104电子计算机标准程序汇编

刘坤臣　何新貴　张綺霞　曹維潞 编

(按姓氏笔划顺序排列)

科学出版社

1965

內 容 簡 介

本书是将 104 电子计算机上常用的一些标准程序汇集起来，并加以整理编写而成的. 內容包括三部分:第一部分是关于程序规格的说明;第二部分是各类标准程序，其中包括: 初等函数的计算、函数插值、数值积分、方程求根、线性代数计算、常微分方程的求解等方面的标准程序以及其它服务性程序;最后一部分是附录，包括 104 机指令系统表，固定地址子程序及若干常用常数表.

104电子計算机标准程序汇编

刘坤臣 何新贵 张绮霞 曹维潞 编

*

科学出版社出版

北京朝阳門内大街 117 号

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1965年 9 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1965年 9 月第一次印刷 印张：25 1/2

精装：0001—1,300 插頁：3

平装：0001—1,300 字数：594,000

統一书号：13031・2160

本社书号：3292・13—1

定价：[科六] 精装本：3.90 元 平装本：3.20 元

目　　录

第一章　緒　論

§1. 一般說明

1.1. 建立一个完善的标准程序系統，并使它得到广泛的应用，是节省程序設計人員的劳动和提高計算机使用效率的重要途径之一．为了使用方便和避免錯誤起見，一个标准程序系統应該尽可能广泛地收集各方面的标准程序，并且要求所有的标准程序都按照某种統一的格式进行編制．本汇編中收集了某些常用的标准程序，它們（个别程序除外）都是按照統一的格式来进行編制的．但所涉及的面还不够广泛，因而，这些标准程序只是形成了一个初具規模的标准程序系統．

为了以后說明方便起見，我們首先把本汇編中的标准程序所遵循的共同格式作一扼要的叙述：

1. 本汇編中的标准程序一般都是以 0010 或 1000 为起始地址进行編制的． 仅有少数标准程序是根据使用方便或传統习慣的要求，以內存其它地址为起始地址进行編制的．

2. 除个别較长的标准程序外，本汇編中所有的标准程序，均可用“移位程序”将其移到內存其它位置上，并自动修改其有关地址，使之能在新的位置上正常工作(使用“移位程序”的詳細办法見本章 § 2)．

由于“移位程序”的要求，每个可进行移位的标准程序的第一条指令均用如下形式的信息：

$$T:\quad 000\quad T\quad T+N-1\quad T+n$$

其中 T 为該标准程序編制时的起始地址，N 为其长度，$T+n$ 为其中不需要代眞的(所謂代眞，是指根据移位要求将其代碼作相应的改变)第一条指令常数的地址．

此外，每个可进行移位的标准程序中，在移位时不需要代眞的所有指令常数均放在程序的最后．

3. 标准程序的临时性工作单元均在 0005 号单元至 000F 号单元之內，或者由标准程序自带．

4. 标准程序的工作一般都依賴于某些需由使用者提供的参数． 这些参数的所在地址，或参数值本身，由使用者在从主程序(中央控制系統工作)轉向标准程序工作时，以下列形式之广义指令来給出：

$$\begin{array}{lcccc}
K: & S1A & \alpha_0 & \beta_0 & R+1 \\
K+1: & \theta_1 & \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
K+m: & \theta_m & \alpha_m & \beta_m & \gamma_m
\end{array}$$

其中 $R+1$ 为該标准程序入口的眞地址，$S,\ \alpha_0,\ \beta_0;\ \theta_k,\ \alpha_k,\ \beta_k,\ \gamma_k(k=1,2,\cdots,m)$ 皆为标准程序所需要的参数值本身或其所在地址，我們将其統称为信息．

标准程序工作完毕后，返回主程序的 $K+m+1$.

标准程序所需要的参数一般包括以下几方面內容:

i）各种控制参量，如矩陣的阶数、插值点数等等.

ii）某些有关常数，如积分步长 h，控制误差 ε 等等.

iii）該标准程序中，直接或間接地套用的其它标准程序（或使用者編制的某些程序）的入口的眞地址.

iv）該标准程序所需要的某些工作单元的眞地址.

