

深圳大学实验报告

课程名称 计算机系统 1

项目名称 实验六 LC-3 中断实验

学 院 计算机与软件学院

专 业 软件工程（腾班）

指导教师 陈飞

报 告 人 叶茂林 学号 2021155015

实验时间 2022. 6. 11

提交时间 2022. 6. 18

教务处制

一、实验目的与要求

- (1) 使用实验证明：中断驱动的输出、输入可以中断一个正在运行的程序，执行中断服务程序，返回被中断的程序，从被中断位置下一个地址继续执行（好像什么也没发生似的）。
- (2) 试验中使用键盘作为输入设备，中断正在运行的程序。

二、实验内容与方法

试验任务包括实现以下三部分程序：

A. 用户程序

用户程序将会连续地输出纵横交替的 ICS，通过交替，输出两个不同行，如下：

```
ICS      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
ICS      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
ICS      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
ICS      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
      ICS      ICS      ICS      ICS      ICS
```

确保输出不至于太快，以至于肉眼不能察觉。因而，需要延时操作，可以考虑如下实现：即用户程序包含一小段代码用于每行间的计数，间隔为从 2500 开始倒计时，计时结束时，再进行输出。

B. 键盘中断服务程序

键盘中断服务程序将会简单地在屏幕上写上十次，用户随机输入的字符并以 Enter (x0A) 结束。

中断服务程序中要求不使用 TRAP 指令。

注意，不要忘记保存和恢复在中端服务程序中使用的那些寄存器。

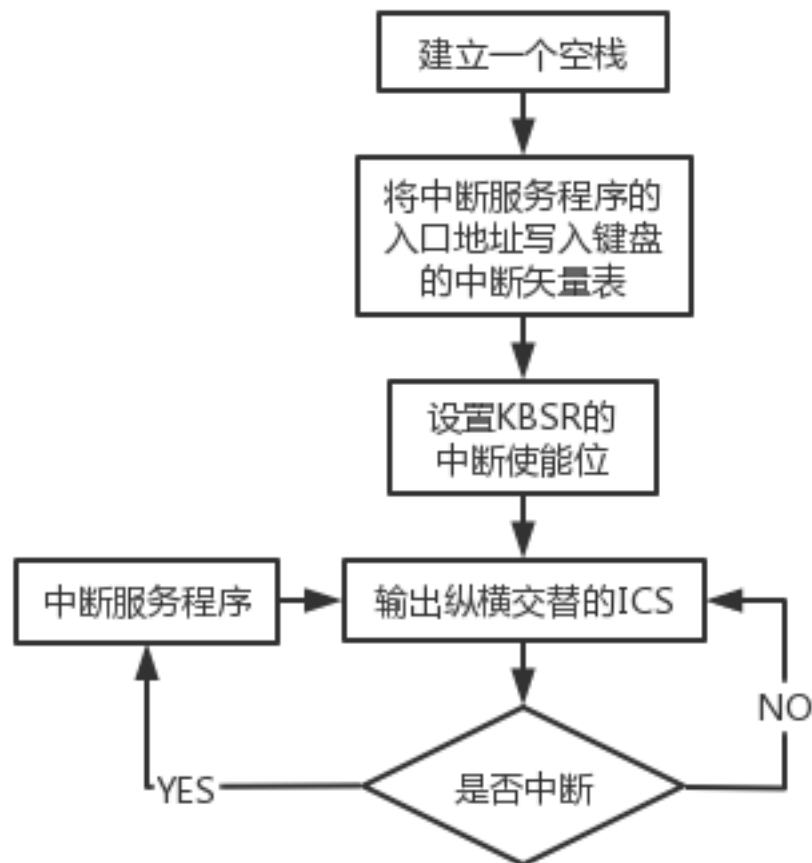
C. 操作系统支持的代码

1. 正常情况下，操作系统将会先安装一些栈空间，所以当中断发生的时候 PC 和 PSR 可以被放进栈中（当程序执行 RTI，PC 和 PSR 都会被弹出栈，处理器返回到执行被中断的程序）由于没有操作系统，请先把 R6 初始化为 x4000，表示一个空的栈。
2. 正常情况下，操作系统会建立中断向量表，它包含对应中断服务程序的起始地址，必须为键盘中断先建立一个中断向量表。中断向量表的开始地址是 x0100，键盘中断的中断向量是 x80。必须在中断向量表提供一个入口供本实验使用。
3. 操作系统应该设置 KBSR 的 IE(Interrupt Enable)位。

