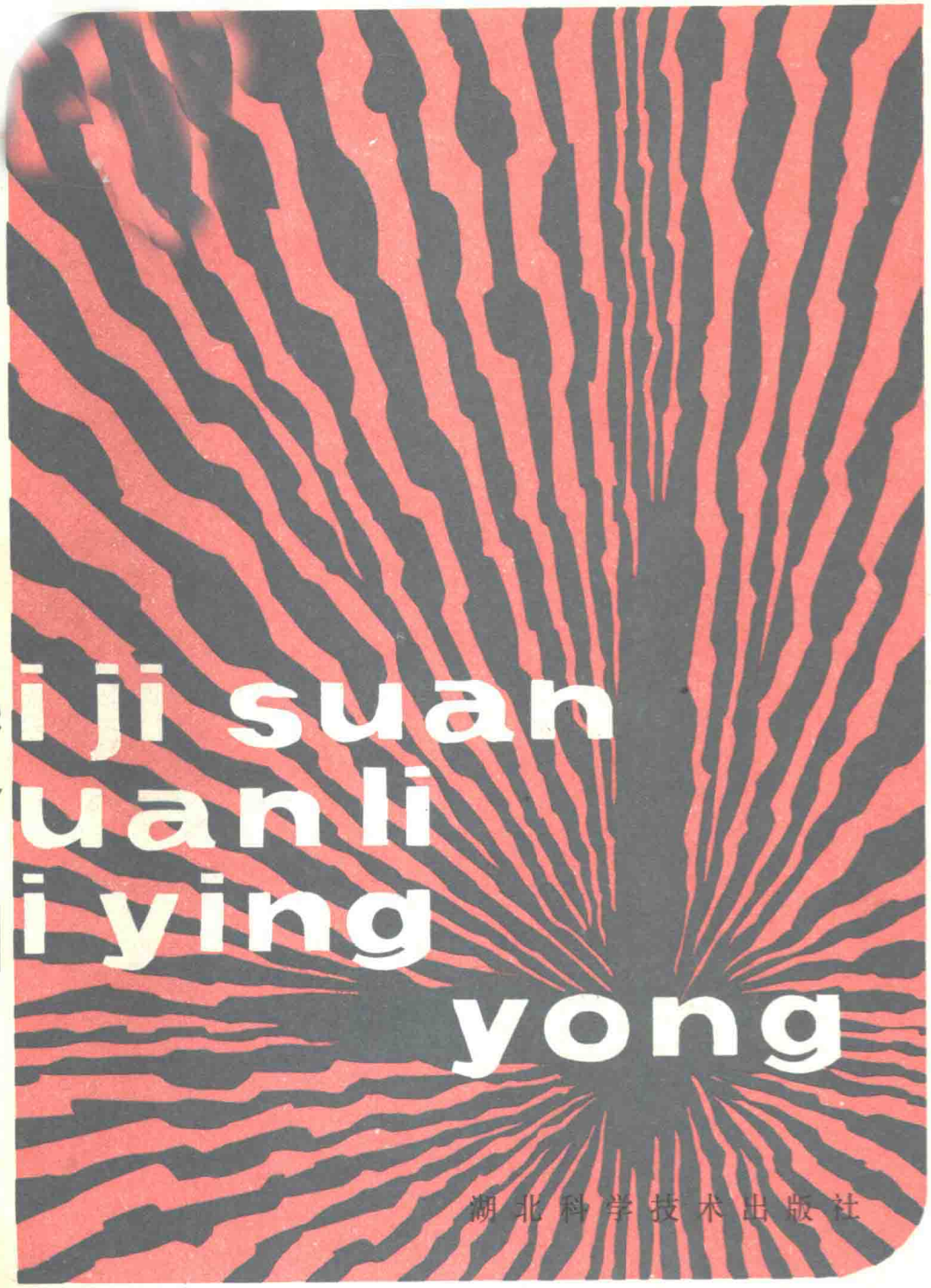
微计算机原理及其应用

实验指导



鄢定明编著

湖北科学技术出版社

微计算机原理及其应用

实验指导

鄢定明编著

湖北科学技术出版社

《微计算机原理及其应用》实验指导
鄢定明　编著
*
湖北科学技术出版社出版　湖北省新华书店发行
787×1092毫米 16开本　7印张　173,000字
1984年11月第1版　1984年11月第1次印刷
印数：1—50,000
统一书号：15304·44　　定价：1.40元