5. 所有标准程序的工作部分都具有自恢复性，調整部分一般也具有自恢复性. 当調整部分无自恢复性时，該程序一般不能重复使用，但也有一些程序，在第二次使用时的信息与第一次相同的条件下，可以重复使用. 在这种情况下，若无特殊說明，第二次使用該标准程序的入口仍与第一次相同.

1.2. 由于本汇編中标准程序种类較多，特点也各不相同，因而，在編写說明时保持完全統一的格式是有困难的. 我們虽已力图使所有程序說明的格式尽可能地統一，仍然难免有少数程序，例如，使用磁鼓的主元素消去法解綫性方程組程序，双倍位运算程序等，其說明不能完全按照統一的格式来編写. 除此之外，大多数标准程序的說明一般都按下列格式进行編写:

一、功能

这一部分是用比較簡練的語言把該程序所能够解決的問題作一扼要叙述.

二、指标

这一部分主要是对标准程序的某些与使用有关的特点进行說明，一般包括如下几个方面的內容:

1. 程序的长度，指令及常数的条数.
2. 程序所使用的工作单元数目及其地址.
3. 結果的精确度.
4. 程序所需的机器工作时間的估計.
5. 其它.

三、用法

这一部分是对如何使用标准程序的問題作詳細的叙述. 首先說明标准程序对使用者的某些要求，例如原始数据如何排列，是否需要使用者編制某些輔助性程序等. 然后叙述标准程序所需要的信息如何給出，最終結果如何排列等. 最后是对于标准程序中的意外停机指令，及标准程序的某些特殊功能进行說明.

如果讀者只是对使用标准程序来解決实际問題有兴趣，那末，訒眞讀懂以上三部分說明，卽可达到目的. 如果他还想要了解計算方法和程序編制上的某些細节，就必須仔細閱讀以下几部分說明.

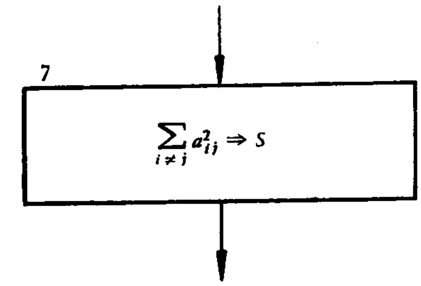
四、方法

这一部分主要是簡要地叙述一下标准程序中所使用的計算方法以及程序中所作的某些具体处理，幷列举出有关的計算公式. 我們在这里假定讀者对計算方法已有一定了解，因而，在叙述时不去追求数学上的完整性，所有的証明都被略去，仅在必要时指出詳細討論該方法的有关参考文献.

五、框图

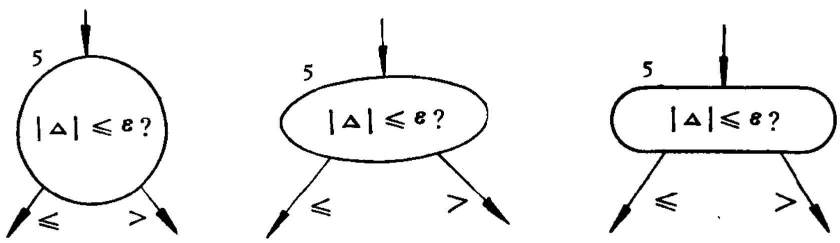
这里的框图是为了表示計算过程的邏輯关系而設立的,大部分框图都是“粗”的框图.由于对每个标准程序都已逐条地作了注释,因而,对于讀懂程序来說,“粗”框图已經足够.在框图中所出現的符号大致有以下几类:

1. 方形或长方形框. 例如:



这一符号用来表示执行框内所写出的运算(非邏輯性运算)的某个程序块或子程序.(注意: 在框左上角的数字表示框的編号)

2. 圓形或椭圓形框. 例如:



这一符号用来表示完成框内所写出的邏輯运算的某段程序. 一般情况下, 它有一个入口,两个出口, 下一步計算究竟从哪一个出口継續进行下去, 需根据其中邏辑运算的結果来决定.

