

华东高校计算机基础教学研究会推荐教材

微型计算机实验指导

WEIXINGJISUANJISHIYANZHIDAO

江苏科学技术出版社

华东高校计算机基础教学研究会推荐教材

微型计算机实验指导

陈 金 华 主编

江 苏 科 学 技 术 出 版 社

责任编辑 许顺生

微型计算机实验指导

陈金华 主编

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：江苏新华印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 8 插页 1 字数 189,000
1988 年 2 月第 1 版 1988 年 2 月第 1 次印刷
印数 1—8,600 册

ISBN 7—5345—0271—3

TP·8

定价：1.95 元

前 言

本《实验指导》是为《微型计算机原理与应用》教材配套编写的。

全书内容分为三部分。第一部分是实验预备知识,简明扼要地介绍了TP—801A单板机和APPLE II微型机的技术特性、使用知识以及CP/M操作系统的启动方法和操作命令。第二部分是实验内容,共选编十四个实验。其中包括单板机实验、微型机系统实验、编程实验和接口实验;另外,在系统扩充方面也作了必要的反映。第三部分是附录,为读者提供了实验过程中不可缺少的一些实用知识。

本书具有下列特点:

1. 与《教材》配合密切,凡是《教材》中的一些重要内容,本书中都安排了相应的实验内容。
2. 实验内容不限于验证理论,而偏重于实际应用。
3. 实验中所用的计算机以国内比较普遍的TP-801A单板机为主,同时兼顾APPLE II或CROMEMCO微型机系统。

本书第一、三部分由江苏工学院陈金华编写;第二部分的实验1~5由陈祖爵编写;实验6~9、14由李金伴编写;实验10~13由江西工业大学陈立群编写。全书由陈金华主编。

由于编者水平有限,书中的缺点错误和不当之处请读者批评指正。

陈金华

1987. 4

目 录

第一部分 实验预备知识

第一节 TP-801A单板机的技术特性和使用知识	1
一、TP-801A 单板机的主要技术特性	1
二、TP-801A 单板机的开机操作和使用注意事项	1
三、TP-801A 单板机存贮空间的分配	2
四、TP-801A 单板机接口地址的分配	3
五、TP-801A 单板机键盘操作摘要	3
六、Z80—CTC 的使用知识	11
七、Z80—PIO 的使用知识	13
第二节 APPLE II 微型机的技术特性和使用知识	14
一、APPLE II 微型机的主要技术特性	14
二、APPLE II 微型机的基本操作方法	15
第三节 CP/M操作系统	17
一、常用键盘命令	17
二、CP/M操作系统的启动方法	18
三、CP/M操作系统的内部命令	18

第二部分 实验内容

实验一 TP801单板机的操作与使用	25
实验二 程序调试	32
实验三 程序的编制、调试、转贮和装入	35
实验四 在微型机系统上建立、调试和运行汇编语言程序	42
实验五 在CRT上显示实时时钟的程序	54
实验六 Z80—CPU可屏蔽中断	60
实验七 Z80—CPC接口实验	70
实验八 Z80—PTO接口实验	72
实验九 PIO在顺序控制中的应用	75
实验十 数/模转换	80
实验十一 模/数转换	87
实验十二 内存贮器的扩充	96
实验十三 接口芯片的扩充	101
实验十四 LED显示器	109

