

# 东南大学

## 《微机系统与接口实验》

### 实验报告

#### 实验十一 定时中断

姓 名：薛宇飞

学 号：04020235

同 组：

学 号：

专 业：信息工程

实 验 室：金智楼硬件实验室

实验时间：2022 年 5 月 26 日

报告时间：2022 年 5 月 26 日

评定成绩：

评阅教师：裴文江

## 目录

<b>1 实验目的与内容</b>	<b>3</b>
<b>2 实验任务</b>	<b>3</b>
1 基本功能 . . . . .	3
2 附加任务 . . . . .	3
<b>3 实验原理</b>	<b>3</b>
<b>4 实验代码</b>	<b>6</b>
<b>5 实验结果</b>	<b>14</b>
<b>6 附加任务说明</b>	<b>15</b>
1 附加任务 1 . . . . .	15
2 附加任务 2-3 . . . . .	16
3 附加任务 4 . . . . .	16
<b>7 思考题</b>	<b>17</b>
<b>8 实验思考</b>	<b>18</b>
<b>参考文献</b>	<b>18</b>

## 一. 实验目的与内容

1. 结合实验教材<sup>[1-2]</sup>, 熟悉 Intel 8086CPU 的中断处理功能以及 IBM-PC 的中断结构.
2. 了解 8253 定时器的使用.
3. 掌握定时中断的编程, 观察中断的执行情况.

## 二. 实验任务

### (一) 基本功能

定时/计数器 8253 每隔 55ms 发一次定时中断请求信号 (其中断类型为 1CH), CPU 响应中断后转去执行 TIMERINTS 中断服务程序。

本次实验任务为改写定时中断 (中断类型为 1CH) 的中断服务程序, 要求在定时中断服务程序中累计中断次数, 每计到 50 次定时中断就在显示器上显示字符串 “SUN”。

主程序: 从屏幕左上角到右下角循环显示“太阳”图形, 并判断字符串“SUN”的显示次数是否到十次, 到十次就结束程序返回 DOS。

### (二) 附加任务

1. 定时 1 秒左右显示一次 “SUN,” 并在显示 “SUN” 的前面加上显示次数;
2. 显示 10 次 “SUN” 后, 不等 25 行太阳图标显示完, 立即返回 DOS;
3. 在本次实验中加入实验十的键盘中断, 如果有按键, 就显示 “KEY” (前面加上显示次数); 每定时 1 秒左右就显示一次 “SUN” (前面加上显示次数)。按键或显示 “SUN” 只要有一个到 10 次了, 就结束程序返回 DOS。
4. 修改显示字符的属性, 如, 红底白字, 蓝底黄字……

## 三. 实验原理

在主程序中应先保存原中断类型号 1CH 的中断服务程序入口地址, 然后把自行编写的 TIMERINTS 定时中断服务程序入口地址的段内偏移地址和段地址存入以 1CH\*4 为起始地址的四个连续单元内。

主程序中安排开中断指令, CPU 响应中断后自动转入 TIMERINTS 定时中断服务程序去执行。

主程序和定时中断服务程序流程图如图1所示。

自屏幕左上角向右下角移动并显示“太阳”图形的显示子程序如下:

code

```
1  DISP1  PROC  FAR
2          PUSH  AX
3          PUSH  BX
4          PUSH  CX
```

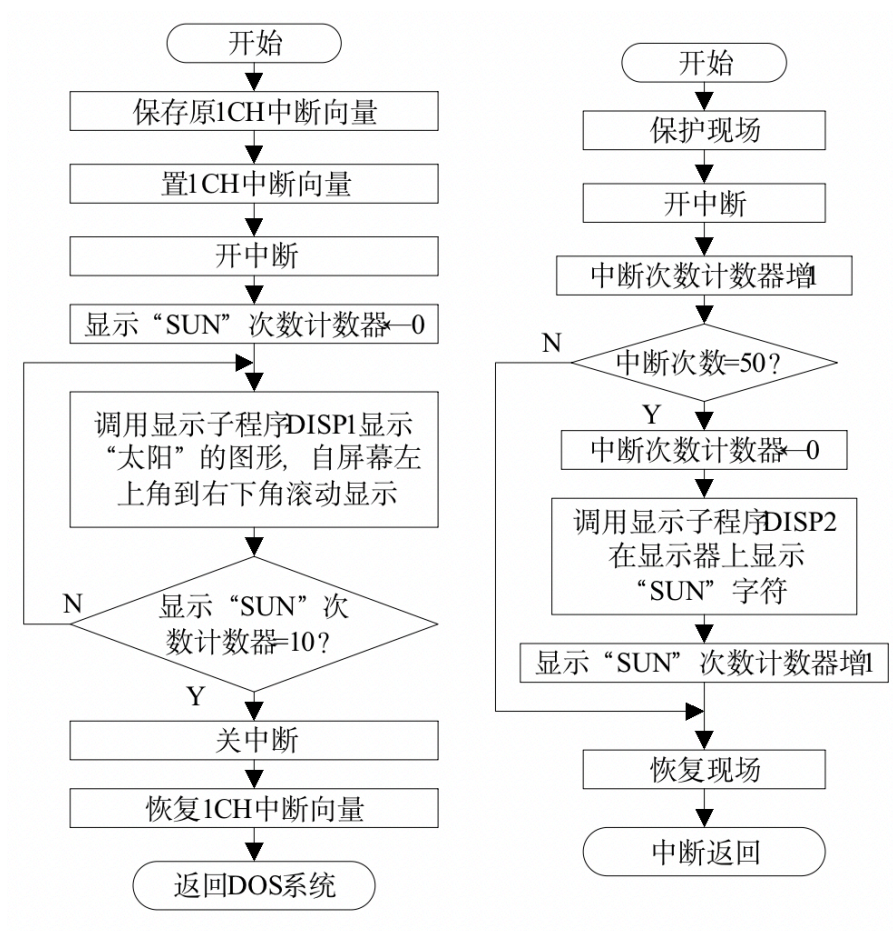


图 1: 流程图

```
5      PUSH    DX
6      MOV     AH,15      ;读当前显示状态,
7      INT     10H
8      MOV     AH,0       ;设置显示方式
9      INT     10H
10     MOV     CX,1       ;显示的字符个数为1
11     MOV     DX,0       ;行号为0,列号为0
12     REPT:
13     MOV     AH,2       ;设置光标位置
14     INT     10H
15     MOV     AL,0FH     ;读出太阳图形
16     MOV     AH,10     ;写字符
17     INT     10H
18     CALL    DELAY
19     SUB     AL,AL
20     MOV     AH,10     ;清除原图形
21     INT     10H
22     INC     DH
23     ADD     DL,2
24     CMP     DH,25
25     JB      REPT
26     POP     DX
27     POP     CX
28     POP     BX
29     POP     AX
30     RET
31     DISP1    ENDP
```

在定时中断服务程序中显示字符串“SUN”的子程序 DISP2 程序如下:

code

```
1     DISP2    PROC    FAR
2         PUSH    CX
3         PUSH    BX
4         PUSH    AX
5         MOV     CX,10
6     NEXTC:
7         LODSB
8         MOV     AH,0EH
9         MOV     BX,01
10        INT     10H
```

```
11      CALL    DELAY
12      LOOP    NEXTC
13      POP     AX
14      POP     BX
15      POP     CX
16      RET
17  DISP2      ENDP
```

延时子程序 (延时大约 1 秒左右) 如下:

code

```
1  DELAY  PROC  FAR
2      PUSH    CX
3      PUSH    DX
4      MOV     DX,20
5  DL500:
6      MOV     CX,0FFFFH
7  DL10ms:
8      LOOP    DL10ms
9      DEC     DX
10     JNZ     DL500
11     POP     DX
12     POP     CX
13     RET
14  DELAY    ENDP
```

