BÁO CÁO THỰC HÀNH KIẾN TRÚC MÁY TÍNH

Lab 11 : Lập trình xử lý ngắt

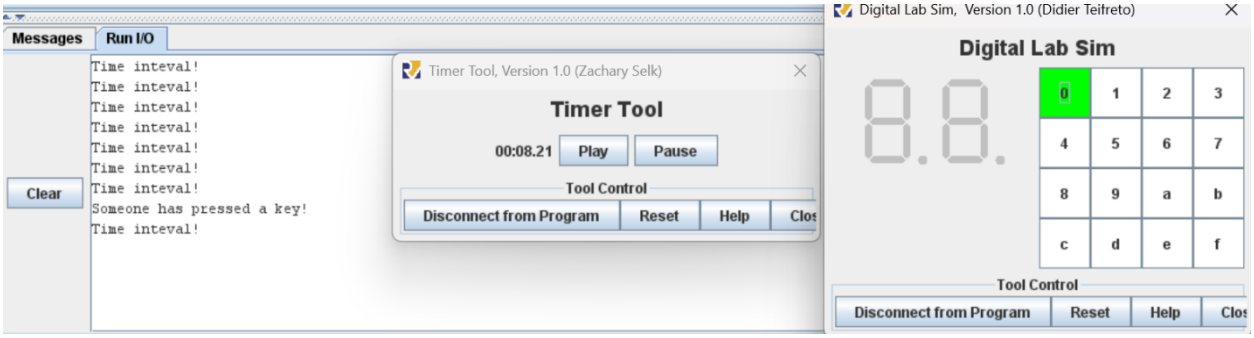
Họ tên	MSSV
Phạm Minh Hiển	20235705

Assignment 4:

Tạo project để thực hiện và thử nghiệm Home Assignment 4. Chạy ở chế độ từng dòng lệnh, quan sát giá trị của các thanh ghi để hiểu cách chương trình hoạt động.

- Kết quả:

+ Ngắt do thời gian (UTI).



+ Ngắt ngoài (UEI).

- Chạy từng dòng lệnh:
  + **la** t0, handler: t0 = 0x0040004c
  + **csrrs** zero, utvec, t0: utvec = 0x0040004c
  + t1 = 0x00000100 (8)
  + **csrrs** zero, uie, t1: uie = t1 = 8
  + **csrrsi** zero, uie, 0x10: uie = 0x00000110

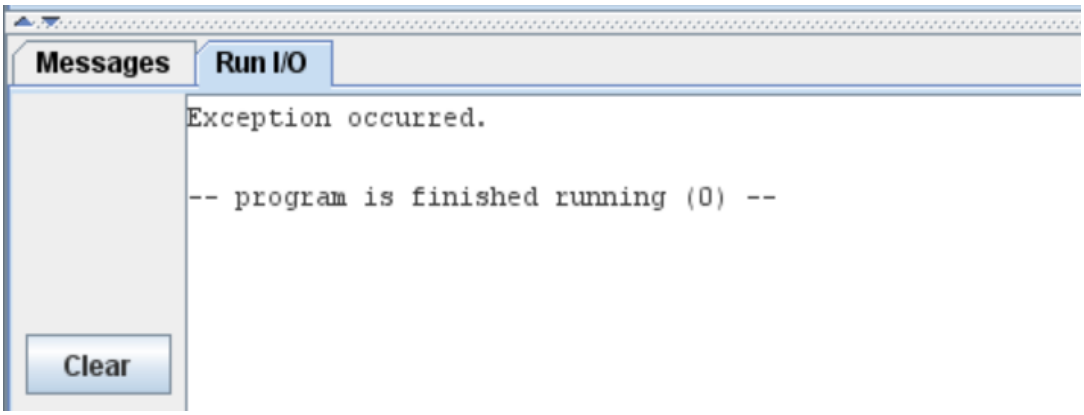
+ ustatus = 0x00000001
+ t1 = 0xffff0012
+ t2 = 0x80
+ **li** t1, 0xffff0020: t1 = 0xffff0020
+ **li** t2, 1000: t2 = 0x000003e8
+ *loop* : chờ ngắt xảy ra
+ Khi ngắt xảy ra chương trình nhảy đến *handler*
+ Dành 16 byte trên stack để lưu các thanh ghi a0, a1, a2, a7 (lưu trữ ngữ cảnh).
+ **csrr** a1, ucause / **li** a2, 0x7FFFFFFF / **and** a1, a1, a2 :Đọc ucause để xác định nguyên nhân ngắt. Mask bit cao nhất (để kiểm tra loại ngắt).
+ **li** a2, MASK_CAUSE_TIMER / **beq** a1, a2, timer_isr :Nếu ucause (a1) == 4 (ngắt timer), nhảy đến *timer_isr*, in thông báo "Time inteval!"
+ Đọc giá trị timer hiện tại (TIMER_NOW), cộng thêm 1000, và ghi vào TIMER_CMP để thiết lập ngắt tiếp theo.
+ **li** a2, MASK_CAUSE_KEYPAD / **beq** a1, a2, keypad_isr: Nếu ucause (a1) == 8 (ngắt bàn phím), nhảy đến *keypad_isr,* In thông báo "Someone has pressed a key!”.
+ Hôi phục các thanh ghi từ stack.
+ Trở về chương trình chính bằng uret.