第三部分 附录

附录一 常用集成电路引脚介绍	114
附录二 PIO与CTC编程方法摘要	119
附录三 汇编错误信息	121
附录四 TP-801A单板机安装位置图	122

第一部分 实验预备知识

第一节 TP-801A单板机的技术特性和使用知识

TP-801A 单板机是由 Z80 系列器件组成的最小的微型机系统, 由于它结构简单, 价格低廉, 又具备一定的开发功能, 所以应用相当广泛。

一、TP-801A 单板机的主要技术特性

- (1) 中央处理器为 Z80-CPU(或Z80A-CPU)。
- (2) 时钟频率为 1.9968MHz(Z80A-CPU 为 4MHz), 相应的晶体振荡频率为 3.9936 MHz。
- (3) 存贮容量为10K字节。其中 RAM 为4K字节, 由 8 片2114芯片组成; ROM 为 6K 字节, 由 3 片 EPROM2716 芯片组成, 除一片供 TPBUG-A 监控程序使用外, 其余两片均供用户使用。
- (4) 并行 I/O 接口芯片 Z80-PIO 一片, 具有两个 8 位可编程 I/O 端口(A口和B口)供用户使用。
- (5) 计数器/定时器接口芯片 Z80-CTC 一片, 具有 4 个可编程的通道(CTC₀~CTC₃)。其中 CTC₀ 可供用户使用, 其余 3 个通道已被 TPBUG-A 监控程序占用。
- (6) 按键28个, 其中十六进制数字键 16 个(0~9, A~F), 命令键12个(后面介绍)。
- (7) 六位 LED 数字显示, 通常左 4 位显示地址, 右 2 位显示数据。当显示寄存器内容时, 右 4 位显示数据。
- (8) 配有音频盒式磁带机接口。
- (9) S-100总线插孔两组, 布线区为 2.5×7英寸。
- (10) 电源为 +5V±5%, 1A。当要写入 EPROM 时, 需接 +25V±1V, 30mA 电源。

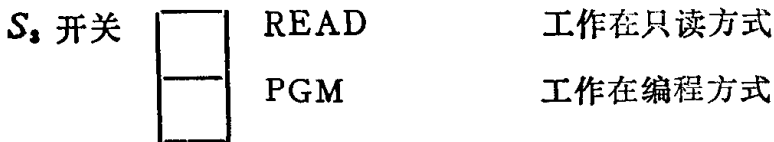
二、TP-801A 单板机的开机操作和使用注意事项

1. 通电前的检查和接线

- (1) 检查直流电源是否为 +5V, 连接时注意极性不能接反。
- (2) 用转录线将单板机上的 AUX 插孔与录音机上的 MIC 插孔相连。单板机上的 EAR 插孔与录音机上的 MONITOR OUT 或 EAR PHONE 插孔相连。

(3) 正确设置开关位置

S ₁ 开关		MON RST	在监控状态下工作
		PROM, RST	直接运行用户程序



一般情况下，S₂ 设置在监控状态，S₃ 设置在只读方式。

(4) 接通电源，应显示提示符“P”(不同的单板机可能不一样)；否则，按 RESET 键(S₁)。出现提示符后，表示机器已作好准备，可以接受键盘命令。

2. 注意事项

(1) 单板机上的主要芯片都用 MOS 工艺制成，防止高压损坏。不能用手直接去触摸芯片的引脚；用 220V 的电烙铁对单板机进行焊接时，必须拔掉电源，利用烙铁的余热进行焊接或者接上良好的地线。

(2) 需要对单板机进行测试时，与单板机联接的测试设备一定要有良好的接地性能。严防镊子、螺丝刀、裸体导线等金属物丢弃在单板机上，否则容易造成短路损坏。

三、TP-801A 单板机存贮空间的分配

本机用 74LS 138 芯片作为地址译码器，芯片的每根输出线可以选通 2K 字节的存贮区，因此 8 根输出线总共可选通 16K 字节的存贮区。如图 0-1 所示。这里 MREQ 信号参与译码是为了与访问接口相区别。