## 四. 实验代码

code

```
1  DATA  SEGMENT
2      TIMES_COUNTS  DB  ?
3      SUN_COUNTS    DB  ?
4      SUN_PRINT      DB  "      SUN"
5      KEY_COUNTS     DB  ?
6      OK_PRINT       DB  "      OK!"
7      ; 字符串中的空格为按键次数预留(两个数字+两个空格+OK!)
8  DATA  ENDS
9
10  STACK  SEGMENT
11      ; 为保护现场操作建立栈段空间
```

```
10     DW 10 DUP(?)
11 STACK ENDS
12
13 CODE SEGMENT
14 ASSUME CS:CODE,DS:DATA,ES:DATA,SS:STACK
15 START:
16     MOV AX,STACK
17     MOV SS,AX
18     MOV AX,DATA
19     MOV DS,AX
20     MOV AX,0000H ;设置中断向量操作
21     MOV ES,AX
22     MOV SI,1CH*4
23     PUSH ES:[SI+2] ;保存原1CH中断向量
24     PUSH ES:[SI]
25     MOV WORD PTR ES:[SI+2],SEG TIMERINTS ;设置新1CH中断向量
26     MOV WORD PTR ES:[SI],OFFSET TIMERINTS
27
28     MOV AL,09H
29     ;用中断类型21H的35H功能取中断向量保存
30     MOV AH,35H
31     INT 21H
32     PUSH ES
33     PUSH BX
34     MOV DX,OFFSET KEYINTS
35     ;用中断类型21H的25H功能设置中断向量
36     MOV AX,SEG KEYINTS
37     MOV DS,AX
38     MOV AL,09H
39     MOV AH,25H
40     INT 21H
41     MOV AX,DATA ;恢复数据段地址
42     MOV DS,AX
43
44     STI ;开中断
45     MOV TIMES_COUNTS,00H ;定时中断次数置零
46     MOV SUN_COUNTS,00H ;输出“SUN”次数置零
47     MOV KEY_COUNTS,00H ;按键次数置零
48 SUN:
49     CALL DISPl ;输出太阳
50     MOV AL,SUN_COUNTS
```

```
49      SUB AL,10                                ;sun次数-10,放入al
50      MOV AH,KEY_COUNTS
51      SUB AH,10                                ;key次数-10,放入ah
52
53      AND AL,AH
          ;只要有一个达到10,结果为0
54      CMP AL,0
55      ;CMP SUN_COUNTS,10                    ;比较输出“SUN”次数
56      ;CMP KEY_COUNTS,10                    ;比较按键次数
57      JNE SUN
          ;不等于,继续输出太阳
58
59      CLI                                    ;关中断
60      MOV SI,1CH*4
61      POP ES:[SI]                            ;恢复原1CH中断向量
62      POP ES:[SI+2]
63
64      POP DX
          ;用中断类型21H的25H功能恢复中断向量,回顾line32 33
65      POP DS
66      MOV AL,09H
67      MOV AH,25H
68      INT 21H
69
70      MOV AH,4CH                            ;返回DOS
71      INT 21H
72
73  TIMERINTS PROC NEAR
74      PUSH AX                                ;保护现场
75      PUSH BX
76      PUSH DX
77      PUSH SI
78      STI                                    ;开中断
79      INC TIMES_COUNTS                      ;定时中断次数+1
80      CMP TIMES_COUNTS,50
          ;定时中断次数未到50不输出“SUN”;定时1s可以计算得1s/55ms=18
81      JB PASS                                ;低于
82      MOV TIMES_COUNTS,00H
          ;定时中断次数清零,重新累加
83      INC SUN_COUNTS                        ;输出“SUN”次数+1
84
```



```
85     MOV AL, SUN_COUNTS
86     ADD AL, 30H
      ;将按键次数转换为ASCII码,以便输出
87     CMP AL, 3AH
88     JNE PRINT
89
90     MOV SUN_PRINT, 31H
      ;按键次数为10的ASCII码,10是两位数,单独设置一下
91     MOV SUN_PRINT+1, 30H
92     JMP CHGSI
93
94     LEA SI,SUN_PRINT
      ;取“SUN”偏移地址,准备输出
95     CALL DISP2
96 PRINT:
97     MOV SUN_PRINT, AL
98 CHGSI:
99     LEA BP,SUN_PRINT
      ;为DISP2中进行INT
      10H中断作预处理
100    MOV AX,SEG SUN_PRINT
101    MOV ES,AX
102    CALL DISP2
103 PASS:
104    POP SI
      ;恢复现场
105    POP DX
106    POP BX
107    POP AX
108    IRET
      ;中断返回
109 TIMERINTS ENDP
110
111 DISP1 PROC NEAR
112     PUSH AX
      ;保护现场
113     PUSH BX
114     PUSH CX
115     PUSH DX
116     MOV AH,15
      ;读当前显示状态,放入AL
117     INT 10H
118     MOV AH,0
      ;设置显示方式:
      AL=显示方式号;起到清屏的作用
119     INT 10H
```

```
120      MOV CX,1                      ;设置显示字符的个数
121      MOV DX,0                      ;设置行列为0
122  REAPT:
123      MOV AH,2                      ;设置光标位
124      INT 10H
125
126
127      MOV AL,SUN_COUNTS
128      SUB AL,10                      ;sun次数-10,放入al
129      MOV AH,KEY_COUNTS
130      SUB AH,10                      ;key次数-10,放入ah
131
132      AND AL,AH
133      ;只要有一个达到10,结果为0
134      CMP AL,0