Assignment 5:

Tạo project để thực hiện và thử nghiệm Home Assignment 5. Chạy ở chế độ từng dòng lệnh, quan sát giá trị của các thanh ghi để hiểu cách chương trình hoạt động.

```
1   .data
2           message: .asciz "Exception occurred.\n"
3   .text
4   main:
5   try:
6           la t0, catch
7           csrrw zero, utvec, t0
8           csrrsi zero, ustatus, 1
9
10          lw zero, 0
11  finally:
12          li a7, 10
13          ecall
14
15  catch:
16          li  a7, 4
17          la  a0, message
18          ecall
19
20          la  t0, finally
21          csrrw zero, uepc, t0
22          uret
```

- Kết quả:



- Chạy từng dòng lệnh:
  + **csrrw** zero, utvec, t0: utvec = 0x0040001c.
  + **csrrsi** zero, ustatus, 1: ustatus = 0x00000001.
  + **lw** zero, 0: ustatus = 0x00000010, chương trình nhảy đến địa chỉ trong utvec (catch).
  + In ra “Exception occurred.”
  + **la** và **csrrw** zero, uepc, t0: nạp địa chỉ *finally* vào uepc (ban đầu chứa địa chỉ lệnh gây lỗi **lw** zero, 0), uepc = 0x00400014.
  + **uret** : ustatus = 0x00000001 và nhảy đến *finally*.

Assigment 6:

Ngắt mềm có thể được kích hoạt bằng cách thiết lập bit USIP (bit 0) của thanh ghi uip (trước đó cần cho phép ngắt mềm bằng cách thiết lập bit USIE của thanh ghi uie). Viết chương trình kích hoạt ngắt mềm nếu xảy ra tràn số khi thực hiện việc cộng 2 số nguyên có dấu (xem lại Bài thực hành 4), chương trình con xử lý ngắt sẽ in ra thông báo lỗi tràn số và kết thúc chương trình.

Source Code:

```
.data
        newline: .asciz "\n"
        overflow_msg: .asciz "Overflow error occurred!\n"
        result_msg: .asciz "The result is: "
        num1_msg: .asciz "First number: "
        num2_msg: .asciz "Second number: "

.text
main:
        .data
        newline: .asciz "\n"
        overflow_msg: .asciz "Overflow error occurred!\n"
        result_msg: .asciz "The result is: "
        num1_msg: .asciz "First number: "
        num2_msg: .asciz "Second number: "

.text
main:
        li sp, 0x7FFFFFF0 # Con tro ngan xep
        la t0, handler
```

