

MULT 1—3

汇编程序 PA 301—PA 304

目 录

第一节 引 言

第二节 源语言

II₁ 语句格式

II₂ 运算量符号组表达式

第三节 机器指令

III₁ 存储寻址型式

第四节 汇编程序指令

第五节 汇编表

V₁ 格式

V₂ 错误标志

V₃ 样品表

第六节 目标程序卡片组

第七节 附 录

A MULT1-8/MB01 和 M304 指令表

B 标准字符码(略)

C 电传打字机控制和换码(略)

D 2的方幕表(略)

E 16进制——10进制整数转换表

F PA 301 或 PA 304与IB M360的同时使用问题

第一节 引言

PA301和PA304是MULT-8/M301型和M304型计算机的符号汇编程序。该汇编程序为机器和汇编程序指令提供了符号的存储访问和记忆。

这些汇编指令可用FORTRAN—N写成，可用于多种计算机系统。MULT-8/M301或M304的源程序是用穿孔片输入的，而汇编程序的输出包括一个汇编表和一个目标程序卡片组。这些汇编程序产生一个非重新分配单元的程序。

PA301和PA304汇编语言具有如下特点：

地址运算：十进制和十六进制数，符号地址以及算术表达式。

数据定义：可指定为变精度整数，地址表达式，字符常数及文字。

表格控制：表的格式可控制且包括注在输出表中。

PA301汇编程序允许用600个符号

第二节 源语言

源语言是一个符号指令的序列，符号指令叫做语句，在卡片上穿孔。每个语句穿在单片卡片上。每个语句由下述的一至四个项目组成：名字符号组，操作符号组，运算量符号组，注解符号组。73-80列通常用来记标识或序数。运算量这一项是些表达式，这些表达式可由十进制数，十六进制数及符号数值组成。

II.1. 语句格式

名字符号组

名字符号组这一项是由一至六个字符所组成的特征符，从第一列开

始。结束于第一个空格。特征符的第一个字符是字母或园点。

跟着的字符可能是字母，数或园点。名字项通常是任意的，指令的类型决定各字符符号组的合法内容。除非用一个汇编指令赋予了别的值，特征符号对汇编程序单元计数器的当前值起作用。当第一列出现*号时。这一行其余的项均认为是注解，除开要把它放在表里，汇编程序不对它进行处理。

操作符号组

操作符号组项是用来规定机器指令或汇编指令的一种记忆操作码。该符号组开始于第8列。结束于第一个空格。某些存储访问指令的型式用一个专门的特征符号缀在记忆符的后面。

运算量符号组

运算量符号组项是用来辨别和描述在指令中起作用的数据，可以写出一个或多个运算量符号组。各项用逗号分开，在该符号组内不能出现空格。运算量符号组可以从操作符号组后的任意列开始，但在40列前必须开始。第14列是一个标准的开始列。运算量符号组以第一个空列结束。

注解符号组

注解描述有关程序的信息。它可写在运算量符号组的结尾和72之间。所有字符，包括空白都可以用来写注解。

II. 运算量符号组表达式

运算量符号组中的表达式可用一项或多项构成，这些项是用运算符+或-连接起来的。插入的表达式是不允许的。表达式的每一项代表一个值，这些值可用汇编程序（符号）来赋给，也可能是该项本身所固有的（常数）。值的范围取决于运算量和指令。相对型寻址指令中的地址表达式可以写得好象是不相对的。汇编程序将把这些表达式转换为一个

相对的移动量。

特征符

一个特征符是由一至六个字符所组成。第一个字符必须是字母或园点，相继的字符可以是数、字母、或园点。特征符中间不允许留空格，而且当第一个字符不是字母或园点时，汇编程序就停止扫描这个特征符。除开专门的特征符*和**外，用在运算量符号组中的所有特征符都必须在该程序的语句的字符符号组中用单一的形态来定义。

专门特征符

专门特征符*表示汇编程序的单元计数器的瞬时值。它也可用作表达式中任何别的特征符，但一定不要出现在字符符号组中。当其用在一个多字节指令的运算量符号组中时，它得取得该指令第一字节的地址值。