编 写 说 明

这本实验指导书是为《微计算机原理及其应用》配套而写的。全书分为三部分，第一部分介绍了Z80单板计算机的使用方法，主要讲操作。第二部分是编程实验，配合汇编语言程序设计的讲授。第三部分介绍Z80单板计算机的接口实验。编写顺序与《原理》书基本一致。

编写的指导思想是力求简明、实用。

学习微计算机常常感到入门难。初学者在诸多书籍、材料面前不知所措。我们编写这本指导书时，尽量做到删繁就简，突出基本概念、基本用法。每一个实验大体上只突出一个中心，说明一、两件事情，把可有可无的枝节尽量去掉，把难点分散，使内容由浅入深，脉络分明。

作为配套书，本书不再过多交待原理，只突出如何编程，如何使用。为了便于理解，大多数实验都配上了实际数据，尽可能使每个实验自成一体，有头有尾。相当一部分程序都是从教学、科研的实用程序中提取的，读者很容易从这些实例中获取实用的知识。有些程序段稍加修改即可作为应用程序的一部分。

书中备有Z80单板计算机基本知识的摘要，还补充了一些常用的数据和表格，以便查阅。为了便于将助记符形式的源程序译成机器码，特别将“按字母顺序排列的Z—80指令表”附在书后。

微计算机是一门实践性很强的学科，学好的关键在于动手。只要认真学好《原理》课，并且亲自动手编程，亲自动手做实验，就不难达到预期的目的。

本书由武汉邮电科学研究院计算机应用研究室鄢定明同志编写，并请李儒流、林兵两位同志审阅了全书，最后又请华中工学院王飞龙副教授审阅了全书。

本书在编写、出版的过程中得到了湖北省通信学会、湖北省科学技术出版社、空军雷达学院的大力支持，在此表示诚挚的谢意。

一九八四年八月

目　录

第一章　Z80单板计算机的使用方法

第一节　Z80单板计算机摘要

在《微计算机原理及其应用》一书中，已经详细介绍了Z80单板计算机的结构组成、工作原理以及实际使用的方法。为了方便起见，现将单板计算机应用中经常用到的内存地址分配、接口地址分配、可编程接口芯片的各种控制字的约定等，汇总摘要在这里，以备查阅。

一、存贮器地址分配：

1．地址空间译码器

采用一片74LS138作为地址空间译码器，八根输出线全部用完可组成16K字节存贮容量。用$\overline{MREQ}$参予译码，目的在于与访问接口相区别。

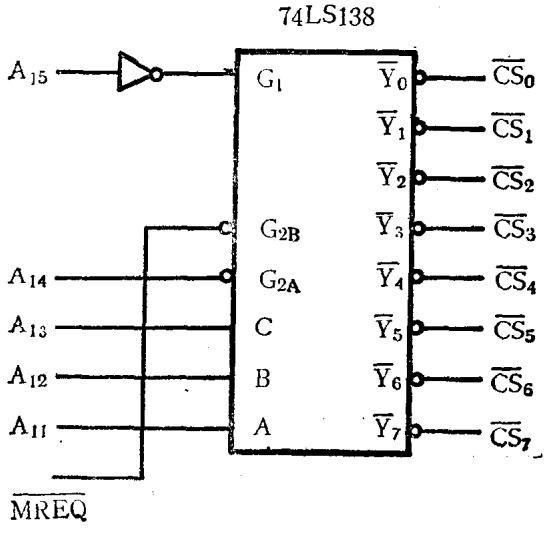


图　1.1

2．TP801的具体地址分配

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
$Y_5=\overline{CS_5}=\overline{RAM_2SEL}$	2800～2FFFH	U_{20}～U_{23}(2KRAM)
$\overline{Y_4}=\overline{CS_4}=\overline{RAM_1SEL}$	2000～27FFH	U_{16}～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)