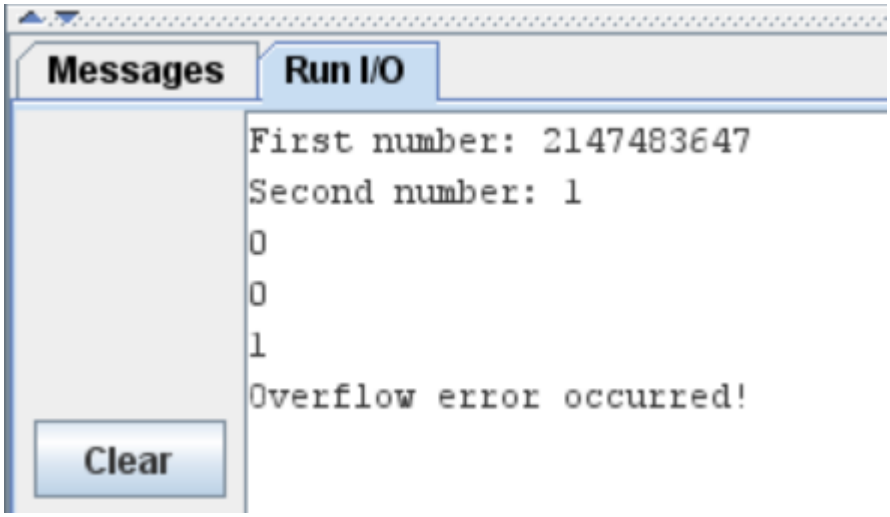
```
csrrw zero, utvec, t0
csrrsi zero, uie, 1 # Kich hoat ngat mem
csrrsi zero, ustatus, 1 # Kich hoat ngat

li t0, 0x7fffffff # So nguyen thu 1
li t1, 1 # So nguyen thu 2

# In so thu nhat
li a7, 4
la a0, num1_msg
ecall
li a7, 1
add a0, x0, t0
ecall
li a7, 4
la a0, newline
ecall

# In so thu hai
li a7, 4
la a0, num2_msg
ecall
li a7, 1
add a0, x0, t1
ecall
li a7, 4
la a0, newline
```

```
ecall

add t2, t0, t1 # t0 + t1

srli t3, t0, 31 # bit 31 cua t0
srli t4, t1, 31 # bit 31 cua t1
srli t5, t2, 31 # bit 31 cua t2

li a7, 1 # In bit 31
add a0, x0, t3
ecall
li a7, 4
la a0, newline
ecall
li a7, 1
add a0, x0, t4
ecall
li a7, 4
la a0, newline
ecall
li a7, 1
add a0, x0, t5
ecall
li a7, 4
la a0, newline
ecall
```

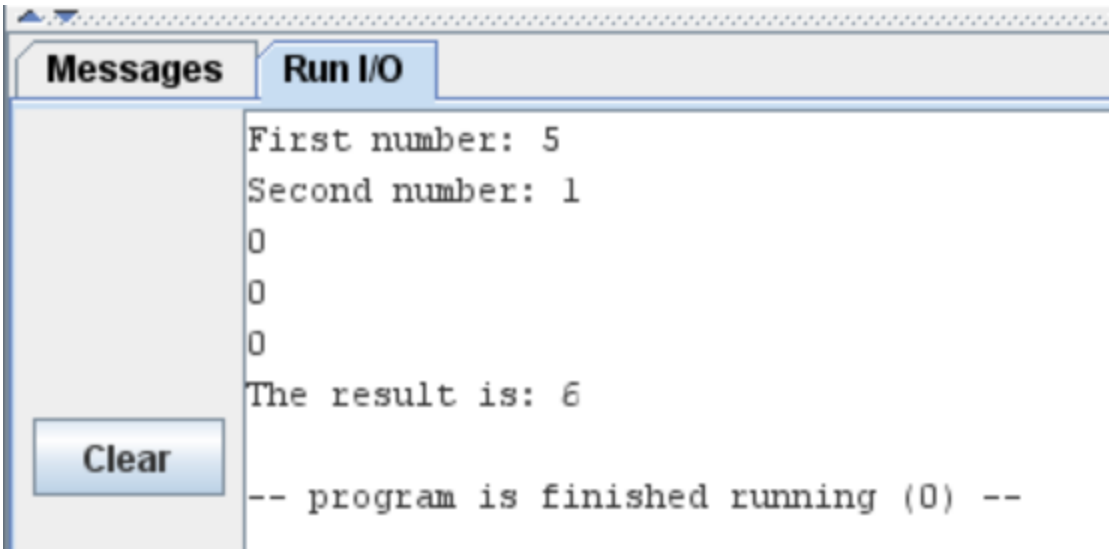
```
    bne t3, t4, no_overflow # Neu bit 31 cua t0 va t1 khac nhau thi khong tran so
    bne t3, t5, overflow # Neu bit 31 cua t0 va t2 khac nhau thi tran so

no_overflow:
    li a7, 4 # In ket qua neu khong tran so
    la a0, result_msg
    ecall
    li a7, 1
    add a0, x0, t2
    ecall
    li a7, 4
    la a0, newline
    ecall
    j exit_program

overflow:
    csrrsi zero, uip, 1 # Kich hoat ngat mem
    j exit_program

handler:
    addi sp, sp, -16 # Luu boi canh
    sw a0, 0(sp)
    sw a7, 4(sp)

    li a7, 4 # In thong bao loi
    la a0, overflow_msg
    ecall
```

```
        lw a7, 4(sp) # Khoi phuc va tro ve
        lw a0, 0(sp)
        addi sp, sp, 16
        uret

exit_program:
        li a7, 10
        ecall
```

- Kết quả chạy:



+ Với t0 = $2^{31} – 1$, t1 = 1: Xảy ra tràn số.



