

# 实验十一 定时中断

学号：61822313

姓名：钟锦程

实验日期：2024 年 5 月 27 日

## 1 实验任务和实验结果

### 1.1 基础任务

#### 1.1.1 实验任务的具体内容

本次实验任务为改写定时中断 (中断类型号为 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。

#### 1.1.2 调试通过的源程序

```
1  DATA SEGMENT
2      STR DB 'SUN',0DH,0AH,'$'
3      TIME DB 00H
4      TEN EQU 10
5      FIFTY EQU 50
6      COUNTER DB 50
7  DATA ENDS;TIME是按键次数
8  CODE SEGMENT
9      ASSUME CS:CODE,DS:DATA
10  DELAY PROC ; 延时程序
11      PUSH CX
12      PUSH DX
13      MOV DX,16H
14  DL500:
15      MOV CX, 0FFFFH
16  DL10MS:
17      LOOP DL10MS
18      DEC DX
19      JNZ DL500
```

```
20      POP DX
21      POP CX
22      RET
23  DELAY ENDP
24
25  DELAY2 PROC ; 延时程序2,用于显示SUN时的延时, 略短于1秒
26      PUSH CX
27      PUSH DX
28      MOV DX,27H
29  DL5002:
30      MOV CX, 01FFFH
31  DL10MS2:
32      LOOP DL10MS2
33      DEC DX
34      JNZ DL5002
35      POP DX
36      POP CX
37      RET
38  DELAY2 ENDP
39
40  DISP1 PROC FAR ; 显示太阳图标
41      PUSH AX
42      PUSH BX
43      PUSH CX
44      PUSH DX
45      MOV AH,15 ; 读当前显示状态
46      INT 10H
47      MOV AH,0 ; 设置显示方式
48      INT 10H
49      MOV DX,0 ; 行号为0, 列号为0
50  REPT:
51      MOV AH,2 ; 设置光标位置
52      INT 10H
53      MOV AL,0FH ; 0FH是太阳图形的ASCII码
54      MOV CX,1 ; 重复字符的次数
55      MOV AH,10 ; 写字符
56      INT 10H
57      CALL DELAY
58      SUB AL,AL
```

```
59      MOV AH,0 ; 清除原图形
60      INT 10H
61      INC DH ; 行号+1
62      ADD DL,2 ; 列号+2
63      CMP DH,20 ; 判断是否到20行, 不等继续显示太阳, 相等返回, 如果到25行再返回, 会导致轨迹不是严格对角
64      JNE REPT
65      POP DX
66      POP CX
67      POP BX
68      POP AX
69      RET
70  DISP1 ENDP
71
72  DISP2 PROC FAR ; 显示SUN
73      PUSH CX
74      PUSH BX
75      PUSH AX
76      MOV CX,3 ;待显示的字符数
77  NEXTC:
78      LODSB ; 字符串"SUN"在数据段中定义, AL<-[SI]
79      MOV AH, 0EH ; 用teletype格式写字符, 并移动光标
80      MOV BX,1
81      INT 10H
82      CALL DELAY2
83      LOOP NEXTC
84      MOV SI,OFFSET STR ; 重置SI
85      POP AX
86      POP BX
87      POP CX
88      RET
89  DISP2 ENDP
90
91  TIMERINT PROC FAR
92      PUSH AX ;保存寄存器
93      PUSH BX
94      PUSH CX
95      PUSH DX
96      PUSH DS
```

```
97      STI ;开中断
98      DEC COUNTER
99      CMP COUNTER,0
100     JNZ QUIT ;不等于0, 则直接退出; 等于零, 则:显示SUN,重置COUNTER,
        TIME+1
101     INC TIME
102     MOV AX,FIFTY
103     MOV COUNTER,AX
104     CALL DISP2
105     QUIT:
106     CLI ;关中断
107     POP DS
108     POP DX
109     POP CX
110     POP BX
111     POP AX ;恢复寄存器
112     IRET ;中断返回
113     TIMERINT ENDP
114     START:
115     MOV AX,DATA
116     MOV DS,AX
117     MOV AX,STACK
118     MOV SS,AX
119     MOV AX,0
120     MOV ES,AX
121     MOV SI,OFFSET STR
122     MOV AH,35H ;INT 21H 35H号: 取中断向量, 入口AL=中断类型, 出口ES:BX
        =中断向量
123     MOV AL,1CH
124     INT 21H
125     PUSH BX ;将原中断处理程序的CS:IP压栈
126     PUSH ES
127     MOV AX,0 ;恢复ES!重要!
128     MOV ES,AX
129     PUSH DS ;保护DS与DX!重要!
130     PUSH DX
131     CLI
132     MOV AX,SEG TIMERINT ;将自定义中断服务程序的地址放入原1C号中断向量处
133     MOV DS,AX
```

```
134      MOV DX,OFFSET TIMERINT
135      MOV AL,1CH
136      MOV AH,25H ;INT 21H 25H号：设置中断向量，入口DS:DX=中断向量，AL=
          中断类型号
137      INT 21H
138      STI
139      POP DX
140      POP DS
141  AGIN:
142      CALL DISP1
143      CMP TIME,TEN
144      JB AGIN
145      CLI ; 禁止下方程序中断发生，保护代码运行
146      POP DS ;恢复原1C号中断向量
147      POP DX
148      MOV AL,1CH
149      MOV AH,25H
150      INT 21H
151      STI ; 开中断
152      MOV AH,4CH
153      INT 21H
154  CODE ENDS
155  END START
```