专门特征符**可用来指出该符号在程序执行过程中要改变。通常在表达式中就利用这个符号本身而不必再带别的项。该特征符产生一个零值而字节的长度受习惯所支配。

常数项的不由汇编程序来赋给，而是该项里所固有的。常数项有两类：十进制和十六进制。

a: 十进制常数

十进制常数是一个单一的十进制数，其值的范围取决于说明符所确定的字长。

b: 十六进制常数

十六进制常数是一个相当于四个字符的无符号十六进制数，这些字符写成一串十六进制的数字。而这些数字是放置在单个的引号内且前面一个字母X。每一个十六进制数字表示四位二进制数。字母A到F用来代表十六进制整数10至15。

第 三 节 机 器 指 令

机器语言指令占据存储的一到五个字节。第一个字节包括操作码和址型式码。汇编语言指令用操作符号组三个字符记忆码来表示。存储访问指令中有八种寻址型式，它们占据八个相接的指令码。寻址型式是用运算量符号组中地址表达式的值来表示的，而且在记忆操作码后带上一专门的特征符。

如果指令是存储访问文字型，(第 7 型式的指令，那么该指令的第二到第五字节保存着一文字，该文字表达为运算量符号组中一常数。常数的类型和它们被装配的方式将在本节后面第 7 型式下描述。一般地，文字的写法和装配与 DC 汇编指令类似。

非文字型存储访问指令在保存地址的第一字节后需要 0 个、1 个或 2 个字节。当地址部份具有前 256 个存储单元(0 页)的 8 位地址码(8 位带符号的移动量或 8 位无符号的偏置量)时，寻址型式用一个字节。当地址部分具有在其第 15 位上有一变址标志的 16 位地址时，寻址型式利用两个字节。

为保存 8 位的移位计数，移位指令利用该指令的第二字节。条件转移指令要利用第二字节法保存 8 位带符号的移动量。

汇编语言中机器指令有八种寻址型式。对于这些型式中的每一个，计算机的操作在 MULT1-8/M301 或 M304 计算机的参考手册中讲解对 0-3 型的所有地址的写法与该型式的用法无关。如果求值地址不是在第 0 页，汇编程序得要使之转换为相对地址。

型式 0：直接 0 页型

当运算量符号组中求值地址小于 256 且记忆操作码后带一空格时，指令被装配为 0 型，8 位地址码放到指令的第二字节内。

型式1：直接相对型

当运算量符号组中求值地址是大于或等于256且记忆操作码后带一空格时，指令被装为1型。如求值地址减去指令第一字节单元地址减去2A-B-C在+127到-128范围内，则该值被装配至指令的第二字节内。否则装配一零值且得诊断标志“R”放入表中。

型式2：间接0页型

当运算量符号组中求值地址小于256且记忆操作码后带一个*号时，指令被装配为第2型，八位地址码放进该指令的第二字节内。

型式3：间接相对型

当运算量符号组中求值地址大于或等于256且记忆操作码后带一个*号时，指令被装配为3型。如求值地址减去指令第一字节单元地址减去2是在+127至-128范围内，此值被装配到该指令的第二字节内，否则装配一零值且将诊断标志“R”放进表内。

型式4：标标型

当指令操作码后是带一个一号时，指令在一个单字节内装配为4型而不带运算量符号组的情况如何。

型式5：索引指标型

当指令记忆操作码后带一个十号时，该指令被装配为5型。如运算量的值小于256，则将它装配到该指令的第二字节内。否则装配一零值且将诊断标志“A”放入表中。

型式6：扩充地址型

当指令操作记忆码后带一个1号时，该指令被装配为6型。第一运算量的值作为16位地址码放进该指令的第二和第三字节内。如前面带有逗点的字符X被放入第二运算量，则在地址字的第15位上要一位变址标志。

型式 7: 间接扩充地址型 (转移和返回)

当指令操作记忆码后带一个二号时, 该指令被装配为 7 型, 第一运算量的值作为 16 位地址码放进该指令的第二和第三字节内, 如前有一逗点的字符 X 被放入第二运算量, 则地址字的第 15 位上要放一变址标志。

型式 7: 文字型

当指令记忆操作码后带一个二号时, 该指令被装配为 7 型且运算量被装配到第一字节后的 1-4 字节内。对于变字长运算指令 (记忆操作码的第三个字符为 V, 文字的长度取决于文字的类型以及数字或字符的个数。程序员必须确保这些运算量的长度与实际上的长度的一致性。指令作为固定字长的运算量类型总是装配成两字节的文字。文字包含在单一引号内且前面放上唯一的类型说明符。没有类型说明的文字及引号被算作 16 位地址类型。