+ Với t0 = 5, t1 = 1: Không xảy ra tràn số.

- Cách chương trình hoạt động:
  + Ta chọn 2 số nguyên rồi gán vào t0, t1.
  + Chương trình sẽ in ra bit dấu (bit 31) của t0, t1 và t2 với t2 = t0 + t1 để kiểm tra.
  + Nếu t0 và t1 khác dấu thì không tràn số, chương trình sẽ in ra kết quả phép cộng và kết thúc chương trình.
  + Nếu t0 và t2 khác dấu thì tràn số, chương trình sẽ in ra thông báo tràn số và kết thúc chương trình.

Additional Assigment:

- Sử dụng ngắt từ bộ định thời, đếm và hiển thị các giá trị từ 00 - 99 trên 2 đèn LED 7 đoạn với chu kỳ mặc định là 1 giây.

- Kết hợp với ngắt từ keypad để:

  - Nhấn nút 0 thì đếm tăng dần (tăng đến 99 thì quay về 00)

  - Nhấn nút 1 thì đếm giảm dần (giảm đến 00 thì quay về 99)

  - Nhấn nút 2 thì giảm tốc độ đếm (tăng chu kỳ)

  - Nhấn nút 3 thì tăng tốc độ đếm (giảm chu kỳ)

Source Code:

```
.eqv IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD 0xFFFF0012

.eqv OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD 0xFFFF0014

.eqv SEVENSEG_LEFT 0xFFFF0011

.eqv SEVENSEG_RIGHT 0xFFFF0010

.eqv TIMER_NOW 0xFFFF0018

.eqv TIMER_CMP 0xFFFF0020

.eqv MASK_CAUSE_TIMER 4

.eqv MASK_CAUSE_KEYPAD 8

.eqv SPEED 1000


.data

        LED: .word 0x3F, 0x06, 0x5B, 0x4F, 0x66, 0x6D, 0x7D, 0x07, 0x7F, 0x6F, 0x77, 0x7C, 0x39, 0x5E, 0x79, 0x71

        Mode: .byte 0x11, 0x21, 0x41, 0x81


.text

main:
```

```
        la t0, handler
        csrrs zero, utvec, t0

        li t1, 0x100
        csrrs zero, uie, t1 # uie - ueie bit (bit ? - external interrupt
        csrrsi zero, uie, 0x10 # uie - utie bit (bit 4) - timer interrupt
        csrrsi zero, ustatus, 1 # ustatus - enable uie - global interrupt

        li s11, 100 # Gioi han tren bo dem
        li s10, 10 # Hang so
        li s9, 4 # 4 bytes
        la s8, LED
        li s3, 2 # He so tang giam SPEED
        li s2, 9000 # Gioi han SPEED

        # Enable the interrupt of keypad of Digital Lab Sim
        li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
        li t2, 0x81 # bit 7 of = 1 to enable interrupt
        sb t2, 0(t1)
        # Enable the timer interrupt
        li t6, SPEED
        li t1, TIMER_CMP
        li t2, SPEED
        sw t2, 0(t1)
loop:
        nop
        nop
```

```
        nop
        j loop
end_main:
handler:
        # Saves the context
        addi sp, sp, -16
        sw a0, 0(sp)
        sw a1, 4(sp)
        sw a2, 8(sp)
        sw a7, 12(sp)

        # Handles the interrupt
        csrr a1, ucause
        li a2, 0x7FFFFFFF
        and a1, a1, a2 # Clear interrupt bit to get the value
        li a2, MASK_CAUSE_TIMER
        beq a1, a2, timer_isr
        li a2, MASK_CAUSE_KEYPAD
        beq a1, a2, keypad_isr
        j end_process

timer_isr:
        j count
timer_update:
        # Set cmp to time + 1000
        li a0, TIMER_NOW
        lw a1, 0(a0)
```

```
        add a1, a1, t6 # Them SPEED de tinh thoi gisn ngat ke tiep
        li a0, TIMER_CMP
        sw a1, 0(a0) # Ghi thoi gian moi de dinh thoi ngat ke tiep

        j end_process
keypad_isr:
        li a4, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
        li a3, 0x81 # bit 7 of = 1 to enable interrupt
        sb a3, 0(a4)
        li a5, OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
        lb s6, 0(a5) # Doc phim nhan
        la a4, Mode
        lb s5, 0(a4) # So sanh voi mode[0] (0x11)
        bne s6, s5, check # Neu khong phai 0x11
        addi s4, zero, 0 # Dem tang
        j end_process

check:
        lb s5, 1(a4) # mode[1] = 0x21
        bne s6, s5, second_check # Phim khac 1 thi kiem tra second_check
        addi s4, zero, 1 # Dem giam
        j end_process

second_check:
        lb s5, 2(a4) # mode[2] = 0x41
        bne s6, s5, down_speed # Neu la 0x41 thi giam toc do
        j up_speed # Neu la 0x81 thi tang toc do
```

```
end_process:
        # Restores the context
        lw a7, 12(sp)
        lw a2, 8(sp)
        lw a1, 4(sp)
        lw a0, 0(sp)
        addi sp, sp, 16
        uret


count:
        beq s4, zero, up
down:
        addi t5, t5, -1
        bne t5, zero, show
        addi t5, zero, 100
        j show
up:
        addi t5, t5, 1
        bne t5, s11, show
        addi t5, zero, -1
show:
        rem t4, t5, s10 # Hang don vi
        mul t4, t4, s9
        add t3, s8, t4
        lw t4, 0(t3)
```

```
        jal SHOW_7SEG_RIGHT
        div t4, t5, s10 # Hang chuc
        rem t4, t4, s10
        mul t4, t4, s9
        add t3, s8, t4
        lw t4, 0(t3)
        jal SHOW_7SEG_LEFT
        j timer_update

SHOW_7SEG_LEFT:
        li s7, SEVENSEG_LEFT # assign port's address
        sb t4, 0(s7) # assign new value
        jr ra

SHOW_7SEG_RIGHT:
        li s7, SEVENSEG_RIGHT # assign port's address
        sb t4, 0(s7) # assign new value
        jr ra

up_speed:
        bgt t6, s2, end_process
        mul t6, t6, s3
        j end_process
down_speed:
        blt t6, s11, end_process
        div t6, t6, s3
        j end_process
```