### 1.1.3 实验结果

如图1是程序正常运行的截图，主程序是循环显示太阳图标，当图标走到右下角后会从左上角重新开始，循环往复。图2显示的是定时中断服务程序。每隔约 2.5 秒（50 次中断）显示字符串“SUN”。当显示 SUN 总次数达到 10 次，程序会在本次太阳显示循环结束后中止，如图3。



图 1: 基础实验任务结果截图 1



图 2: 基础实验任务结果截图 2

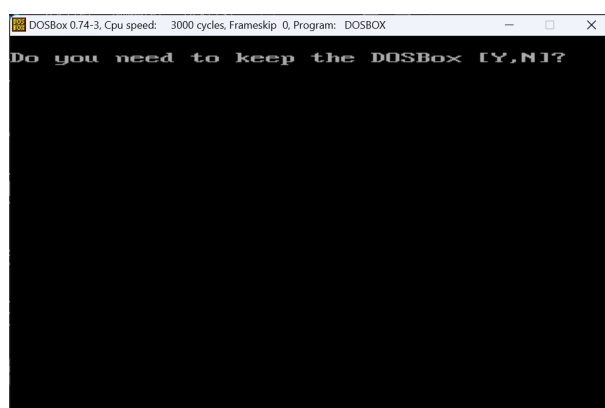


图 3: 基础实验任务结果截图 3

## 1.2 附加任务

### 1.2.1 实验任务的具体内容

1) 将累计定时中断次数改为设定一个定时的时间（如定时 0.5 秒、1 秒、2 秒……），每次定时时间到了就显示一次字符串 1（显示字符串 1 的内容自己设置，希望同学们尽量不要雷同，字符串前面加上显示次数，后面加个空格）；

2) 定时显示 12 次字符串后，不等 25 行“太阳”图形显示完，就立即返回 DOS；

3) 在本次实验中加入实验十的键盘中断，在程序执行过程中，如果有按键，就显示一个字符串 2（显示字符串 2 的内容也自己设置，尽量不要雷同，字符串前面加上按键次数，后面加个空格）；如果定时时间到了就显示一次字符串 1（字符串前面加上显示次数，后面加个空格）。按键次数或定时显示次数只要有一个到 12 次了，就结束程序返回 DOS；