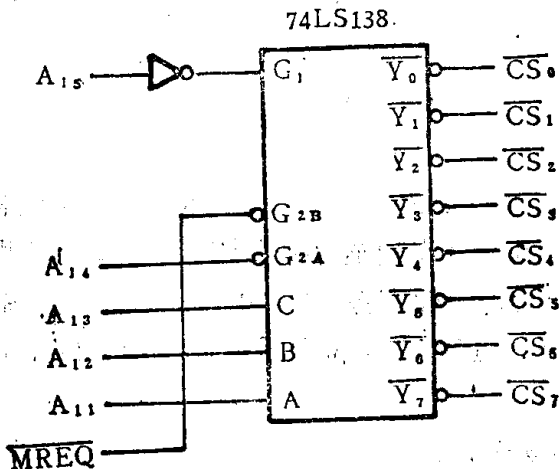


图0-1 内存地址译码器

TP-801A 的存贮空间分配如表 0-1 所示。

表 0-1

译码器的有效输出	对应的地址空间	配用的器件
$\overline{Y_7} = \overline{CS_7}$	3800~3FFFH	没用
$\overline{Y_6} = \overline{CS_6}$	3000~37FFH	没用
$\overline{Y_5} = \overline{CS_5} = \overline{RAM_2SEL}$	2800~2FFFH	$U_{20} \sim U_{23}$ (2KRAM)
$\overline{Y_4} = \overline{CS_4} = \overline{RAM_1SEL}$	2000~27FFH	$U_{18} \sim U_{19}$ (2KRAM)
$\overline{Y_3} = \overline{CS_3}$	1800~1FFFH	没用
$\overline{Y_2} = \overline{CS_2} = \overline{PROM_2SEL}$	1000~17FFH	U_9 (2KEPROM)
$\overline{Y_1} = \overline{CS_1} = \overline{PROM_1SEL}$	0800~0FFFH	U_8 (2KEPROM)
$\overline{Y_0} = \overline{CS_0} = \overline{MONSEL}$	0000~07FFH	U_7 (2KEPROM)

用户所能使用的 RAM 区为 2000H~2F87H, 因为其中

2F88H~2F9FH 为监控程序工作区

2FA0H~2FB7H 为用户栈工作区

2FB8H~2FBFH 为 4 个用户程序入口地址

2FC0H~2FFFH 为 RAM 暂存区和断点表

因此, 2F88H~2FFFH 区用户程序不得占用。

地址译码器的输出线中还有三条 ($\overline{CS_3}$ 、 $\overline{CS_6}$ 、 $\overline{CS_7}$) 未使用, 故可供用户扩充存贮区用。

6K 字节的 ROM 区分配如下:

0000H~07FFH 2K 字节 作监控用

0800H~0FFFH 2K 字节 可存放用户程序

1000H~17FFH 2K 字节 可存放用户程序, 还可对 EPROM 编程。

四、TP-801A 单板机接口地址的分配

本机采用另一片 74LS138 芯片作为接口地址译码器, 如图 0-2 所示。

接口地址分配如表 0-2 所示。

表 0-2

译码器输入信号 $A_7 \sim A_2$	$A_1 A_0$	所代表的口地址	译码器的输出信号	选中的接口芯片
100000	0 0	80H	$\overline{Y_0} = \overline{PS_0} = \overline{PIOSEL}$	PIO 口A数据寄存器 PIO 口B数据寄存器 PIO 口A命令寄存器 PIO 口B命令寄存器
	0 1	81H		
	1 0	82H		
	1 1	83H		
100001	0 0	84H	$\overline{Y_1} = \overline{PS_1} = \overline{CTCSEL}$	CTC 0 通道 CTC 1 通道 CTC 2 通道 CTC 3 通道
	0 1	85H		
	1 0	86H		
	1 1	87H		
100010	× ×	88~8BH	$\overline{Y_2} = \overline{PS_2} = \overline{SEGLH}$	74LS273, 七段选择
100011	× ×	8C~8FH	$\overline{Y_3} = \overline{PS_3} = \overline{DIGLH}$	74LS273, 数位选择
100100	× ×	90~93H	$\overline{Y_4} = \overline{PS_4} = \overline{KBSEL}$	74LS244, 读键值
100101	× ×	94~97H	$\overline{Y_5} = \overline{PS_5}$	未用
100110	× ×	98~9BH	$\overline{Y_6} = \overline{PS_6}$	未用
100111	× ×	9C~9FH	$\overline{Y_7} = \overline{PS_7}$	未用