3. 各种表示运算执行次序的联接符号.

i) “⟶”表示通常意义下的运算执行次序.

ii) “-->”表示方向可变的联接,变化的方式一般在虛綫旁用文字注明.

iii) “⟶N”表示此联接綫应接向第N号框的入口.

iv) “N⟶”表示此联接綫是从第N号框的出口轉接过来的.

v) “⇄|　|”表示轉入方框所代表的該段程序,而后返回.

六、程序

这一部分是用眞地址书写的、并已作了逐条地注释的标准程序. 为了避免印刷上的錯誤, 在书写程序时, 我們使用了字母 A, B, C, D, E, F 来代替通常所习惯使用的 $\bar{0}$, $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$, $\bar{4}$, $\bar{5}$. 其对应关系为:

$$A\sim\bar{0},\ B\sim\bar{1},\ C\sim\bar{2},\ D\sim\bar{3},\ E\sim\bar{4},\ F\sim\bar{5}.$$

七、参考文献或其它

这一部分是列举一些有关計算方法方面的参考文献, 或作一些説明. 但多数标准程序中,所使用的方法均已为讀者所熟知,因而,其相应的說明中都沒有这一項.

最后,我們还要指出,讀者将会发現本书中各个标准程序的說明里所使用的符号不是

完全統一的．这是由于絕大部分标准程序都是相互独立的，它們的說明沒有太多的直接联系，因而，沒有必要采用完全統一的符号．此外，对于个别的标准程序，照顾到习慣上的要求和某些具体的特殊性，使用特殊的符号有时是适当的．

§2. 标准程序的移位办法

在§1中已經提到，为了使标准程序具有比較統一的格式，絕大部分标准程序都是以0010或1000为起始地址进行編制的．在实际使用时，这就可能会与使用者的存儲分配方案产生矛盾．另外，也可能会經常出現同时需要使用几个标准程序的情况，这时也会发生单元冲突的現象．为了順利解决这些問題，我們采用了程序“移位”的办法．即是說，所有的标准程序(个别較长的和沒有必要“移位”的程序除外)都按照可以“移位”的要求来进行編制．如果发生了单元冲突現象，使用者就可以利用“移位程序”把某些标准程序移到內存其它位置上去，“移位程序”还同时修改好所有应当修改的地址，使这些程序在新的位置上同样能够正常地工作．

本汇編中的标准程序，除去目录中在其名称旁注有“*”的以外，都是可以用“移位程序”进行移位的．如果这些标准程序中的某一个，在內存中所处位置的起始单元地址H，与其編制时的起始单元地址T相等，并且，使用者也不需要将其移到內存其他位置去时，那末，不需要进行任何加工，該标准程序即可正常工作．除去上述特殊情况以外的所有情况下(即H，T及R——使用者想要移至該处去的內存位置之起始单元地址，三个地址中有任何两个不相等的情况)，都必需使用“移位程序”預先进行加工(即代真并把程序移到所需位置)后，該标准程序才能正常工作．此外，在“移位程序”工作完毕后，移位前的标准程序一般已不再是原来的状态．以下是“移位程序”的詳細說明：

一、功能

凡滿足下列要求的程序，均可利用本程序将它代真并移向指定的在內存$000B$—$13BF$范围內的任何位置．

1. 程序的第一条指令为如下形式的信息：

$$T:\quad 000\quad T\quad T+N-1\quad T+n$$

其中T为程序編制时的起始地址，$T+N-1$为其終了地址，$T+n$为程序中不需代真的第一条指令的地址；

2. 在被代真的指令区域內，不夹杂不需代真的常数，但若其內容的三个地址均在T——$T+N-1$之外的則无妨；

3. 程序中所有代真后其代碼要发生变化的指令沒有作为数値常数使用；

4. 編制程序时，沒有使用依賴于程序存儲位置的一些特殊技巧．

經过移位后的程序，仍可以利用本程序进行再移．

二、指标

程序全长：64条，占用单元$13C0$—$13FF$．

工作单元：0005—$000B$．

三、用法

1. 将本程序輸入內存的$13C0$—$13FF$．

2. 将被移位的程序輸入內存的$000C$—$13BF$范围內的任何位置．

3. 在主程序中使用如下的广义指令轉向本程序工作:

$$K:\quad 01A\quad H\quad R\quad 13C0$$

其中 H——程序在移位前所处内存位置的起始地址；R——程序应移到該处去的内存位置的起始地址.

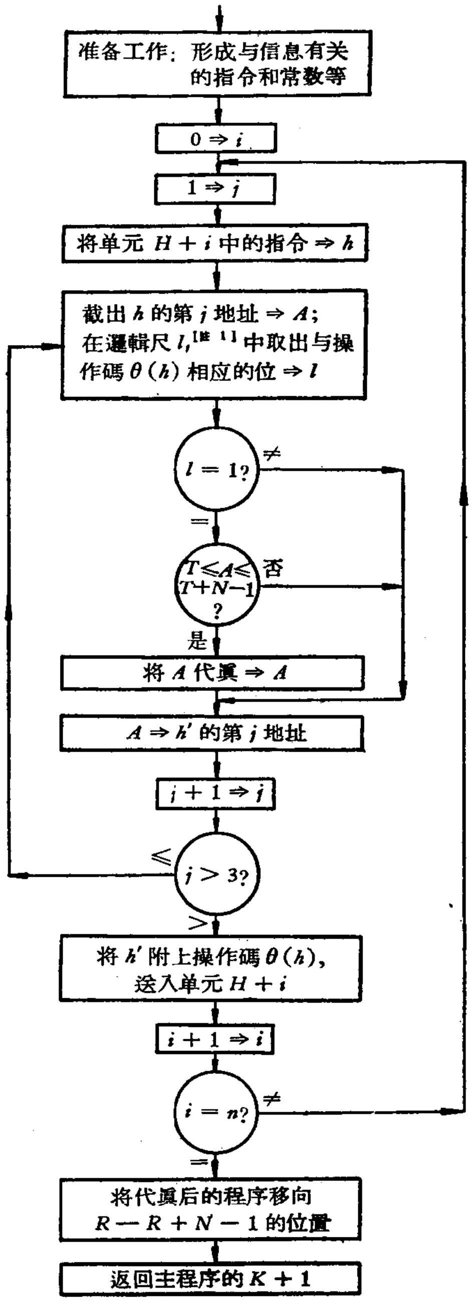
本程序工作完毕后,返回主程序的 $K+1$.

注释:

$H—H+N-1$ 与 $R—R+N-1$ 的内存位置可以重迭或部分重迭.

$R—R+N-1$ 与 $13C0—13FF$ 的两个内存位置也可以重迭或部分重迭，此时，本程序仍能正常工作并返回主程序. 但工作完毕后,本程序即被破坏.

四、框图



註 1.

$l_j(j=1, 2, 3)$是三支邏輯尺，用以标志相应于各种操作的指令，其第 1, 2, 3 地址是否需要封鎖代眞. 邏輯尺的构成如下：使邏輯尺中的第 32—1 位对应于操作碼为 000—01F 的 32 个操作(最高位为“1”的操作，其代眞要求同于为“0”的操作)，如果某个操作，其指令的第 i 地址属于封鎖代眞的情况，即非內存地址(如移位指令的第 2 地址，“016”指令的第 1, 2 地址等)或該地址上的数碼不影响操作結果的(如“01A”指令的第 1, 2 地址，停机指令的三个地址等)，則在 l_i 的相应位写“0”；如果不属于封鎖代眞的情况，則写“1”. 三支邏輯尺的具体內容如下：