3．TP801监控程序所占用的RAM常数区为：2F90～2FFFH，用户程序不得侵占。不同的单板机内存分配可能不一样，所占用的RAM常数区也可能不一样，使用时一定要搞清楚。

4．可供扩充的译码线

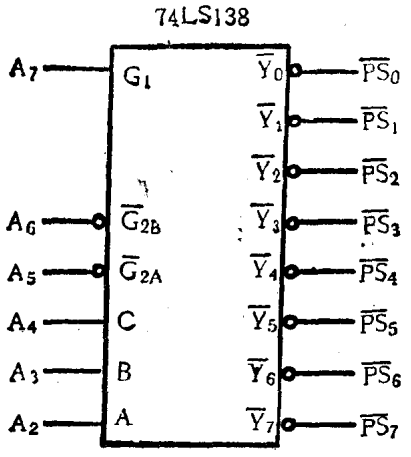


图 1.2

这里有三条地址译码线($\overline{CS_3}$、$\overline{CS_6}$、$\overline{CS_7}$）尚未用完，用户可以用来扩充内存。

二、接口地址分配：

1．接口地址译码器

采用一片74LS138作为接口地址译码，但与内存译码不同的是：没有将$\overline{IORQ}$直接加到它的输入端或控制端。在利用它的输出信号时，应注意到这一点区别，以便正确识别接口。

2．具体的接口地址分配如下：

译码器输入信号 $A_7 \sim A_2$	A_1A_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
	0 1	81H		PIO 口B数据寄存器
	1 0	82H		PIO 口A命令寄存器
	1 1	83H		PIO 口B命令寄存器
100001	0 0	84H	$\overline{Y_1} = \overline{PS_1} = \overline{CTCSEL}$	CTC 0通道
	0 1	85H		CTC 1通道
	1 0	86H		CTC 2通道
	1 1	87H		CTC 3通道
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	$Y_5 = \overline{PS_5}$	未用
100110	× ×	98～9BH	$\overline{Y_6} = \overline{PS_6}$	未用
100111	× ×	9C～9FH	$\overline{Y_7} = \overline{PS_7}$	未用

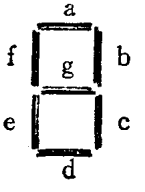
3．可供扩充的接口译码线

其中$\overline{PS_5}$，$\overline{PS_6}$，$\overline{PS_7}$都未用到，利用这些信号，再加上A_1与A_0可以区分12个接口地址，可用于接口扩充。

三、七段发光管显示器：

1．段选码的概念

每个七段发光管显示器由a、b、c、d、e、f、g、七段组成，它们依次排列成“日”字形。



可以用一种“段选码”来控制不同段的发光与否，以便获得不同的显示字符。“段选码”与各段的对应关系如下：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
*	g	f	e	d	c	b	a

$$Di=\begin{cases}1 & \text{对应段不发光}\\ 0 & \text{对应段发光}\end{cases}$$

2．单板机中常用的几种字符所对应的“段选码”：

显示的字符	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	G	D	E	F	空格	-
相应的段选码(H)	40	79	24	30	19	12	02	78	00	18	08	03	46	21	06	0E	7E	3F

3．位选码的概念：

单板机共有六个七段发光管，常用左面的四位数代表十六进制，地址右边的两位代表指令码或十六进制数据。

DG1	DG2	DG3	DG4

DG5	DG6

可以用一种“位选码”来选择不同的显示位。“位选码”与不同显示位的对应关系如下：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
*	*	DG_1	DG_2	DG_3	DG_4	DG_5	DG_6

$$D_i=\begin{cases}1 \text{ 对应位被选中}\\ 0 \text{ 对应位被禁止}\end{cases}$$

4．改变七段显示字符的基本要点：

$$\begin{cases}\text{段选码}\longrightarrow(88H)\text{口}\\ \text{位选码}\Longrightarrow(8CH)\text{口}\end{cases}$$

四、键盘：

1．键盘的行码与列码的概念

单板机用的简易键盘共有28个键：12个命令键和16个数字键。它们排列在一个6行×5列的方阵中。

第六行→	PROG	LOAD	DUMP	BP	
第五行→	MEM	PORT	REG	REG′	
第四行→	7	8	9	A	NEXT
第三行→	4	5	6	B	MON
第二行→	1	2	3	C	STEP
第一行→	0	F	E	D	EXEC
	↑	↑	↑	↑	↑
	第五列	第四列	第三列	第二列	第一列