还有三根输出线 ($\overline{PS_5}$ 、 $\overline{PS_6}$ 、 $\overline{PS_7}$) 未使用, 可供用户扩充。

五、TP-801A 单板机键盘操作摘要

单板机的键盘共有 28 个键, 其排列方法如图 0-3 所示。

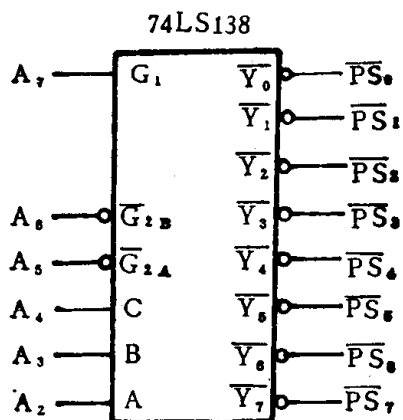


图0-2 接口地址译码器

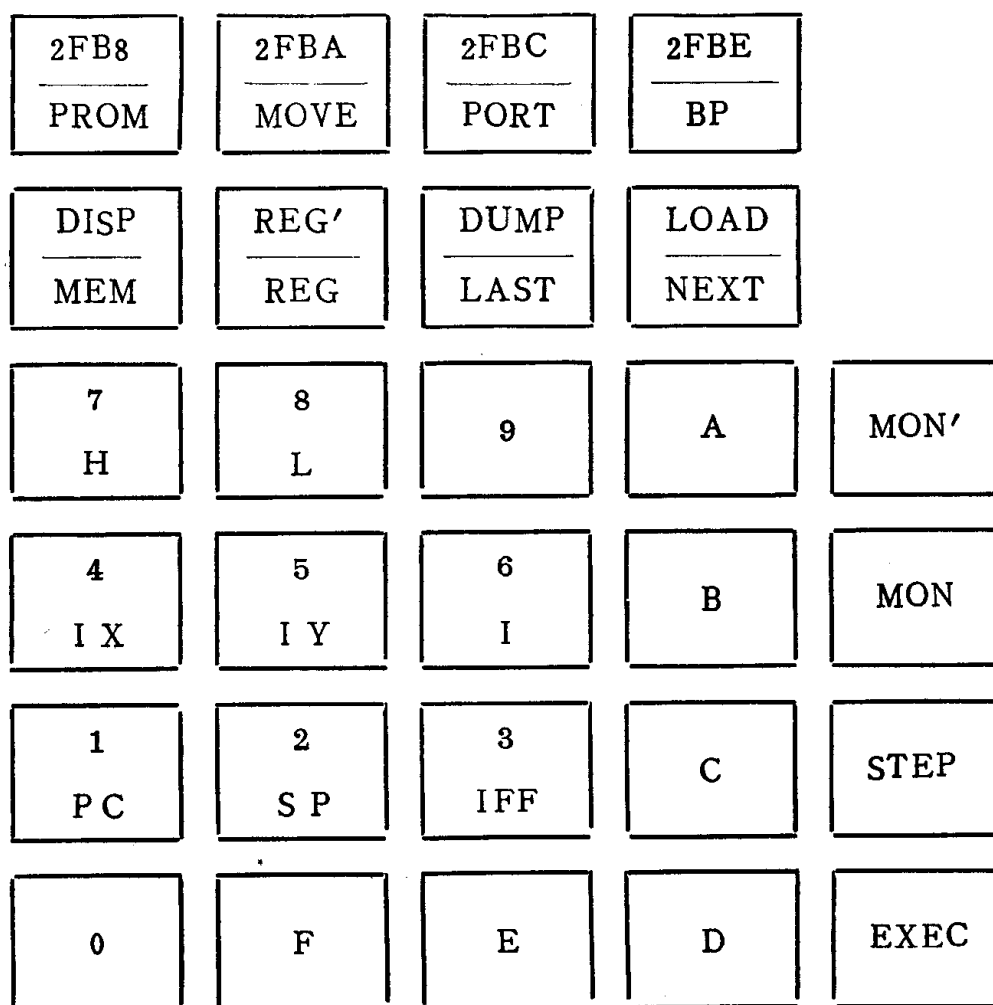


图0-3 键盘排列

各个键的功能和操作方法简要介绍如下：

1. 16个十六进制数字键

这些数字可以是存贮单元地址、I/O 接口地址、寄存器代号、指令码或数据。每压下一个键，把相应的数字存入显示缓冲区。最先输入的数字送 DISMEM(2FF7H)单元，以后依次为 DS MEM₁~DS MEM₇ (2FF8H~2FFE H)，并将前六个单元的内容显示于六位 LED 显

示器上(其中 DISMEM 单元的内容显示在最左边的显示块上)。

2. MON——监控键

其功能为:

(1) 中止现程序的执行。

(2) 中止或退出当前的命令状态或输入数据,使控制返回到监控,等待新的输入。

通常在进行一种新的操作之前,均需使用一次 MON 键,使显示器出现提示符“P”后,才能压其它键。

MOS 键与 RESET 按钮都能使系统恢复初态,但程序返回的入口地址不同,因此功能上也有差别。压 MON 键可以保护 CPU 寄存器的状态和某些 RAM 单元的内容,而 RESET 将破坏这些内容。