135      JE PASS1
136      ;次数达到要求则不再输出太阳
137
138      MOV AL,0FH                      ;读出太阳图形
139      MOV AH,10                      ;设置功能号,写字符
140      INT 10H
141      CALL DELAY                      ;调用延时子程序
142      SUB AL,AL
143      MOV AH,10                      ;清除原图形
144      INT 10H
145      INC DH
146      ADD DL,2
147      CMP DH,25
148      ;未输出完1页以前,持续输出
149      JNE REAPT
150  PASS1:
151      POP DX                          ;恢复现场
152      POP CX
153      POP BX
154      POP AX
155      RET
156  DISP1 ENDP
157
158  DISP2 PROC NEAR
159      PUSH CX                          ;保护现场
```

```
158     PUSH BX
159     PUSH AX
160     PUSH DX
161     ;MOV BH, 00H
162     MOV AH, 03H ;获取光标位置:
        BH=page number(default=0), DH=row number, DL=column number
163     INT 10H
164     MOV CX,7
        ;显示字符串长度,包含了按键次数和空格,故需要七个(与数据段对应)
165     MOV AH,13H ;用AH=13H的INT
        10H中断改变字体颜色
166     MOV BL,4FH ;certain color
167     MOV BH,00H ;Page number
168     MOV AL,01H
169     INT 10H
170     ;CALL DELAY
171     POP DX
172     POP AX ;恢复现场
173     POP BX
174     POP CX
175     RET
176 DISP2 ENDP
177
178 DELAY PROC NEAR ;延时1秒子程序
179     PUSH CX
180     PUSH AX
181     MOV AL,23
182     GOONN:MOV CX,0FFFFH ;实现延时1秒
183     GOON:DEC CX
184     JNZ GOON
185     DEC AL
186     CMP AL,00
187     JNE GOONN
188     MOV CX,0004H
189     GOONE:DEC CX
190     JNZ GOONE
191     POP AX
192     POP CX
193     RET
194 DELAY ENDP
195
```

```
196 ; 键盘中断子程序
197 KEYINTS PROC NEAR
198     PUSH AX ; 保护现场
199     PUSH BX
200     PUSH DX
201     PUSH SI
202
203     STI ; 开中断
204
205     IN AL, 60H
206     ; 读取键盘扫描码(ASCII 存放在AL)
207     MOV AH, AL ; 保护键盘扫描码
208     IN AL, 61H
209     ; PB口的当前键盘ASCII值
210     OR AL, 80H
211     ; PB7置1, 产生中断请求信号(脉冲信号)
212     OUT 61H, AL
213     AND AL, 7FH
214     ; PB7置0, 为下一次读取扫描码做准备
215     OUT 61H, AL
216
217     TEST AH, 80H
218     ; 根据扫描码判断按键为按下还是松开
219     JNE PASS_KEY
220     ; 不等于, 为松开状态, 则不计按键数, 不输出OK, 跳到PASS
221
222
223     MOV AL, SUN_COUNTS
224     SUB AL, 10 ; sun次数-10, 放入al
225     MOV AH, KEY_COUNTS
226     SUB AH, 10 ; key次数-10, 放入ah
227
228     AND AL, AH
229     ; 只要有一个达到10, 结果为0
230     CMP AL, 0
231
232     ; CMP KEY_COUNTS, 10
233     ; 保证按键达到十次后结束程序
234     JE PASS_KEY
235     INC KEY_COUNTS ; 按键数+1
236 ;
```

```
228     MOV AL, KEY_COUNTS
229     ADD AL, 30H
        ;将按键次数转换为ASCII码,以便输出
230     CMP AL, 3AH
231     JNE PRINT_OK
232
233     MOV OK_PRINT, 31H
        ;按键次数为10的ASCII码,10是两位数,单独设置一下
234     MOV OK_PRINT+1, 30H
235     JMP CHGSI_OK
236 PRINT_OK:
237     MOV OK_PRINT, AL
238 CHGSI_OK:
239     LEA BP, OK_PRINT
        ;为DISP2中进行INT
        10H中断作预处理
240     MOV AX, SEG OK_PRINT
241     MOV ES, AX
242     CALL DISP_OK
243 PASS_KEY:
244     MOV AL, 20H
        ;发出中断结束命令
245     OUT 20H, AL
246     POP SI
        ;恢复现场
247     POP DX
248     POP BX
249     POP AX
250     ;STI
        ;开中断
251     IRET
        ;中断返回
252 KEYINTS ENDP
253
254 DISP_OK PROC NEAR
255     PUSH CX
        ;保护现场
256     PUSH BX
257     PUSH AX
258     PUSH DX
259
260     ;MOV BH, 00H
261     MOV AH, 03H
        ;获取光标位置:
        BH=page number(default=0), DH=row number, DL=column number
262     INT 10H
263     MOV CX, 7
        ;显示字符串长度,包含了按键次数和空格,故需要七个(与数据段对应)
```

```
264      MOV AH,13H                      ;用 AH=13H 的 INT
      10H 中断改变字体颜色
265      MOV BL,2CH                      ;certain color
266      MOV BH,00H                      ;Page number
267      MOV AL,01H
268      INT 10H
269      ;CALL DELAY
270      POP DX
271      POP AX                          ;恢复现场
272      POP BX
273      POP CX
274      RET
275  DISP_OK ENDP
276
277  CODE ENDS
278  END START
```