注：按键先到 12 次和定时显示先到 12 次这两种情况都要试一下。

4) 将“太阳”图标和字符串改为彩色显示（彩色背景彩色字符），如，红底白字，蓝底黄字。

注：“太阳”图形、定时显示的字符串 1 和按键显示的字符串 2 最好用不同的颜色。5) 其他：鼓励同学们自己增加其他的附加功能。

## 1.2.2 调试通过的源程序

```

1      DATA SEGMENT
2      TIMERTIME DB 00H
3      SHOWTIMERTIME DB 00H,00H;SHOWTIMERTIME存放 TIMERTIME对应的
        ASCII码
4      STR1 DB 'TIMERINT!',20H
5      N1 EQU $-SHOWTIMERTIME
6      KEYTIME DB 00H
7      SHOWKEYTIME DB 01H,00H;SHOWKEYTIME存放 KEYTIME对应的 ASCII码
8      STR2 DB 'KEYINT!',20H
9      N2 EQU $-SHOWKEYTIME
10     COUNT1 DB N1
11     COUNT2 DB N2
12     TWELVE EQU 12;定义数值常量便于调试
13     NUM EQU 36;一秒调用18.2次定时中断，据此计算
14     ;定时0.5秒=9次，1s=18次，2秒=36次
15     COUNTER DB NUM
16 DATA ENDS
17 CODE SEGMENT
18     ASSUME CS:CODE,DS:DATA
19 DELAY PROC ;延时程序
20     PUSH CX
21     PUSH DX
22     MOV DX,36H
23 DL500:
24     MOV CX, 08FFFH
25 DL10MS:
26     LOOP DL10MS
27     DEC DX
28     JNZ DL500
29     POP DX
30     POP CX
31     RET
32 DELAY ENDP
33
34 DELAY2 PROC ;延时程序2
35     PUSH CX
36     PUSH DX