H——半字长整数型文字

半字长整数型常数被写为 +127 至 -128 范围内一有符号或无符号的十进制数。当其为一可变运算量长度指令时, 该数转换为其等量的二进制数且被装配进单一的字节内, 否则被装配进两个字节且右端开头印为零。

F——全字长整数型文字

全字长整数型常数被写为 +215-1 至 -215 范围内一有符号或无符号的十进制数。该数得被转换为等量的二进制数且被装配进两个 8 位的字节内。

E——扩充字长整数型文字

扩充字长整数型常数被写为 $+2^{23}-1$ 至 -2^{23} 范围内一有符号或无符号的十进制数。如指令为可变运算量长度类型时, 该数转换为其

等量的二进制数且被装配进三个八位字节内，否则装配两字节的零且将诊断标志“A”放进表格里去。

D——双倍字长整数型文字

双倍字长整数型常数被写为 $+2^{31}-1$ 至 -2^{31} 范围内一有符号或无符号的十进制数。如其指令为变字长度类型时，该数被转换为其等量的二进制数且被装配进四个八位的字节内，否则装配两字节零且得诊断标志“A”放进表格里。

A——地址常数

16位的地址常数被写成由十进制数、十六进制数或特征符组成的表达式。该表达式的值必须在0至65535范围内。任何未经定义的特征符将产生一诊断错误标志和一零值。如存储单元计数器特征符*出现在地址表达式中，它就认为是该指令第一字节的地址值。地址字的第15位放1位变址标志，而后跟由字符X所组成的第二运算量表达式。两个运算量用逗号分开。地址常数的写法也可以不带A型说明符号和引号。

X——十六进制文字

十六进制文字由一至八个十六进制数字(0-9和A-F)组成。如指令是变字长运算量型的，所装配的字节个数由这些数字的个数来确定。当其这些数字的个数是奇数时，头上加一个零。如指令是固定字长型，该常数在两个字节内以右边一个零开头印出。当这些数字的个数大于4时，诊断号“A”被放入表内。

C——字符文字

字符常数由1-4个的一列字符(包括单个引号)所组成，每个字符被转换为其ASCII值，该值被装配为单一的八位字节。如指令是固定字长型的，当字符的个数大于2时，就出现一诊断号“A”和零值。

当其仅有一个字符时，它就直接在其右边以零开头的两个字节内印出。

第 四 节 汇 编 程 序 指 令

为了控制汇编处理和输出表格，汇编程序有九种指令。

O R G——存储单元计数器置位

汇编指令 **O R G** 改变单元计数器的置位。如果存在有名字符号组的话，得把程序计数器改变后的值赋给名字符号组。**O R G** 的运算量符号组必须包含一表达式，其他放在存储单元计数器内。当指令第一次出现时，该表达式内所有特征符都必须预先定义。下一条指令把目标代码放进程序，它迫使开始一张新的目标片。

E Q U——相等特征符

汇编指令 **E Q U** 用来定义一特征符，把运算量的值赋给这个特征符。当指令第一次出现时，表达式中任何特征符都必须预先定义。名字符号组必须被表示出来。

S E T——置位特征符

汇编指令 **S E T** 把运算量符号组的值赋给名字符号组内的特征符。当指令第一次出现时，运算量符号组中任何特征符都必须预先定义。名字符号组必须表示出来且可能是一预先定义的特征符。不会发生多次定义的错误。

D C——定义常数

汇编指令用来提供存储中的常数数据。与一语句仅确定一个常数。可被确定的常数有八位十进制数，16位十进制数，24位十进制数，32位十进制数，地址，十六进制数及字符。

常数被放进单一的引号内且前面放上唯一的类型说明符。没有类型

说明和引号的常数被算作 16 位地址类的。对于 DC 指令，表达常数的方法与变字长存储访问指令的文字相同。

有七种常数说明符，其分别叙述如下：

H——半字长整数型常数

半字长整数型常数被写为 $+127$ 至 -128 范围内—有符号或无符号十进制数。该数被转换为等量的二进制数且被装配为单一的 8 位字节。

F——全字长整数型常数

全字长整数型常数被写为 $+2^{15}$ 至 -2^{15} 范围内—有符号或无符号十进制数。该数被转换为等量的二进制数且装配为两个 8 位的字节。

B——扩充字长整数型常数

扩充字长整数型常数被写为 $+2^{23} - 1$ 至 -2^{23} 范围内—有符号或无符号十进制数。该数被转换为等量的二进制数且被装配进三个 8 位的字节内。