## 五. 实验结果

实验中，完成附加任务后，因定时中断、键盘中断返回 DOS 的效果图如图2和图3.

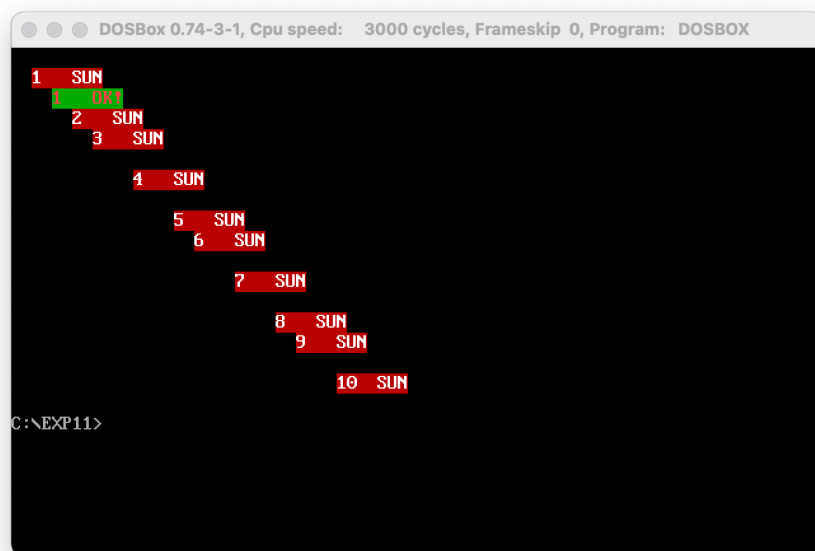


图 2: result-1



图 3: result-2

## 六. 附加任务说明

### (一) 附加任务 1

由于  $1s/55ms=18$ , 故应该累计 18 次显示一次“SUN”, 将 TIMERINTS 子程序中的 CMP 语句的源操作数改为 18 即可, 即

code

```
1  TIMERINTS PROC NEAR
2  PUSH AX                ;保护现场
3  PUSH BX
4  PUSH DX
5  PUSH SI
6  STI                    ;开中断
7  INC TIMES_COUNTS       ;定时中断次数+1
8  CMP TIMES_COUNTS, 18
   ;定时中断次数未到18不输出“SUN”
9  JB PASS
10 MOV TIMES_COUNTS, 00H  ;定时中断次数清零, 重新累加
11 LEA SI, SUN_PRINT
   ;取“SUN”偏移地址, 准备输出
12 CALL DISP2
13 INC SUN_COUNTS         ;输出“SUN”次数+1
14 PASS:
```

```
15     POP SI                      ;恢复现场
16     POP DX
17     POP BX
18     POP AX
19     IRET                      ;中断返回
20     TIMERINTS ENDP
```