```

```
37     MOV DX,1CH
38 DL5002:
39     MOV CX, 01FFFH
40 DL10MS2:
41     LOOP DL10MS2
42     DEC DX
43     JNZ DL5002
44     POP DX
45     POP CX
46     RET
47 DELAY2 ENDP
48
49 DISP1 PROC FAR ; 显示太阳
50     PUSH AX
51     PUSH BX
52     PUSH CX
53     PUSH DX
54     MOV AH,15 ; 读当前显示状态
55     INT 10H
56     MOV AL,1
57     MOV AH,0 ; 设置显示方式
58     INT 10H
59     MOV DX,0 ; 行号为0, 列号为0
60 REPT:
61     MOV AH,2 ; 设置光标位置
62     INT 10H
63     MOV AL,0FH ; 0FH是太阳图形的ASCII码
64     MOV CX,1 ; 重复字符的次数
65     MOV BL,0F4H ; 字符颜色信息为橙底红字加闪烁 (b7控制字符是否闪烁, b6-b4为背景
        色, b3-b0为前景色)
66     MOV AH,9 ; 写字符
67     INT 10H
68     CALL DELAY
69     SUB AL,AL
70     MOV AH,0 ; 清除原图形
71     INT 10H
72     CMP KEYTIME,TWELVE;当键盘中断次数达到设定值时, 直接结束显示
73     JAE QUIT1
74     CMP TIMERTIME,TWELVE;当定时中断次数达到设定值时, 直接结束显示
```



```
75     JAE QUIT1
76     INC DH ; 行号+1
77     ADD DL,2 ; 列号+2
78     CMP DH,20 ; 判断是否到20行, 不等则继续显示太阳, 相等返回
79     JNE REPT
80 QUIT1:
81     POP DX
82     POP CX
83     POP BX
84     POP AX
85     RET
86 DISP1 ENDP
87
88 INT_DISP1 PROC FAR ; 定时中断显示信息
89     PUSH DX
90     PUSH CX
91     PUSH BX
92     PUSH AX
93     PUSH SI
94     MOV COUNT1,N1;用待显示的字符串的长度更新COUNT1
95 NEXTC:
96     LODSB ; 字符串在数据段中定义并已经由SI指向首址
97     MOV BH,00H
98     MOV AH,03H
99     INT 10H
100    MOV AH,9 ;写字符
101    MOV CX,1 ;重复一次
102    MOV BL,35H ;字符颜色信息为青底紫字 (b7控制字符是否闪烁, b6-b4为背景色, b3-
        b0为前景色)
103    INT 10H
104    INC DL ;每打印1个字符, 光标的列号+1
105    MOV AH,2 ; 更新光标位置
106    INT 10H
107    CALL DELAY2
108    DEC COUNT1
109    CMP COUNT1,0 ;当整个中断信息串都显示完, 才退出循环
110    JA NEXTC
111    POP SI
112    POP AX
```

```
113     POP BX
114     POP CX
115     POP DX
116     RET
117 INT_DISP1 ENDP
118
119 INT_DISP2 PROC FAR ; 键盘中断显示信息
120 ; INT 10H 中 AH=03H 读取光标信息。入口参数: BH=显示页码
121 ; 出口参数: CH=光标的起始行 CL=光标的终止行 DH=行(Y坐标) DL=列(X坐标)
122     PUSH DX
123     PUSH CX
124     PUSH BX
125     PUSH AX
126     PUSH SI
127     MOV COUNT2,N2;用待显示的字符串的长度更新COUNT
128 NEXT:
129     LODSB ; 字符串在数据段中定义并已经由SI指向首址
130     MOV BH,00H
131     MOV AH,03H
132     INT 10H
133     MOV AH,9 ;写字符
134     MOV CX,1 ;重复一次
135     MOV BL,24H ;字符颜色信息为绿底红字
136     INT 10H
137     INC DL ;每打印1个字符,光标的列号+1
138     MOV AH,2 ;更新光标位置
139     INT 10H
140     CALL DELAY2
141     DEC COUNT2
142     CMP COUNT2,0 ;当整个中断信息串都显示完,才退出循环
143     JA NEXT
144     POP SI
145     POP AX
146     POP BX
147     POP CX
148     POP DX
149     RET
150 INT_DISP2 ENDP
151
```

```
152 KEYINT PROC FAR
153     PUSH AX
154     PUSH BX
155     PUSH DX
156     IN AL,60H ; 通过8255A的PA口(PA口地址为60H)读取键盘扫描码
157     MOV AH,AL
158     IN AL,61H ; 从8255APB口(PB口地址为61H)的PB7输出一个正脉冲(即PB7先输
        出高电平,再输出低电平)
159     OR AL,80H ; PB7置1
160     OUT 61H,AL
161     AND AL,7FH ; PB7清零
162     OUT 61H,AL
163     TEST AH,80H ; 相等时代表键被释放,开中断,显示字符
164     JNE BACK
165     STI
166     INC KEYTIME
167     MOV AX,0
168     ADD AL,KEYTIME
169     AAA ;用于处理要显示的数字大于10的情况
170     OR AX,3030H
171     XCHG AL,AH
172     MOV SI,OFFSET SHOWKEYTIME ; 初始化SI,使其指向中断信息字符串首址
173     MOV [SI],AX
174     CLI
175     CALL INT_DISP2
176     STI
177 BACK:
178     MOV AL,20H
179     OUT 20H,AL;结束中断
180     POP DX
181     POP BX
182     POP AX
183     IRET
184     KEYINT ENDP
185
186 TIMERINT PROC FAR
187     PUSH AX ;保存寄存器
188     PUSH BX
189     PUSH CX
```

```
190     PUSH DX
191     PUSH DS
192     STI ;开中断
193     DEC COUNTER
194     CMP COUNTER,0
195     JNZ QUIT ;不等于0, 则直接退出; 等于零, 则:显示SUN,重置COUNTER,TIME
        +1
196     MOV AX,NUM ;重置COUNTER
197     MOV COUNTER,AX
198     INC TIMERTIME;TIMERTIME+1
199     MOV AX,0
200     ADD AL,TIMERTIME
201     AAA ;用于处理要显示的数字大于10的情况
202     OR AX,3030H
203     XCHG AL,AH
204     MOV SI,OFFSET SHOWTIMERTIME ; 初始化SI,使其指向中断信息字符串首址
205     MOV [SI],AX
206     CALL INT_DISP1
207 QUIT:
208     CLI ;关中断
209     POP DS
210     POP DX
211     POP CX
212     POP BX
213     POP AX ;恢复寄存器
214     IRET ;中断返回
215 TIMERINT ENDP
216
217 START:
218     MOV AX,DATA
219     MOV DS,AX
220     MOV AX,STACK
221     MOV SS,AX
222     MOV AX,0
223     MOV ES,AX
224     ; MOV SI,OFFSET TIME
225     MOV AH,35H ;INT 21H 35H号: 取中断向量, 入口AL=中断类型, 出口ES:BX=中
        断向量
226     MOV AL,9
```

```
227     INT 21H
228     PUSH BX ;将原键盘中断处理程序的CS:IP压栈
229     PUSH ES
230     MOV AH,35H
231     MOV AL,1CH
232     INT 21H
233     PUSH BX ;将原定时中断处理程序的CS:IP压栈
234     PUSH ES
235     MOV AX,0 ;恢复ES!重要!
236     MOV ES,AX
237     PUSH DS ;保护DS与DX!重要!
238     PUSH DX
239     CLI
240     MOV AX,SEG KEYINT ;将自定义键盘中断服务程序的地址放入原09号中断向量处
241     MOV DS,AX
242     MOV DX,OFFSET KEYINT
243     MOV AL,9
244     MOV AH,25H ;INT 21H 25H号: 设置中断向量, 入口DS:DX=中断向量, AL=中断
        类型号
245     INT 21H
246     MOV AX,SEG TIMERINT ;将自定义定时中断服务程序的地址放入原1CH号中断向量处
247     MOV DS,AX
248     MOV DX,OFFSET TIMERINT
249     MOV AL,1CH
250     MOV AH,25H
251     INT 21H
252     STI
253     POP DX
254     POP DS
255 AGIN:
256     CALL DISP1
257     CMP TIMERTIME,TWELVE
258     JAE EXIT
259     CMP KEYTIME,TWELVE
260     JAE EXIT
261     JMP AGIN
262 EXIT:
263     CLI ; 禁止下方程序中断发生, 保护代码运行
264     POP DS ;恢复原1CH号中断向量
```

```
265     POP DX
266     MOV AL,1CH
267     MOV AH,25H
268     INT 21H
269     POP DS ;恢复原09号中断向量
270     POP DX
271     MOV AL,9
272     MOV AH,25H
273     INT 21H
274     STI ; 开中断
275     MOV AH,4CH
276     INT 21H
277 CODE ENDS
278 END START
```