可以用“行码”和“列码”来识别键盘的某一个键。“行码”与各行的对应关系是：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
		第六行	第五行	第四行	第三行	第二行	第一行
*	*						

$$Di=\begin{cases}1 & \text{对应的行开放}\\ 0 & \text{对应的行禁止}\end{cases}$$

“列码”与各列的对应关系是：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
			第五列	第四列	第三列	第二列	第一列
*	*	*					

$$D_i=\begin{cases}1 & \text{无键合上}\\ 0 & \text{有键合上}\end{cases}$$

应用逐行扫描读出列码的办法来识别所按下的键。

2．数字键的用途

（1）在命令键MEM、PORT、REG、REG′之前输入4个、2个或1个数，表示“地址量”或寄存器代号，被送到显示缓冲区。

用来代表寄存器的数有：

1 (PC)、2 (SP)、3 (IFF)、4 (IX)、5 (IY)、6 (I)、7 (H)、8 (L)

（2）紧跟在这些命令键之后输入的数字量将作为修改值放入存贮器、接口或CPU寄存器映象区中。

3．命令键的功能和用法将分别在以下几节中提到。

五、CTC的用法：

1．TP801机中CTC与CPU的连接

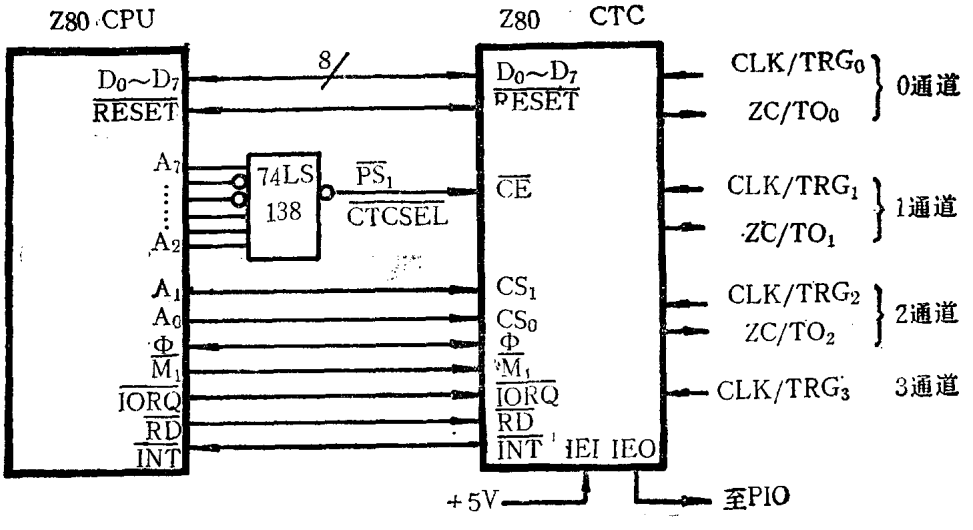


图 1.3

片选和通道选择：

$A_7A_6A_5A_4A_3A_2$	A_1A_0	代表的	选中的通道
$\overline{CE}$	CS_1CS_0	接口地址	
100001	0 0	84H	CTC 0
	0 1	85H	CTC 1
	1 0	86H	CTC 2
	1 1	87H	CTC 3
不是100001	× ×		未被选中

控制信号的作用：

M_1	IORQ	$\overline{RD}$	功　　能
0	0	1	中断响应周期
0	1	0	检查中断程序是否结束
1	0	0	CPU从CTC读出
1	0	1	由CPU向CTC写入