## (二) 附加任务 2-3

由于后续需要假如键盘中断，所以我们综合来看附加任务 2-3，定时中断或者键盘中断任意一个达到 10 次需要返回 DOS，这要求需要对两个次数综合判断，即

```
code
1     CALL DISPl                  ;输出太阳
2     MOV AL,SUN_COUNTS
3     SUB AL,10                  ;sun次数-10,放入al
4     MOV AH,KEY_COUNTS
5     SUB AH,10                  ;key次数-10,放入ah
6
7     AND AL,AH                  ;只要有一个达到10,结果为0
8     CMP AL,0
9     ;CMP SUN_COUNTS,10        ;比较输出“SUN”次数
10    ;CMP KEY_COUNTS,10        ;比较按键次数
11    JNE SUN
```

该结果需要在打印 SUN 和 OK! 都需要判断，所以需要将此程序段插入所有判断次数的位置，通过运行可以得到正确的结果。

## (三) 附加任务 4

修改字体颜色需要调用 INT 10H 的 13H 功能：

### 注意 1: INT 10H 的 13H 功能

BH= 页码

BL= 属性 (若 AL=00H 或 01H)

CX= 显示字符串长度

(DH、DL) = 坐标 (行、列)

ES:BP= 显示字符串的地址 AL= 显示输出方式

0: 字符串中只含显示字符，其显示属性在 BL 中。显示后，光标位置不变

1: 字符串中只含显示字符，其显示属性在 BL 中。显示后，光标位置改变

2: 字符串中含显示字符和显示属性。显示后，光标位置不变



### 3: 字符串中含显示字符和显示属性. 显示后, 光标位置改变

由此得到的代码为:

code

```
1  DISP_OK PROC NEAR
2      PUSH CX                ;保护现场
3      PUSH BX
4      PUSH AX
5      PUSH DX
6
7      ;MOV BH, 00H
8      MOV AH, 03H            ;获取光标位置:
9      BH=page number(default=0), DH=row number, DL=column number
10     INT 10H
11     MOV CX,7
12     ;显示字符串长度,包含了按键次数和空格,故需要七个(与数据段对应)
13     MOV AH,13H             ;用AH=13H的INT
14     10H中断改变字体颜色
15     MOV BL,2CH             ;certain color
16     MOV BH,00H            ;Page number
17     MOV AL,01H
18     INT 10H
19     ;CALL DELAY
20     POP DX
21     POP AX                ;恢复现场
22     POP BX
23     POP CX
24     RET
25 DISP_OK ENDP
```

以上是打印 OK! 的程序, 打印 SUN 只需要将所需字符串修改即可!

## 七. 思考题

如果要求定时 1 秒左右显示一次“SUN”, 那么, 定时中断应该累计多少次显示一次“SUN”, 程序应该如何修改?

由于  $1s/55ms=18$ , 故应该累计 18 次显示一次“SUN”, 将 TIMERINTS 子程序中的 CMP 语句的源操作数改为 18 即可, 具体见附加任务 1。

## 八. 实验思考

- 实验涉及到两个中断：定时中断和键盘中断，在编程过程中需要综合考虑判断；
- 刚开始运行的时候，虽然键盘按下 10 次可以满足退出程序返回 DOS，但是无法打印，经过思考发现是判断语句出现错误，导致按键小于 10 次时候没有输出直接 PASS，经过更正得到了正确的结果；
- 在实验过程中，遇到了一种情况：在键盘按下第 11 次时候仍然有输出，思考原因是判断条件不完善，但是 DELAY 时长也会影响程序运行。

## 参考文献

- [1] 李继灿. 新编 16/32 位微型计算机原理及应用（第五版）[M]. 5 版. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [2] 微机教学组. 《微计算机实验讲义》[A]. 南京: 东南大学, 2015.