3. MON'——交换键

此键除了具备 MON 键的基本功能外,还可实现双功能键上下档的交换。MON' 键的提示符为“'”。

4. MEM——存贮单元检查键

其功能是检查或更改存贮单元、CPU 寄存器或接口寄存器的内容,即对 RAM 单元进行读、写操作(也可对 ROM 单元进行读操作)。

使用方法为:当提示符“P”出现后,若通过数字键打入 4 位十六进制地址(先高位,后低位),然后压下 MEM 键,立即在显示器的右两位显示出该地址单元的内容。如果未送足 4 位数就压 MEM 键,不起作用,应重送。

5. NEXT 键

用于检查下一个存贮单元、接口寄存器的内容,也用于检查 EPROM 的写入错误。

使用方法如下:

键盘操作	显示	注释
2 0 0 0	2 0 0 0	给出待检查的地址
MEM	2 0 0 0	3 A 正确
NEXT	2 0 0 1	1 0 正确
NEXT	2 0 0 2	0 0 错误! 2002 中不应是 001
2 0	2 0 0 2	2 0 将正确的代码送入 2002 单元
NEXT	2 0 0 3	2 F 正确
.....		
NEXT	2 0 0 7	7 6 全部核对完毕
MON	P	退出。回到初态。

6. REG'/REG——辅助寄存器检查/寄存器检查键

REG 键用于检查或更改下列 CPU 寄存器的内容：A、B、C、D、E、F、H、L、I、IFF、PC、IX、IY。而 SP 的内容只能检查，不能更改。

REG' 键用于检查或更改下列辅寄存器的内容：A'、B'、C'、D'、E'、F'、H' 和 L'。

使用方法：先按代表寄存器号的数字键，然后按 REG 键，立即可以在显示器上显示出该寄存器的内容。若要修改，只要重新输入 2 位或 4 位数据即可。例如：

键盘操作	显示	注释
A REG	A	× × × × 为 A 寄存器之中的内容
MON	P	为下一步作准备
B REG	b	× × × × 为 B 寄存器的内容
MON	P	
1 REG	1 × ×	× × × × 为 PC 中的内容
2 0 0 0	1 2 0	0 0 强行将 2000H 写入 PC

7. PORT——端口检查键

用于检查或更改端口寄存器中的内容。

使用方法：先输入待检查的端口地址（2 个十六位数），接着按 PORT 键，显示器右边两位的数据即为相应端口寄存器的内容。若要修改，只要重新输入 2 位数据即可。例如：

键操作	显示	注释
MON	P	准备接受新的命令
9 0	9 0	先送入口地址
PORT	9 0	3 F 检查该口的内容
4 C	9 0	4 C 把 3F 改成 4C
MON	P	准备接受新命令

8. STEP 单步执行程序键

按一次 STEP 键只执行一条指令，在显示器的右 2 位数据是当前累加器 A 的内容，左 4 位数据表示下一条要执行的指令地址。

STEP 键对于调试程序是非常有效的，可使用户程序一条一条地执行指令，其间可以停下来检查或修改 CPU 寄存器的内容。对于转移指令，单步操作可以发现转移地址是否有错。

使用方法：先按代表 PC 寄存器的 1 键，接着按 REG 键，可以查看 PC 中的内容。再

输入单步执行程序的首地址，按 MON 键后即可开始执行单步操作。例如：

键操作	显示		注释
<u>MON</u>	P		准备接受程序首址
<u>1 REG</u>	1 × ×	× ×	检查 PC 的内容
<u>2 0 0 0</u>	1 2 0	0 0	将首址送入 PC
<u>MON</u>	P		准备单步执行
<u>STEP</u>	2 0 0 3	6 A	完成 LDA, (2010H)
<u>STEP</u>	2 0 0 4	9 5	完成 CPL
<u>STEP</u>	2 0 0 7	9 5	完成 LD (2011H), A
<u>STEP</u>	2 0 0 8	9 5	完成 HALT

9. BP——断点设置键

调试程序时，常常希望程序执行到某处能暂停一下，以检查上一段程序是否有错。这种程序的暂停处地址称为“断点”。程序的断点地址是事先用 BP 键设置的，TP-801A 单板机最多可以设置 5 个断点地址；超过 5 个时，超过部分无效。

