应用．多年来，各行各业学习、使用电子数字计算机，解决本专业的计算问题，已经取得了良好的成效．

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，易出错，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，它们的构造原理基本上都是相同的．本书介绍的配置在 709 机、TQ-16 机上的算法语言就是在 ALGOL-60 基础上设计而成的，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.

由于本书主要是为算题人员学习、使用709机和TQ-16机的算法语言而编写的，同时也照顾到初次接触电子数字计算机的人员阅读、参考，因此，在基本概念的叙述上把重点放在应用方面，而不过分追求严密的逻辑性，算法语言中一些不常用的内容也就略去了.

本书由上海计算技术研究所顾鼎铭、复旦大学罗文化、陈恕行等编写而成. 在原书«怎样用算法语言编程序(X-2计算机 709计算机)»的基础上，这次由顾鼎铭同志作了较大的修改，删弃了原书有关«X-2»计算机的内容，增加了目前使用较广的«TQ-16»计算机的内容，考虑到计算人员的需要，还增选了部分常用算法的标准程序.

由于编者水平有限，实践经验不多，书中难免存在缺点和错误，希望读者批评、指正。

编　者

一九七八年十一月

# 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709机和TQ-16机是目前使用比较广泛的两台中型电子数字计算机．

## 第一节 709电子数字计算机和TQ-16电子数字计算机简介

709计算机是以集成电路为主要元件的通用电子数字计算机，平均每秒钟可以完成十二万次运算．机器配置有自动化程序的编译系统——用机器语言编写成的一个加工程序，它能够把用算法语言写成的源程序编排、翻译成用机器语言表示的目标程序．TQ-16计算机基本上是对部分功能作了改进的709计算机，除了编译系统外，它还配置有简易的管理系统，具有如下三种功能：

1．使用外部设备的管理；

2. 接受并处理算题人员对机器的干预;

3. 指示机器运行状态，以便于算题人员对出错、故障的监督、维护和处理.

709 计算机、TQ-16 计算机都由内存、运控和外部设备三大部分组成:

*内存* 是指内存贮器，它用来存贮程序、原始数据和计算结果. 709 机和 TQ-16 机的内存贮器是由磁芯体构成，它好比是一座大楼房，由许多个称为单元的房间所组成，单元的总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小元件串联而成的，小元件的个数称为单元的字长. 另外，为了存取信息的需要，磁芯体的单元还人为地依次编上一个号码，称为单元的地址.

709 机和 TQ-16 机的内存容量是 32768，单元地址依次编号为 0～32767(八进制数编号时为 000000～077777). 每个单元的字长为 48 个二进位.

*运控* 是运算器和控制器的总称. 机器的各种运算都在这里进行，各种命令都由这里发出. 这一部分中，同算题人员直接有关的设备，709 机是一个人工控制台，TQ-16 机是一个使用控制台(包括控制台面板和控制台打字机). 利用这些设备可以使机器停止运算，启动工作，输入、输出信息以及改变单元内容或运算次序等.

*外部设备* 包括光电机、排印机、磁鼓和磁带机四种设备.

光电机用来输入程序和原始数据. 排印机用来输出运算结果和程序. 目前，709 机和 TQ-16 机都配有两台光电机和两台排印机.

磁鼓和磁带统称为机器的外存贮器. 每台磁鼓有 14336 个单元. 与磁鼓相比，磁带容量更大，可达几十万个单元，但

存取时间较慢. 目前，709机未配磁带机，只配有四台磁鼓，算题人员可以使用三台，磁鼓单元统一编号为0～43007(八进制数编号时为000000～123777). TQ-16机配有三台磁鼓、两台磁带机，磁鼓编号为0、1、2，算题人员可以使用1号鼓、2号鼓，磁鼓单元分别编号为0～14335(八进制编号时为000000～033777). 磁带机编号为0、1，对算题人员一般只开放0号磁带机，以组分段形式存取信息.

机器各部分的联系示于图1.