D——双倍字长整数型常数

双倍字长整数型常数被写为 $+2^{31} - 1$ 至 -2^{31} 范围内—有符号或无符号十进制数。该数被转换为等量的二进制数且装配进四个 8 个字节内。

A——地址常数

16 位的地址常数被写为一表达式，该表达式由十进制数，十六进制数及特征符组成。这个表达式的值必须在 0 至 65535 范围内且任何未经定义的特征符将产生一个诊断错误标志和零值。如存储单元计数器特征符 * 出现在地址表达式中，则它就被认为是指令第一字节的地址值。地址字第 15 位上放 1 位变址标志，而接着是由字符 X 所组成的第二运算量的表达式。两个运算量由逗号分开。地址常数不用类型标识符

~10~

和引用夹写成。

X——十六进制常数

十六进制常数由一至八个16位进制数字(0-9和A-F)所组成。所装配的字节个数取决于这些数字的个数。如这些数字的个数是奇数则开头加一个零。

C——字符常数

字符常数由一列字符(包括单一的引号)所组成。该常数必须在72列结束。每个字符被转换为它的ASCII值且装配成单一的8位字节。

DS——定限存储

DS指令用来保留存储区域和给该区域命名。运算量符号组的值确定要保留的字节的人数。运算量中的零值意味着没有字节要保留,但使得运算量符号中的特征符取得存储单元计数器的当前值。没有目标代码要放进二进制程序,而下一个要把代码放进程序的指令就迫开始一张新的目标卡。

IDENT——程序识别

汇编指令IDENT用来识别程序的开始和提供那些位于运算量符号组内的程序名。IDENT必须是源程序的第一个语句。

END——结束汇编

汇编指令END结束程序的汇编且必须是源程序的最后一个语句。

SPACE——空白表

汇编指令SPACE引起一至多个空行插入表中。本汇编指令的用法与名字符号组无关。运算量符号组包含有一个确定空白行个数的表达式。

如果空白超过了当前这一页的结尾,表格将从下一页的顶上开始新表页。

EJECT引出处于下一页表格顶端的新行。本汇编指令的用法与名字和运算量符号都无关。

第五节 汇编表

PA301或PA304的输出表格包含有存储地址以及目标程序中字的内容。源语句与目标代码并排一起印出。

V. 1. 格式

打印列	内 容
5-8	错误标志
11-14	指令，常数或保留存储区的第一字存储单元。对于汇编指令SET和EQU，存储地址不印出。
17-18	指令操作码。对汇编程序指令这个符号组是空白。
19-26	运算量
32-111	源语句