使用方法：把选定的断点地址输入单板机，接着按 BP 键，第一个断点就设置完毕。再按一次 MON 键，可以继续设置第二个断点。例如：

键操作	显示		注释
<u>MON</u>	P		准备设断点
<u>2 0 0 3 BP</u>	2 0 0 3		设第一个断点
<u>MON</u>	P		准备设下一个断点
<u>2 0 0 4 BP</u>	2 0 0 4		设第二个断点

清除断点的方法有三种：

- (1) 按 RESET 按钮。
- (2) 在提示符“P”下，按 BP 键。
- (3) 在提示符“P”下，按 STEP 键。

10. EXEC 连续执行程序键

用于连续执行用户程序。

使用方法：

- (1) 先输入程序的首地址，接着按 EXEC 键，CPU 即从首地址开始执行程序。例如：

键操作	显示	注释
<u>MON</u>	P	准备执行程序
<u>2 0 0 0</u>	2 0 0 0	先送入程序的起始地址
<u>EXEC</u>		程序停在 HALT 指令处
<u>MON</u>	P	用 MON 键退出 HALT 指令

(2) 直接按 EXEC 键，CPU 从 PC 中保存的现行地址开始执行程序。此法适用于遇到一个断点后，或在使用单步执行后重新开始执行程序。例如：

键操作	显示	注释
<u>2 0 0 0</u>	2 0 0 0	设置程序首地址
<u>EXEC</u>	2 0 0 3	6 A 执行到第一个断点处暂停
<u>EXEC</u>	2 0 0 4	9 5 从第一个断点到第二个断点
<u>EXEC</u>		从第二个断点往下执行，停在 HALT 指令处

11. LAST——检查上一个存贮单元键

用于检查当前存贮单元的上一个存贮单元内容，其检查的方向正好与 NEXT 相反。使用方法如下：

键操作	显示	注释
<u>MON</u>	P	选下档键
<u>2 0 0 0 MEM AA</u>	2 0 0 0	AA 向2000单元送数
<u>NEXT BB</u>	2 0 0 1	BB 向下一个单元送数
<u>NEXT CC</u>	2 0 0 2	CC 向下
<u>NEXT DD</u>	2 0 0 3	DD 向下
<u>LAST</u>	2 0 0 2	CC 回头向上一个单元
<u>LAST</u>	2 0 0 1	BB 再向上
<u>LAST</u>	2 0 0 0	AA 回到第一个单元

12. MOVE——数据块移动键

当单板机显示器左4位显示地址时，按下 MOVE 键，能把从显示地址开始的数据块内容依次向下移动一个单元，原显示地址单元清0。常用于调试程序，如需在程序中插入一条

指令，用 MOVE 键非常方便。

使用方法：先键入数据块首地址，接着按 MOVE 键。例如：

键操作	显示		注释
<u>2 0 0 0</u>	2 0 0 0		输入数据块首地址
<u>MOVE</u>	2 0 0 1	3 A	数据块移动一次
<u>MOVE</u>	2 0 0 2	3 A	第二次移动

数据的变化过程如下：

按 MOVE 前内容		第一次按 MOVE 键	第二次按 MOVE 键
2000	3 A	2000 0 0	2000 0 0
2001	1 0	2001 3 A	2001 0 0
2002	2 0	2002 1 0	2002 3 A
2003	2 F	2003 2 0	2003 1 0
.....			

13. DISP——相对转移偏移量计算键

对源程序进行手工汇编时，计算相对转移的偏移量比较麻烦，也容易出错。DISP 键可以方便、正确地计算出偏移量。

使用方法：今有下列程序段

```
2000      3C      LOOP: INC  A
2001      10  ?      DJNZ LOOP
```

不知其中的偏移量“?”等于多少，可用 DISP 键算出

<u>MON</u>	P		准备输入源地址
<u>5 REG 2 0 0 1</u>	5 2 0	0 1	先将2001——> I Y
<u>MON</u>	P		准备输入目标地址
<u>4 REG 2 0 0 0</u>	4 2 0	0 0	再将2000——> I X
<u>MON'</u>	'		准备计算偏移量
<u>DISP</u>	FF	FD	算出的偏移量为 FD,其中FF表示负跳转，如为 0 0，则表示正跳转，若在 0 0 或 FF 外，说明计算结果已超出跳转指令范围。