“读出”：减1计数器的内容

“写入”：控制寄存器

2．命令字的用法

（1）通道控制字各位的含义：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0

D_0 = 1，“通道控制字”的识别标记，规定

D_1 = 1，CTC停止工作；

D_1 = 0，当减1计数器到零后，自动装入时间常数，重新工作

D_2 = 1，指明下一个字为时间常数

D_2 = 0，指明下一个字不是时间常数

D_3 = 1，定时器由外触发信号启动

D_3 = 0，定时器由内部触发启动

D_4 = 1，触发脉冲上升沿有效

D_4 = 0，触发脉冲下降沿有效

D_5 = 1，分频系数为256

D_5 = 0，分频系数为16

D_6 = 1，选择计数工作方式

D_6 = 0，选择定时工作方式

D_7 = 1，允许通道中断

D_7 = 0，禁止通道中断

（2）设定时间常数值：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0

最高有效位　　最低有效位

“时间常数”一定要紧跟在“通道控制字”之后，而且通道控制字的$D_2=1$。

在定时方式下“时间常数”值与分频系数一道决定了定时的长短（定时间隔=时间常数×分频系数×0.5μs）；在计数方式下，它确定了CTC作为计数器的计数值。

“时间常数”值可以是1～255范围内的任何整数，若为全零，则表示时间常数=256

在内触发情况下，装入时间常数后，所指通道立即工作。

（3）设定中断矢量的低8位：

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0

由用户设定

D_0 —— 中断矢量的识别标记，规定$D_0=0$

D_2	D_1	
0	0	—— CTC 0 通道
0	1	—— CTC 1 通道
1	0	—— CTC 2 通道
0	0	—— CTC 3 通道

不管哪个通道的中断矢量都由84H口送入。

六、PIO的用法：

1. Z80CPU与PIO的连接：

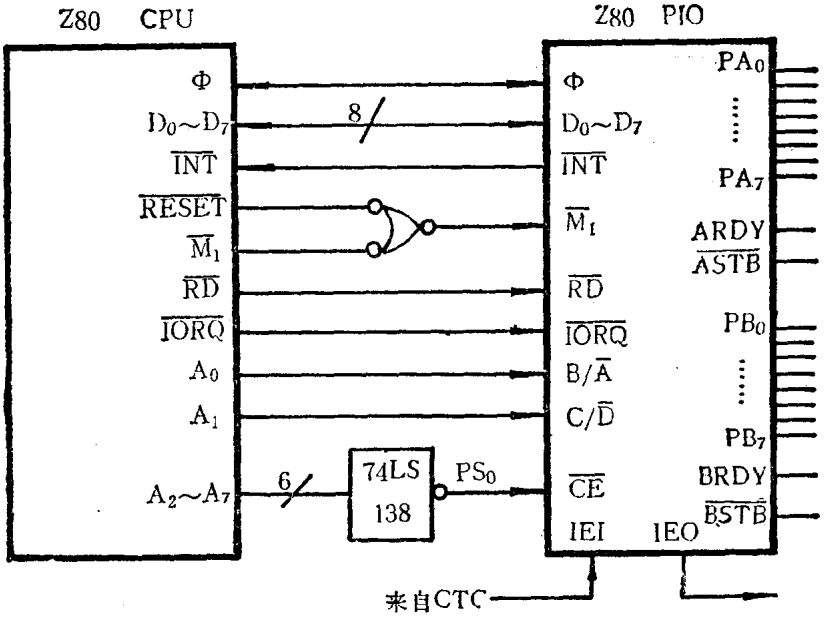


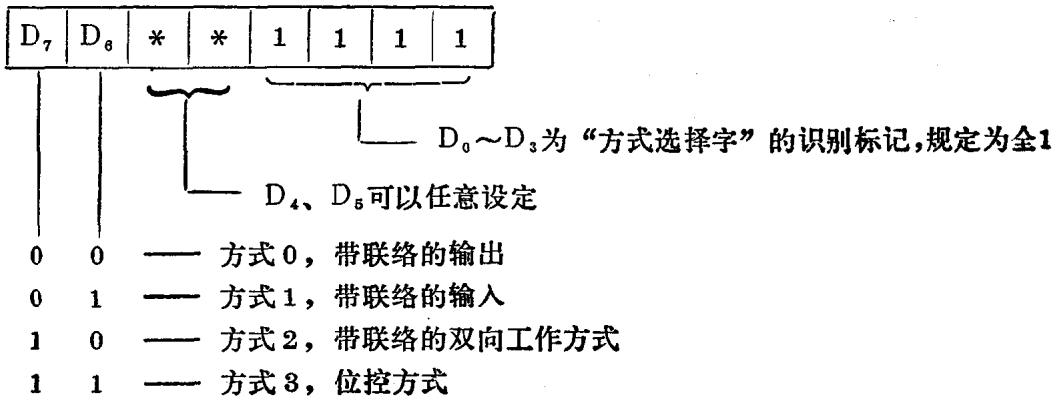
图 1.4

TP801机的片选和通道寄存器选择：

$A_7A_6A_5A_4A_3A_2$ CE	A_1A_0 C/D A/B	对应的口地址	选中的单元
100000	0 0	80H	A口的数据寄存器
	0 1	81H	B口的数据寄存器
	1 0	82H	A口的命令寄存器
	1 1	83H	B口的命令寄存器
不是100000	× ×		芯片未被选中