三、实验步骤与过程

（依照实验内容，逐条撰写实验过程与实验所得结果：包括程序总体设计，核心数据结构及算法流程，调试过程。请附上核心代码，及注意格式排版的美观。实验提交时，以上为评分依据，请不删除本行）

程序总体设计



核心数据结构

1、用户程序

R6 初始化为 x4000，表示一个空栈。

地址为 x1080 的内存空间存入值 x2000，即将中断服务程序的入口地址写入键盘的中断矢量表。

地址为 xfe00 的内存空间存入值 x4000，即设置 KBSR 的中断使能位。

R0 存储字符串连续存储空间的首地址。

2、中断服务程序

R6 是栈指针 x4000。

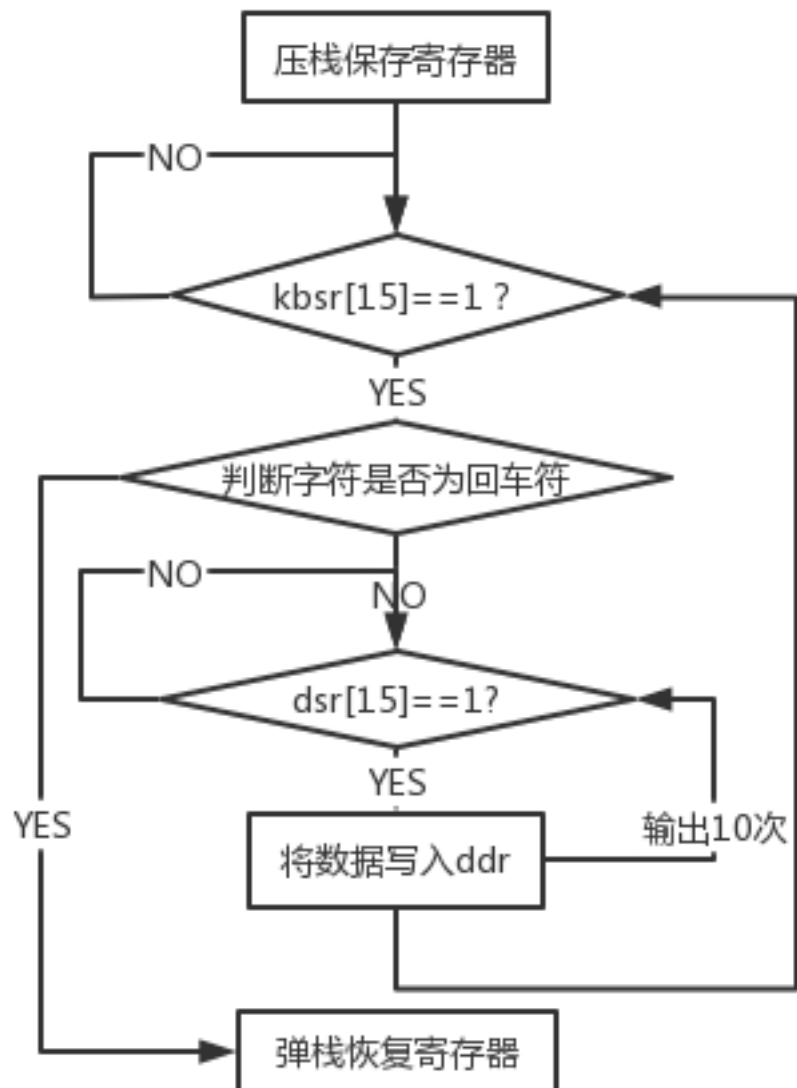
R0 存储 KBSR 的值，用于判断能否读取 KBDR 的内容。

然后 R0 继续存储 KBDR 的值，并于存储回车符的负 ASCLL 码的 R1 相加，其结果存放于 R1，判断是否为回车符。

然后 R1 存储输出的次数 10。
R2 存储 DSR 的值，判断能否能否向 DDR 写入数据。
然后 DDR 存储输入的字符。

算法流程

中断服务程序



调试过程

相继将两个程序装载进 LC-3 模拟器，然后点击运行，发现输出正常，如图 1 所示：