最后，可将计算结果填入源程序

```
2000      3 C      LOOP: INC A
2001      1 0  FD      DJNZ LOOP
```

计算结果的偏移量 FD 是补码。

14. DUMP——信息转贮键

使用 DUMP 键可将单板机 RAM 中的信息转贮到录音机盒式磁带中保存。

使用方法：

(1) 将单板机的 AUX 端与录音机的 MIC 输入端用信号转录线相连。

(2) 将内存中被转贮的信息区首地址高位字节置入 2FC0H 单元，低位置入 2FC1H 单元。

(3) 将内存中被转贮的信息区末地址高位字节置入 2FC2H 单元，低位置入 2FC3H 单元。

(4) 按 MON' 键，显示提示符“'”；调正好磁带存入信息的位置，并把录音机计数器复零。

(5) 按录音键，接着按 DUMP 键，提示符“'”随之消失。过一些时间，当提示符“'”再次出现时，表示转贮结束，立即按录音机 STOP 键，并记住录音机计数器的数码，再将录制后的磁带倒回起始位置。

15. LOAD——信息装入键

用 LOAD 键可使存在录音机磁带上的信息装入单板机内存。

使用方法：

(1) 将单板机的 EAR 插孔与录音机的 MONITOR OUT(或 EAR PHONE)插孔用转录线相连。

(2) 将录音机的音调控制旋钮调到最高，音量控制旋钮调到适中位置。

(3) 按下 MON' 键，显示提示符“,”。

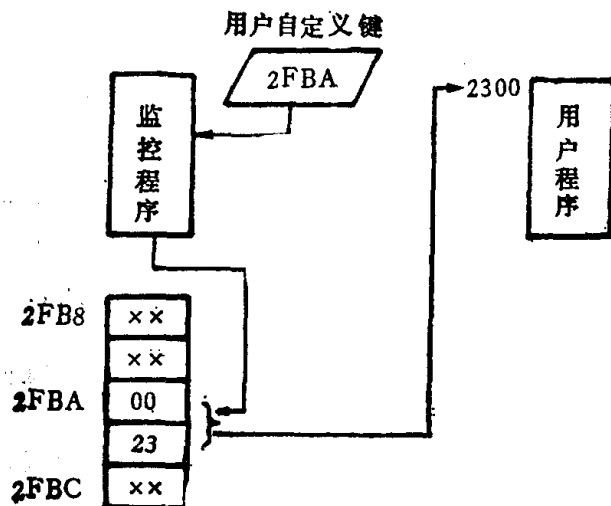


图 0-4 自定义键工作过程

(4) 若磁带已倒回到起始位置，计数器已回零，则将录音机磁带走到存放信息的起始位置(可从计数器的数值确定)。

(5) 按 LOAD 键，提示符“'”消失，使单板机准备接受信息，接着使录音机开始放音，信息装入过程开始。此时单板机上有一个专用 LED 发光，若发光亮度不够，可适量加大音量。