		39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	θ								00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
l_1:	A_1								1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
l_2:	A_2								1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
l_3:	A_3								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0

五、程序

13C0	01B		0008	13C1
1	111	0008	0016	0005
2	012	13F5	0005	13C3
3	(011	K		0005)
4	111	0005	004B	0006
5	01D	0006	13FB	13C3
6	01D	0005	13F5	0005
7	012	0005	13C3	000A
8	012	0005	13F3	13C9
9	(	H		0006)
A	111	0006	0056	0009
B	111	0006	004B	000B
C	01D	000B	13FB	000B
D	01D	0006	13FB	0006
E	102	0006	0009	0006
F	111	0006	0016	0006
13D0		13C9		13D2
1	012	13C9	0006	13C9
2	(	$H+i$		0006)
3	012		0006	0007
4	01D	0006	13F4	0005
5	111	0005	0056	0005
6	012	13F6	0005	13D7
7	(011	$\langle l_j \rangle$	θ	13E4)
8	012	13D7	13F9	13D7
9	111	0007	0056	0005
A	014	13E4	13FC	13DF
B	014	0005	0009	13DF
C	014	000B	0005	13DF
D	102	0005	0009	0005
E	012	0005	13C3	0005

F	111	0007	000B	0007	
13E0	012	0005	0007	0007	
1	014	13D7	13F6	13D7	
2	111	13D2	0056	0005	
3	012	13F7	0005	13E4	
4	(105	0007	0006	$H+i$)	
5	012	13D2	13F9	13D2	
6	114	13D2	13C9	13D2	
7	012	13F8	13DD	0005	
8	112	13FB	0005	0007	
9	102	000B	0009	000B	
A	111	000B	0016	0009	
B	012	000B	0009	000B	
C	012	000A	000B	0006	
D		13FA		0009	
E	111	000A	0056	13C9	
F	014	13C9	13C3	0006	
13F0		000A		0006	
1	012	000A	000B	000A	
2	012		13F8	0009	
3	01B			0006	
4	01F				
5	011	13FF		0005	
6	011	13FD		13E4	
7	105	0007	0006		
8	012	0001		0001	
9		0001			
A		13FE	13FF	13FF	指令常数
B	102			13FF	
C		0200			$\frac{1}{2}$
D		03FE	11FF	1006	l_1
E		03FA	1227	1016	l_2
F		03FF	13FF	1336	l_3

第二章　标准程序

§ 1. 計算初等函数的程序

本节包含 8 个計算初等函数的标准子程序．它們是，同时計算 $\sin x$，$\cos x$ 或計算 $\operatorname{tg} x$ 程序；計算 e^x 程序；計算 $\ln x$ 程序；計算 $\sqrt{x}$ 程序；計算 $\operatorname{arc\,tg} x$ 程序；单独計算 $\sin x$ 程序；計算 $\sqrt[3]{x}$ 程序；計算 $\arcsin x$ 程序．前五个程序的眞地址是从 $127E$ 地址开始顺序排下来，后三个程序的眞地址都是从 0010 开始．

所有标准子程序都具有可移位的性能，即在不发生单元冲突的条件下，可用移位程序将标准子程序移位到其它內存位置上，該标准子程序仍旧能正常地进行工作．当然也可以直接放到內存中該程序的眞地址上使用．

这 8 个子程序統一用 0005 作为存放自变量 x 的标准单元，自变量应为規格化的数，使用子程序时必須从中央控制系統用操作碼为 $01A$ 的无条件轉移指令轉向子程序，其指令形式为：

$$K:\quad 01A\quad 0000\quad 0000\quad M+2\quad (\text{或} M+1)$$

其中 M 为某子程序代眞后第一条指令(卽信息)所在的单元地址碼，而标准子程序在工作之后将自动返回到主程序的 $K+1$ 工作，此时用 0006 作为存放函数值 y 的标准单元，而 0005 单元在計算过程中始終存放着自变量的值，每个子程序所占用的工作单元，一般而言为 0005—$000A$.