### 1.2.3 实验结果

如图4是程序正常运行的截图，太阳符号被修改为橙底红字加闪烁（附加功能4）。图5是按一次键的运行截图。显示了绿底红字的中断信息”KEYINT!” 并在该字符串前面显示了按键次数。图6是定时中断服务程序的截图，显示了青底紫字的中断信息”TIMERINT!” 并在该字符串前面显示了按键次数。图7是第一种结束方式：定时显示先到12次，直接退出程序返回到DOS；图8是第二种结束方式：按键先到12次。上述两种结束方式如图3。完成附加功能1时，选择将定时设置为2秒，由于8253每隔55ms发一次定时中断请求信号，所以在定时中断服务程序中计数 $2 \div 0.055 \approx 36$ 次后显示一次中断信息。

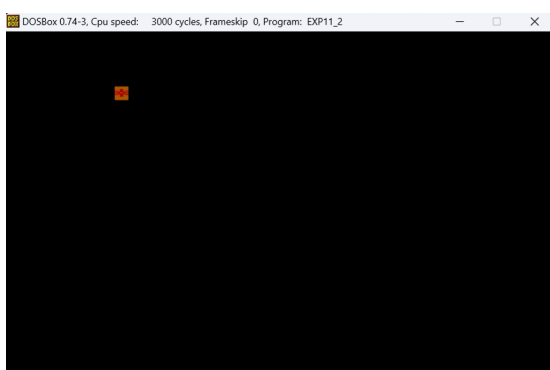


图 4: 附加实验任务结果截图 1

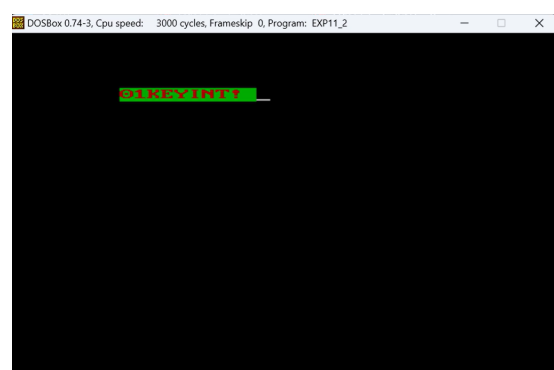


图 5: 附加实验任务结果截图 2



图 6: 附加实验任务结果截图 3



图 7: 附加实验任务结果截图 4



图 8: 附加实验任务结果截图 5

## 2 实验总结

本次实验第二次涉及中断服务程序的设计。在设计过程中出现了以下问题：

1. 每次太阳显示一轮之后就结束。错误原因：忘记在每次显示 SUN 之后将计数器 TIME+1
2. 定时中断显示信息从第二次开始输出乱码。错误原因：没有在每次输出后重置 SI，没有将 SI 再次指向应打印的字符串首。
3. 在第 12 次定时中断之后，太阳停留在左上角不动而没有返回 DOS。错误原因：主程序跳转逻辑不对，应该是只要有任意一种中断显示达到 12 次就退出。
4. 同一个段内的程序子段名不能一样，否则会跳转到错误的地方。

## 3 思考题

1.  $2 \div 0.055 \approx 36$
2. 原因 1：中断向量未恢复，程序无法调用原始的键盘中断程序；原因 2：编写子程序时没有保护用到的寄存器，某些寄存器的值被修改；原因 3：硬件状态被非法修改，没有还原。

3. 原因：在按键显示子程序运行过程中，定时中断进入，打断了正在运行的程序。解决办法：在编写自定义中断服务程序时手动关中断，禁止其他中断进入。