(6) 当装入完毕时，单板机上会再次出现提示符“'”。若显示其它数字，表明装入有错，应重新再做一遍。

16. 四个用户自定义键——2FB8、2FBA、2FBC 和 2FBE。

为了方便用户启动自编程序，特设置了四个自定义键。

使用时，应先将自编程序的首地址放到用户程序启动地址表中(2FB8H~2FBEH)，并先放低位字节，后放高位字节。

当需启动某个程序(若启动第二号程序)时，其过程如图 0-4 所示。

六、Z80-CTC 的使用知识

1. CTC 的中断矢量

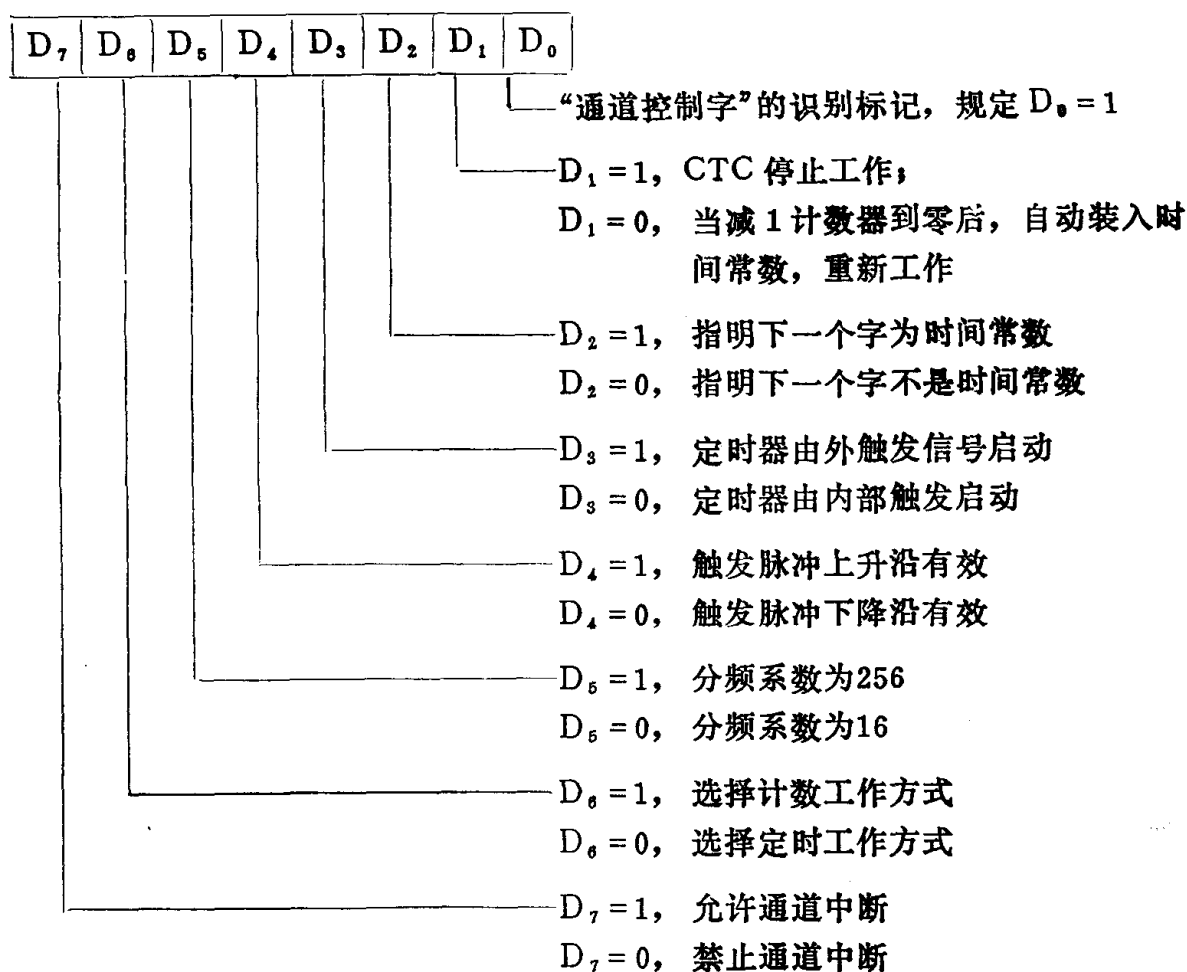
CTC 工作在 Z80-CPU 的中断方式 2，在中断响应周期，要向 CPU 的数据总线送一个中断矢量。此中断矢量由 CTC 初始化编程时确定。一个 CTC 芯片的 4 个通道，其中断矢量是互相关连的，即：它们的前 5 位($D_7 \sim D_3$)相同， D_2 、 D_1 位由通道自动决定， D_0 位一定是 0。中断矢量只送一次，而且不管哪个通道工作，都是送入通道 0。

CTC 中断矢量控制字的格式如下：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0	
由用户设定								中断矢量的识别标记，规定 $D_0 = 0$
					0	0		——CTC0 通道
					0	1		——CTC1 通道
					1	0		——CTC2 通道
					1	1		——CTC3 通道

2. CTC 的通道控制字

控制字每一位的含义如下：



3. CTC 的时间常数值

这是一个 8 位二进制数，故最大值为 256。时间常数的具体数值可由下式计算：

$$T_0 = t_c \times P \times T_c$$

其中 t_c 为系统的时钟周期；

P 为定标系数；

T_c 为时间常数，用 2 进制数表示；

T_0 为定时的时间。

所以时间常数 T_c 为

$$T_c = \frac{T_0}{t_c \times P}$$

4. CTC 的通道地址(见表 0-3)