在某些标准子程序中，設有一些停机指令，其目的是为了把計算过程中的不合理現象及时地告知使用者(詳見本节末停机表)．

下面我們分別对每个标准子程序給以詳細說明．在以下的說明中，除了采用指令系統中的符号外，我們还用了如下的符号：

O_M——表示机器零；　O_M^*——表示 $2^{-32}(1-2^{-32})$；

x——表示自变量；　t——小数部分；

n——整数部分；　M——子程序代眞后第一条指令的地址.

1. 同时计算 $\sin x$, $\cos x$ 或 $\operatorname{tg} x$ 程序

一、功能

本程序是采用最优逼近多項式計算三角函数之值.

二、指标

程序全长：56 条，占用单元 1300—1337．其中指令 47 条，常数 9 条.

工作单元：共六个，占用 0005—$000A$.

精确度：一般情况下能达到 9 位有效数字，如果变量的模比較大时，那末所得函数值必不准确，一般若 $|x| = 2^p \cdot q\left(\frac{1}{2} \leqslant q < 1\right)$，則函数值的有效数字不超过 s（二进制

数).

$$s=\begin{cases}32-p, & 0<p<32,\\ 32, & p\leqslant 0.\end{cases}$$

特别当 $p\leqslant 0$ 时,計算結果只能保証絕对誤差,即小数点后 32 位有效数字.

工作时間: 計算每个 $\sin x$, $\cos x$,平均約需 3900 微秒,計算 $\operatorname{tg} x$ 平均需 4100 微秒.

三、用法

将自变量送入 0005, 再以如下指令由中央控制轉入到本程序,

$$K:\qquad 01A\qquad 0000\qquad 0000\qquad Z+1$$

本程序工作完毕后,返回主程序的 $K+1$ 条,同时結果在 0006 号单元中,其中 $Z+1$ 为入口地址,若 M 为該子程序的开始地址,则計算 $\operatorname{tg} x$, $\cos x$, $\sin x$ 时 z 分别为 $M+1$, $M+4$ 及 $M+7$. 停机情况見本节末的停机表.

四、方法

先把自变量 x 化到 $\left[0,\frac{\pi}{4}\right]$ 区間上,用 x_1 表示此变量,则

$$x_1=\begin{cases}\left\{\frac{4x}{\pi}\right\}\frac{\pi}{4}, & \text{当 }\left[\frac{4x}{\pi}\right]\text{ 为偶数},\\ \left(1-\left\{\frac{4x}{\pi}\right\}\right)\frac{\pi}{4}, & \text{当 }\left[\frac{4x}{\pi}\right]\text{ 为奇数}.\end{cases}$$

$\sin x$ 及 $\cos x$ 按下式来計算:

$$\sin x=\begin{cases}p\dfrac{2\operatorname{tg}\frac{x_1}{2}}{1+\operatorname{tg}^2\frac{x_1}{2}}, & \text{当 }\left[\frac{1}{2}\left(\left[\frac{4x}{\pi}\right]+1\right)\right]\text{ 为偶数},\\[2ex] p\dfrac{1-\operatorname{tg}^2\frac{x_1}{2}}{1+\operatorname{tg}^2\frac{x_1}{2}}, & \text{当 }\left[\frac{1}{2}\left(\left[\frac{4x}{\pi}\right]+1\right)\right]\text{ 为奇数}.\end{cases}$$

$$\cos x=\begin{cases}q\dfrac{1-\operatorname{tg}^2\frac{x_1}{2}}{1+\operatorname{tg}^2\frac{x_1}{2}}, & \text{当 }\left[\frac{1}{2}\left(\left[\frac{4x}{\pi}\right]+1\right)\right]\text{ 为偶数},\\[2ex] q\dfrac{2\operatorname{tg}\frac{x_1}{2}}{1+\operatorname{tg}^2\frac{x_1}{2}}, & \text{当 }\left[\frac{1}{2}\left(\left[\frac{4x}{\pi}\right]+1\right)\right]\text{ 为奇数}.\end{cases}$$