V. 2. 错误标志

A—地址错

当运算量符号组中的地址写法不正确或其值超出了运算量中值的范围时，就产生这个错误。每一个出错或超出范围的运算量都出现一个错误标志。

M——多重定义特征符错

当名字符号组中预先已经定义过的特征符出现在别的指令的名字符号组中就发生这个错误。

N——名字符号组错

当名字符号组中的特征符以字母或园点以外的符号开始，或者它包含非字母数字的或非园点的字符时，就出现这种错误标志。

O——操作记忆错

当汇编程序区分不出第8列开始的操作符号组的内容时就发生这种错误。两字节的零值被装配至可允许的补片上。

R——范围错

相对寻址型储存访问指令式条件转移指令的运算量地址超过+127至-128个字节（从下一指令单元算起）范围时就发生这种错误。

U——未定义特征错

当一特征符出现在运算量符号组的表达式内而没有在名字符号组内以一种形态定义过时就发生这种错误。

V、3：样品表

下页上的样品表指出表格的格式而且提供了如何去写各类指令、文字、常数以及汇编程序指令的例子。六种错误情形也被解释了。

IDENT 样品

* 本样品程序指出如何去写出各类指令

** 控制指令

0000 00 START HLT 控制指令无运算量符号组

0001 34 NOP

** 条件转移指令

0002 1000 CJ JOV *+2 下条指令有零移动量

0004 11FC JAN 2 负移动量

0006 1EFA NAB CJ 运算量符号组开始于记忆码后

R 0008 1F00 NAX *+300 这个运算量地址超出范围

O 000A 0000 SSS CJ+2 非法记忆操作码

**移位指令

0000 2005 ALPHA LLA 5

A 000E 2200 LLL-5 对移位指令负运算量是不允许的。

0010 2810 ALA-5 移位计数方法是表达式

M 0012 2E0C ALPHA ARL TEN+2 名字中特征符是多重定义的

0014 2800 ALA** **表示在执行过程中可以改变

**输入/输出

0016 3000 BETA IBS 对 I/O 串行不需要运算量

0018 3142 IBA2, 2 设备级, 设备数

001A 3B848146 OBM 4, 4 BUF X 有地址标志 X 的 I/O 型存储

**寄存器操作

001E41 XRA 对寄存器指令没有运算量

**非文字的存储访问指令

N 001F E01F 123456 LDA* 名字中 O 型特征符不合法

ORG 256 O F G 汇编程序指令

0100 F100 DOT STA *+2 1 型

U 0102 8200 LDX* 00PS 2 型运算量中特征符未定义

0104 8345 LDX* BUF+5 3 型

0106 A23456 STX- 4 型本型中没有运算量符号组

0107AD1E ADV+30 5 型

0109 96813A MUL/ SAM, X 6 型有地址标志

010CEE013A LDV/ SAM 6 型无地址标志

**定字长文字型指令(7型)

010F E700FF LDA=FF -1' 两字节文字第一字节为零
 0112 E70000 SPot StA=** 一寄存器存放在点+1处
 A 0115 970000 MUL=E100' 定字长型中 E和0型是非去的
 0118 E7000C LDA=A' ALPHA' 没有变址标志的地址型
 011B E7800C LDA=A' ALPHA' X' 有变址标志的地址型
 011E 87000C LDX=ALPHA 没有A' 的地址型文字
 0121 0700C1 CPA=0' A' 两字节文字,第一字节为零
 0124 D700FF ANA=X' FF' 两字节文字在16进制常数右边印出

**变字长文字(7型)

0127 EF013A LDV= SAM 两字节地址文字
 012A AF00003FF ADV=D1023' 四字节长度由计数来定
 0134 CF01 CPV=0' A' 单字节文字长度由计数来定

**汇编指令

0008 TEN EQU 8 特征符等于8
 00A TEN SET10 SET不允许多重定义错误
 0136 800B DC A' TEN+2-1, X' 地址常数
 0138 800B DC TEN+2-1, X 地址常数
 013A D408CAD3 SAM DC 0' THIS IS AD0
 0146 BUF DS 4 保留4字节
 014A 0000 DC ** 执行过程中字可变

**转移和返回指令

0140 66000C JMP1 ALPHA 6型两字节扩充地址
 014F 67800C JMP=ALPHA, X 7型两字节间接扩充地址
 0152 000C END ALPHA 运算量地址为执行地址
 IDENT 样品(略)

第六节 目标程序卡片组

PA301或PA304汇编程序产生一组包含二进制目标代码的卡片上。所有这些信息由Hallerith代码穿在卡片上。同时每列穿出唯一的一个十六进制数字(中位二进制数),当汇编程序被解释且允许对本组快速插入或产生补片后,这种格式易于直观阅读。

卡片上有如下的两个符号组:

- | | |
|----------|--------------|
| 1 - 4 列 | 寄存或执行地址 |
| 5 - 80 列 | 目标代码,每字节占两列。 |

卡片以第一个空列结束。如除1-4列的地址外卡片是空白的,则该地址是执行地址,在此当迁到卡片时输入程序将进行传送。当其需要一个新的地址时,汇编指令DS和ORG将引进新的卡片。用DS指令所保留的存储单元,不输入信息。

第七节 附录

附录 A

MULT 1-8/M30.1指令表

操作码	记忆符	运算量	指令名字
控制类:			
00	HLT		停止
01	TRP		俘获
02	ESW		写入读出开关
04	DIN		不用中断系统
05	EIN		起用中断系统
06	DRT		不用实时时钟