2．PIO各命令字的用法

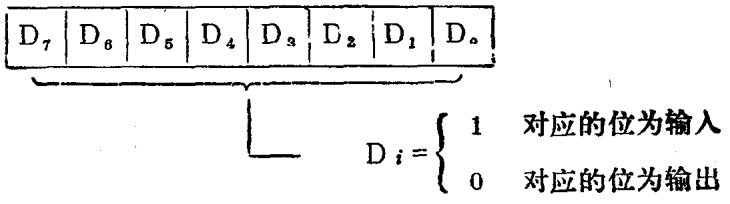
（1）方式的选择字



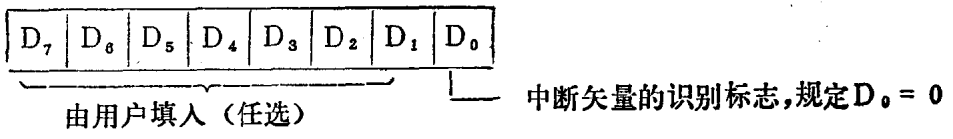
（2）入/出选择字：

只有在位控方式下才有意义。

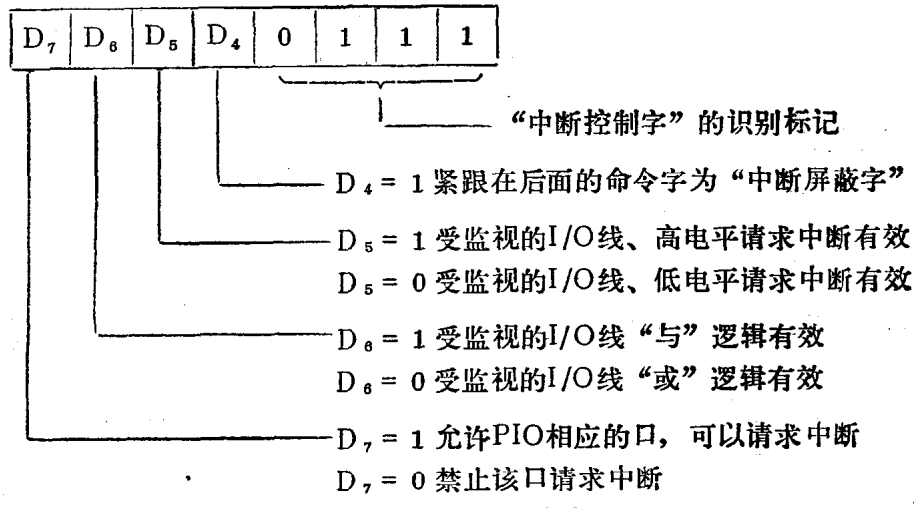
此命令字必须紧跟在方式选择字之后。



（3）中断矢量低8位



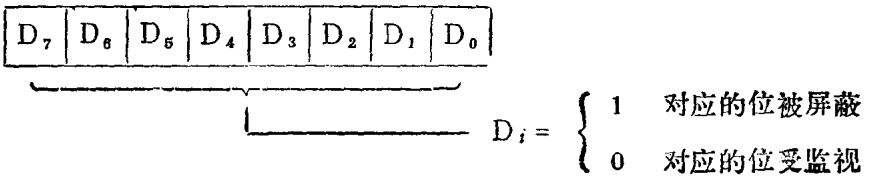
（4）中断控制字



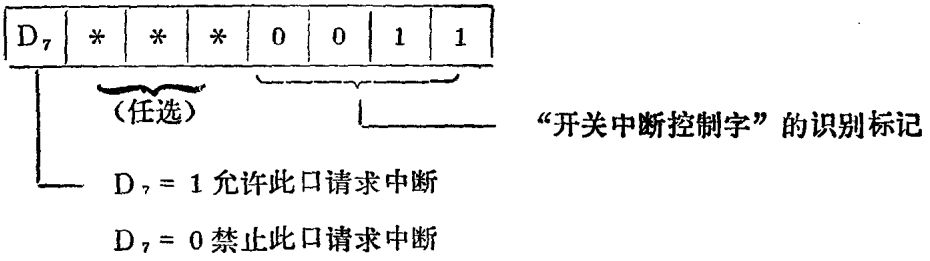
（只有在位控方式下，D_4、D_5、D_6才有意义）。

（5）中断屏蔽字

一定要紧跟在中断控制字之后（当$D_4=1$时），并且只有在“位控方式”下才有意义



（6）另一种开关中断控制字



第二节　怎样使用单板计算机

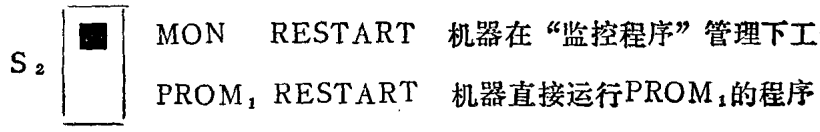
这一节的目的主要是熟悉单板计算机的键盘操作。学习怎样向单板机送程序，怎样检查程序，怎样执行程序以及怎样保存程序。

一、单板计算机的初始状态

1. 在单板机接通电源之前应作的检查