其中

$$p=\begin{cases}1, & \text{当 }\left[\frac{1}{4}\left[\frac{4x}{\pi}\right]\right]\text{ 为偶数},\\ -1, & \text{当 }\left[\frac{1}{4}\left[\frac{4x}{\pi}\right]\right]\text{ 为奇数}.\end{cases}$$

$$q=\begin{cases}1, & \text{当 }\left[\frac{1}{4}\left(\left[\frac{4x}{\pi}\right]+2\right)\right]\text{ 为偶数},\\ -1, & \text{当 }\left[\frac{1}{4}\left(\left[\frac{4x}{\pi}\right]+2\right)\right]\text{ 为奇数}.\end{cases}$$

$$z=\begin{cases}\left\{\dfrac{4x}{\pi}\right\}, & \text{当}\left[\dfrac{4x}{\pi}\right]\text{为偶数,}\\ 1-\left\{\dfrac{4x}{\pi}\right\}, & \text{当}\left[\dfrac{4x}{\pi}\right]\text{为奇数.}\end{cases}$$

註. 以上公式中方括弧代表該数的整数部分,花括弧代表分数部分.

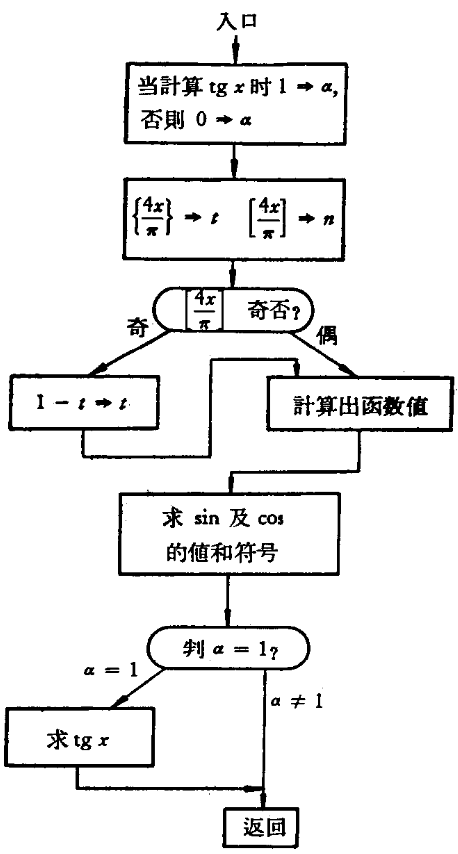
設 $\bar{z}=\lambda z$. 計算 $2\mathrm{tg}\,\dfrac{x_1}{2}$ 用公式

$$2\mathrm{tg}\,\frac{x_1}{2}=\frac{\bar{z}}{E-[(\bar{z}^2-B)^2+\bar{z}^2+C][(\bar{z}^2-B)^2+D]},$$

以上多項式系数为:

$$\begin{aligned}\lambda &= 0.106\ 785\ 251\ 67\\ B &= -0.072\ 162\ 649\ 19\\ C &= -0.039\ 607\ 473\ 06\\ D &= 0.705\ 279\ 988\ 22\\ E &= 0.111\ 522\ 419\ 57\end{aligned}$$

五、框图



六、程序

1300		1300	133B	132E	
1	01B		000E	133D	tg x 入口
2		1330		000A	$1\Rightarrow\alpha$
3	01A			1309	
4	01B		000E	133D	cos 入口