- Kết quả:
  + Chương trình khi kết nối với Digital Lab Sim và Timer Tool thì hoạt động như kỳ vọng.
  + Bộ đếm ban đầu ở trạng thái đếm tăng từ 00 đến 99 rồi về 00, chu kỳ 1s.
  + Nếu nhấn phím 1 thì sẽ đếm ngược lại tại thời điểm hiện tại.
  + Nhấn phím 2 thì sẽ giảm tốc độ đếm tối đa 100ms và phím 3 thì tăng tốc độ đếm tối đa 9s.

KẾT LUẬN:

- Kỹ thuật thăm dò (Polling) là phương pháp mà CPU liên tục kiểm tra (thăm dò) trạng thái của thiết bị ngoại vi (ví dụ: bàn phím, chuột...) để xem thiết bị đó có cần phục vụ không.
- Ngắt (Interrupt) là tín hiệu từ thiết bị ngoại vi hoặc phần mềm gửi đến CPU để yêu cầu xử lý một sự kiện ngay lập tức, làm tạm dừng chương trình đang chạy và chuyển sang xử lý sự kiện đó.
- Chương trình con xử lý ngắt là đoạn mã được thực thi khi có một ngắt xảy ra. Nó thực hiện các hành động cần thiết để xử lý sự kiện do ngắt gây ra.
- Ưu điểm của kỹ thuật thăm dò:
  + Dễ triển khai và đơn giản trong thiết kế.
  + Không yêu cầu phần cứng phức tạp để quản lý ngắt.
- Ưu điểm của kỹ thuật xử lý ngắt:
  + **Hiệu quả cao:** CPU không phải lãng phí thời gian kiểm tra thiết bị liên tục.
  + **Phản hồi nhanh:** Xử lý sự kiện gần như ngay lập tức khi nó xảy ra.
  + **Tối ưu tài nguyên:** CPU có thể làm việc khác cho đến khi có sự kiện xảy ra.
- Điểm khác nhau giữa Ngắt, Ngoại lệ và Traps:

	Nguồn gốc	Mục đích chính
Ngắt	Từ bên ngoài CPU (thiết bị ngoại vi)	Phản hồi sự kiện từ thiết bị ngoại vi
Ngoại lệ	Từ bên trong CPU (lỗi chương trình)	Xử lý lỗi hoặc điều kiện đặc biệt khi thực thi
Trap	Từ chương trình (do phần mềm tạo ra)	Gọi dịch vụ hệ điều hành một cách có kiểm soát