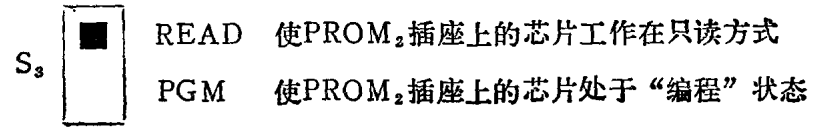
（1）检查电源是否为+5 V（可以有10%左右的偏差，但偏差不能太大）。电源不能接反！

（2）检查开关S_2



在通常情况下，S_2应倒向“MON RESTART”。

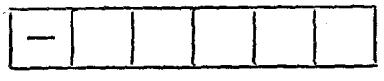
（3）检查开关S_3



在通常情况下，S_3应倒向“READ”。

2. 提示符的作用

电源接通后，显示器上应显示提示符“—”（不同的单板机，提示符可能不一样）。



否则应按一下“S_1”——即“RESET”键。不论何种情况，重新按RESET键都应出现提示符。

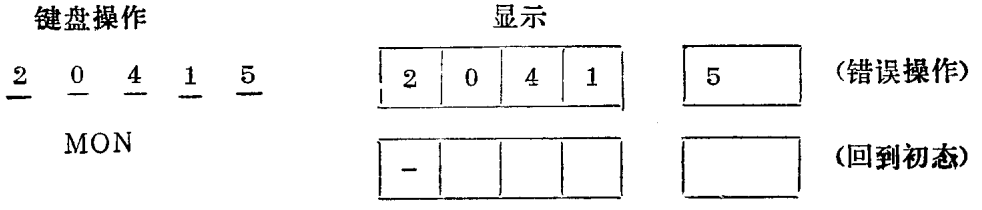
反复按RESET键都不出现提示符，首先应复查各开关的初态，尤其是S_2！然后再找其它原因。

3．MON键的功能

按下“MON”键也能使单板计算机恢复初态，显示“提示符”。

用MON键，可以中止现行程序的执行。

用MON键，可以结束前一种命令状态，为新的命令状态作准备。例如：



〔注〕：MON和RESET键虽然都能使单板机恢复初态，但程序返回的入口点并不一致（详见监控程序），因此功能上有些差别，用MON键可以保护用户CPU寄存器的状态和某些RAM专用单元的内容。