5		1335		000*A*	$D=\alpha$
6	01*A*			1309	
7	01*B*		000*E*	133*D*	sin 入口
8				000*A*	$0\Rightarrow\alpha$
9	003	0005	1331	0008	$\frac{4}{\pi}\cdot x$
A	101	0008		0008	求得 t 及 n
B	013	0008	0007	0008	
C	101	0008	1333	0008	
D	01*D*	0008	132*F*	0006	
E	114	0006	132*F*	1310	
F	002	1330	0007	0007	n 为奇 $1-t\Rightarrow t$
1310	111	0008	001*E*	0009	
1	003	0007	1332	0008	$x=\lambda t$
2	103	0008	0008	0007	x^2
3	102	0007	1333	0006	$x^2-B\Rightarrow s$
4	103	0006	0006	0006	
5	101	0006	0007	0007	
6	002	0007	1334	0007	$s^2+x^2-C\Rightarrow \mathrm{I}$
7	001	0006	1335	0006	$s^2+D\Rightarrow \mathrm{II}$
8	003	0006	0007	0006	
9	002	1336	0006	0007	$E-\mathrm{I}\cdot\mathrm{II}\Rightarrow\mathrm{III}$.
A	004	0008	0007	0006	求得 $2\cdot\mathrm{tg}\frac{x_1}{2}, x_1=\frac{\pi}{4}\cdot x$
B	107	0006	003*F*	0007	
C	003	0007	0007	0008	
D	001	1330	0008	0007	$1+\mathrm{tg}^2\frac{x_1}{2}$
E	004	0006	0007	0006	
F	002	1330	0008	0008	$1-\mathrm{tg}^2\frac{x_1}{2}$
1320	004	0008	0007	0007	
1	012	132*E*	0009	0008	
2	015	0008	132*B*	1326	
3		0006		0008	交换函数值
4		0007		0006	
5		0008		0007	
6	012	0009	1337	0008	
7	00*F*	0006	0008	0006	确定 $\sin x$ 符号
8	00*F*	0007	0009	0007	确定 $\cos x$ 符号
9	014	000*A*	1330	132*C*	$\alpha=1$?
A	004	0006	0007	0006	$\alpha=1$ 计算 $\mathrm{tg}\,x$
B	019	0180			返回
C	014	000*A*	1335	132*E*	$\alpha<D\rightarrow$ 返回
D		0007		0006	$\alpha=D$ 计算 cos
E	019	0300			
F				0001	
1330	001	(0)	8000	0000	
1	001	(0)	*A*2*F*9	836*E*	
2	11*D*	(0)	*DAB*2	39*DD*	
3	11*E*	(0)	49*E*5	0169	
4	11*C*	(0)	*A*23*B*	7217	
5	000	(0)	*B*48*D*	3*AB*4	
6	11*D*	(0)	*E*465	*DDC*7	
7	000	(1)	8000	0000	

2. 计算 e^x 程序

一、功能

本程序是采用有旁項連分式計算指数函数之值.

二、指标

程序全长: 32 条,占用单元 $12E0$—$12FF$. 其中指令 25 条,常数 7 条.

工作单元: 共五个,占用 0005—0009.

精确度: 一般而言, 达到 9.5 位有效数字, 如果变量的模比較大时, 还要丢掉一些有效数字,约相当于 $[x/\ln 2]$ 的位数.

工作时間: 計算每个函数値約需 2800 微秒.

三、用法

将自变量送入 0005 (规格化数),再以如下指令由中央控制轉入本程序:

$$K: \quad 01A \quad 0000 \quad 0000 \quad M+2$$

其中 M 为內存中存放本程序的起始单元地址. 本程序工作完毕后, 返回到主程序的 $K+1$ 工作,同时結果在 0006 号单元中. 停机情况見本节末的停机表.

四、方法

$$e^x = 2^{\frac{x}{\ln 2}} = 2^{[x \lg_2 e]} \cdot e^{\ln 2\{x \lg_2 e\}}.$$

令

$$\bar{x} = \ln 2\{x \lg_2 e\}, \quad n = [x \lg_2 e],$$

計算 $e^{\bar{x}}$ 用有旁項連分式

$$e^{\bar{x}} = 1 + \frac{2\bar{x}}{2-\bar{x}\,+}\,\frac{\bar{x}^2}{6\,+}\,\frac{\bar{x}^2}{10\,+}\,\frac{\bar{x}^2}{14}.$$

用以上公式計算就能达到机器所能表示位数的精度.

五、框图