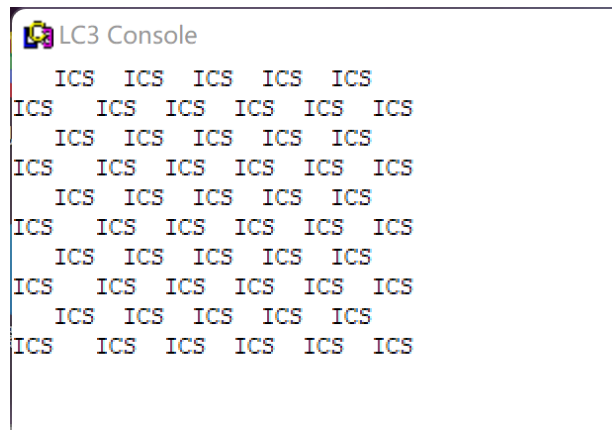


图 1

然后随机键入一个字符,成功将输入的字符输出 10 次,但是发现不能再输入其他字符,如图 2 所示:

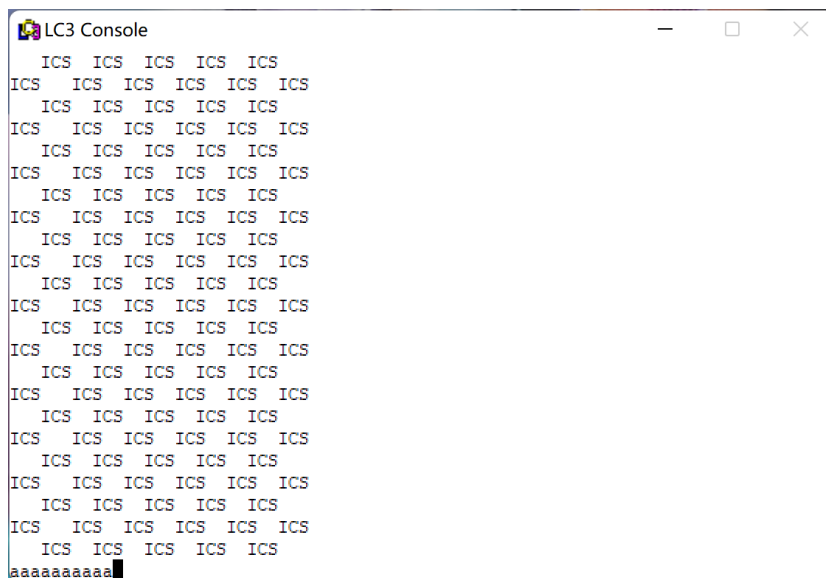


图 2

然后查看代码,发现只写了读取一遍输出一遍的代码,于是修改代码,再次运行发现电脑出现卡顿,任务管理器无法终止程序运行,长按电源键强制关机,重新查看代码,发现 LDI 指令写成 LD,如图 3 所示:

```

return  ld r0,kbsr
        brzp return
        ld r0,kbdr
        ld r1,lf
        add r1,r1,r0
        brz tail
        ld r1,count
show    ld r2,dsr
        brzp show
        sti r0,ddr
        add r1,r1,#-1
        brp show
        br return
  
```

图 3

示：

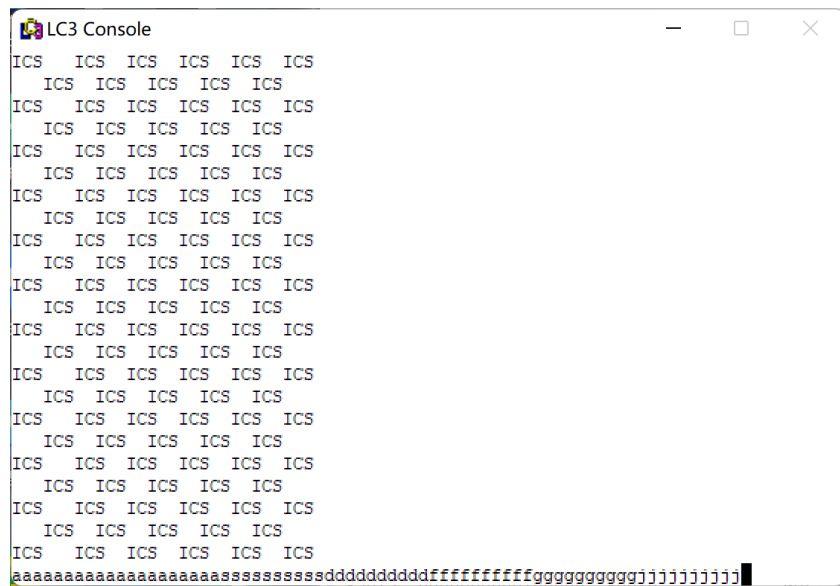


图 4

然后敲入回车,发现程序终止,如图5所示:

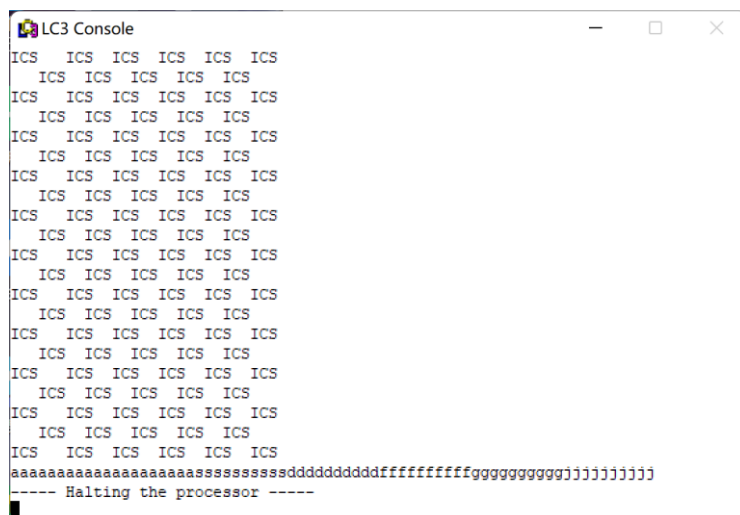


图 5

查看代码，发现之前 debug 写的 halt 指令忘记删除，如图 6 所示：

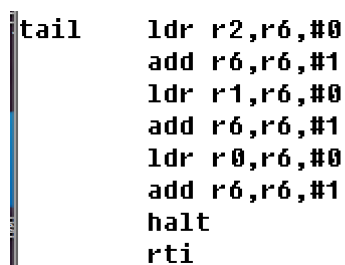


图 6

然后去掉 halt 指令，重新运行程序，运行结果符合预期结果，键入回车后，程序从中断程序正常跳回，如图 7 所示：

指导教师批阅意见:

成绩评定:

指导教师签字:

年 月 日

备注:

注：1、报告内的项目或内容设置，可根据实际情况加以调整和补充。

2、教师批改学生实验报告时间应在学生提交实验报告时间后 10 日内。

Code_user_program

.orig x3000

ld r6,stack

ld r0,inter
sti r0,vector

ld r0,enable
sti r0,kbsr

again lea r0,string1
puts
jsr DELAY
lea r0,string2
puts
jsr DELAY
br again

string1 .stringz "ICS ICS ICS ICS ICS ICS\n"
string2 .stringz " ICS ICS ICS ICS ICS \n"

DELAY ST R1, SaveR1
LD R1, COUNT
REP ADD R1,R1,#-1
BRp REP
LD R1, SaveR1
RET
COUNT .FILL x7fff
SaveR1 .BLKW 1

stack .fill x4000
kbsr .fill xfe00
vector .fill x0180
enable .fill x4000
inter .fill x2000
.end

Code_interrupt_service_program

```
.orig x2000

    add r6,r6,#-1
    str r0,r6,#0
    add r6,r6,#-1
    str r1,r6,#0
    add r6,r6,#-1
    str r2,r6,#0

return    ldi r0,kbsr
          brzp return
          ldi r0,kbdr
          ld r1,lf
          add r1,r1,r0
          brz tail
          ld r1,count
show      ldi r2,dsr
          brzp show
          sti r0,ddr
          add r1,r1,#-1
          brp show
          br return

tail      ldr r2,r6,#0
          add r6,r6,#1
          ldr r1,r6,#0
          add r6,r6,#1
          ldr r0,r6,#0
          add r6,r6,#1
          rti

kbsr     .fill xfe00
kbdr     .fill xfe02
dsr      .fill xfe04
ddr      .fill xfe06
count    .fill #10
lf       .fill x-0a
.end
```