二、怎样输入程序

1．准备工作

（1）编制用助记符书写的程序，仔细审查，排除错误。

（2）将源程序译成机器码并进行地址代真。“翻译”工作可以由人工做，也可请高一档的机器自动完成。例如，CromemcoCS—Ⅱ，CS—Ⅲ，TRS—80，带Z—80卡的APPLE—Ⅱ等都有汇编程序，能将Z—80助记符程序译成机器码并进行地址代真，还能指出源程序中的错误。

假定经过“翻译”后，准备送到机内的程序为：

地址(H)	机器码(H)	源程序
		ORG2000H
2000	3A	LD A, (2010H)
2001	10	
2002	20	
2003	2F	CPL
2004	32	LD (2011H), A
2005	11	
2006	20	
2007	76	HALT

2．输入过程

将上述源程序输入单板机时的键盘操作如下：

键盘操作	显示		注释
MON	-		回到初态，作好准备
2000	2000		给出起始地址
MEM	2000	××	××为2000H中原先的内容
3A	2000	3A	将3A写入到2000H之中
NEXT	2001	××	自动选中下一单元
10	2001	10	将10写入到2001H之中
NEXT 20	2002	20	
NEXT 2F	2003	2F	
NEXT 32	2004	32	
NEXT 11	2005	11	
NEXT 20	2006	20	
NEXT 76	2007	76	
MON	-		结束输入状态，回到初态

三、怎样检查计算机的内容

1．用MEM键检查存储单元的内容

例如，为了验证上面的输入是否正确，可以用MEM键进行检查，发现错误时可进行修改。

键盘操作	显示		注释
2000	2000		给出待检查的地址
MEM	2000	3A	正确
NEXT	2001	10	正确
NEXT	2002	00	错误！2002中不应是00！

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	-		退出。回到初态。

2．检查寄存器的内容

除了A、B、C、D、E之外，其它寄存器应该用相应的数字代替。例如：

键盘操作	显示		注释
A REG	A	××	××为A寄存器之中的内容
MON	-		为下一步作准备
B REG	b	××	××为B寄存器的内容
MON	-		
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

显示辅助寄存器内容，方法同上，只不过改用REG′键而已。

SP的内容只能被检查，不能修改。

读出的IFF的内容若为００H表示禁止中断，若为０４H表示允许中断。

3．检查或更改接口的内容

先输入两个十六进制数，表示口地址。

再压下PORT EXAM键，就可显示该口的内容，（实际上执行了一次输入指令）。连续按PORT键就会连续显示该口内容。对于CTC来说，按下PORT键将显示出CTC减1计数器的内容。连续操作可了解CTC减1计数器的变化。

在PORT键后，再输入两个数就可以修改该口的内容。（实际上执行了一次输出指令）。

注意，有些口只能写入，有些口只能读出，有些接口包含几个寄存器，用PORT来检查和修改的可能不是同一个寄存器。例如，象CTC这样的接口，“读”（即检查）——减1计数器的内容，“写”（即修改）——控制寄存器。

例如，显示９０口的内容可用如下键盘操作

MON	-		准备接受新的命令
90	90		先送入口地址
PORT	90	3F	检查该口的内容

四、怎样执行程序

假定已将下述程序送入内存指定区域：

```
2000    3A1020    LD   A,  (2010H)
2003    2F        CPL
2004    3 2 1120  LD   (2011H), A
2007    76        HALT
```

执行该程序前的准备工作为，先将任何一个数（如6A）送入2010H单元。执行后检查2011单元中的求反值是否正确。

MON	-		
2010MEM 6A	2010	6A	设定待转换的数
NEXT	2011	××	检查结果单元，××为随机数

可用下列三种方式执行程序：

1．连续执行(用EXEC键)

只要送入程序首地址，再按下EXEC键即可。例如：

MON	-		准备执行程序
2000	2000		先送入程序的起始地址
EXEC			程序停在HALT指令处
MON	-		用MON键退出HALT指令

检查进行结果：

2010MEM	2010	6A	检查原始数据
NEXT	2011	95	检查结果单元的内容

$\overline{6A} = \overline{0110\ \ 1010} = 10010101 = 95$　结果正确

2．单步执行方式（用STEP键）

每次只执行一条指令，并显示出执行该指令后累加器的内容以及下一条指令的地址码。