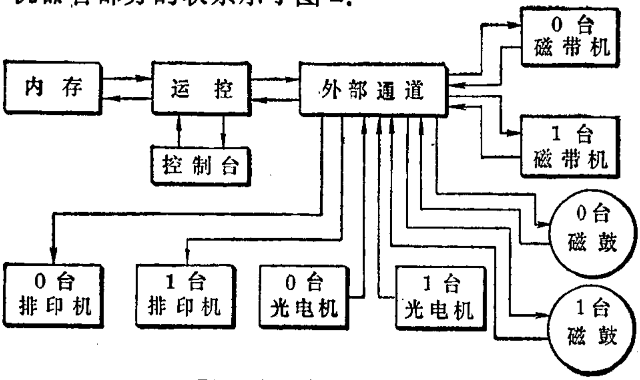


图1　机器各部分联系图

## 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

$$\begin{aligned}10.011_{(二)}&=1\times2^{1}+0\times2^{0}+0\times2^{-1}+1\times2^{-2}+1\times2^{-3}\\&=2.375_{(十)},\end{aligned}$$

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，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

$$2.3_{(八)}=2\times 8^{0}+3\times 8^{-1}=2.375_{(十)},$$

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 $k_n k_{n-1}\cdots k_{0(八)}$，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，等式两端除以 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

$$0.825_{(十)}=k_1\times 8^{-1}+k_2\times 8^{-2}+\cdots+k_n\times 8^{-n}+\cdots.$$

我们从这个式子中把 $k_1$、$k_2$、…、$k_n$、… 确定出来，为此. 等式两端乘 8，得

$$6+0.6=k_1+k_2\times 8^{-1}+\cdots+k_n\times 8^{-n+1}+\cdots.$$

比较等式两端得

$$k_1=6,$$

$$0.6=k_2\times 8^{-1}+k_3\times 8^{-2}+\cdots+k_n\times 8^{-n+1}+\cdots.$$

第二式两端乘 8，得

$$4+0.8=k_2+k_3\times 8^{-1}+\cdots+k_n\times 8^{-n+2}+\cdots.$$

比较等式两端得

$$k_2=4,$$

$$0.8=k_3\times 8^{-1}+k_4\times 8^{-2}+\cdots+k_n\times 8^{-n+2}+\cdots.$$

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

$$k_3=6,$$

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

$$\cdots\cdots\cdots\cdots.$$

如此一直下去，可以求出 $k_1$，$k_2$，$k_3$，…．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 $75.825_{(十)}$ 转换成八进制形式．

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

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

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

$$\begin{array}{r}
0.825 \\
\times\qquad 8 \\ \hline
\boxed{6}.600 \\
\times\qquad 8 \\ \hline
\boxed{4}.800 \\
\times\qquad 8 \\ \hline
\boxed{6}.400 \\
\vdots
\end{array}\downarrow$$

最后，把两部分结果合并起来，即得

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

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 $15.6_{(八)}$ 化为十进制形式，只要按公式直接计算即可：

$$15.6_{(八)}=1\times8^1+5\times8^0+6\times8^{-1}=13.75_{(十)}.$$

(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"，不足三位用"0"补.

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

$$001110.011111_{(二)}=16.37_{(八)}.$$

## 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

$$75.825_{(十)}=+10^{+2}\cdot0.75825_{(十)}$$
$$=+10^{+3}\cdot0.075825_{(十)}=\cdots.$$

[例] 二进制数 $110.011_{(二)}$ 可以表示为

$$110.011_{(二)}=+2^{+11}\cdot0.110011_{(二)}$$
$$=+2^{+100}\cdot0.0110011_{(二)}=\cdots.$$

[例] 八进制数 $75.32_{(八)}$ 可以表示为

$$75.32_{(八)}=+8^{+2}\cdot0.7532_{(八)}$$
$$=+8^{+3}\cdot0.07532_{(八)}=\cdots.$$

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 $+2^{+101}\cdot0.101001$ 是浮点规格化的数,而 $+2^{+110}\cdot0.0101001$ 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