BÁO CÁO THỰC HÀNH KIẾN TRÚC MÁY TÍNH

Lab 11 : Lập trình xử lý ngắt

Họ tên	MSSV
Phạm Minh Hiển	20235705

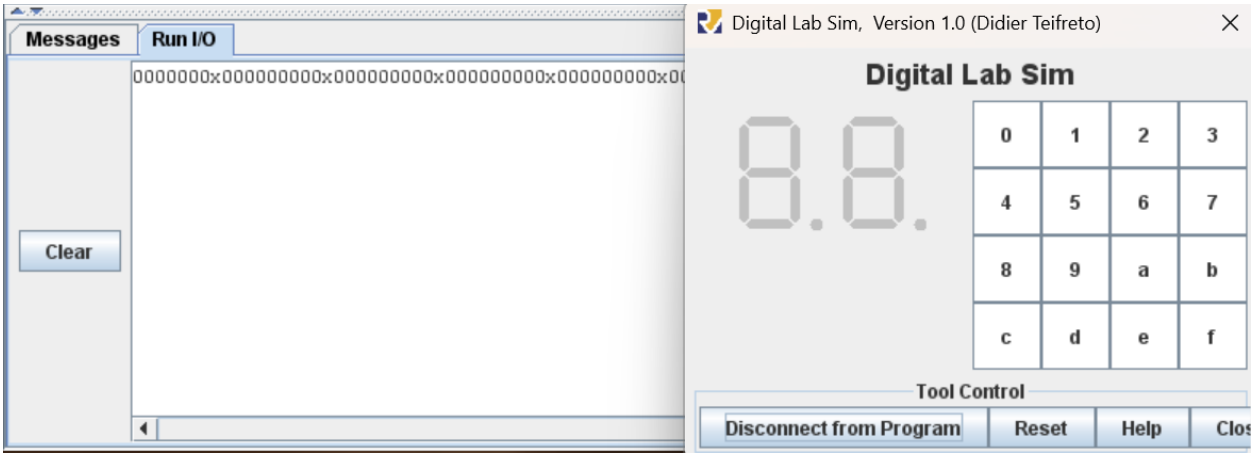
Assignment 1:

Tạo project thực hiện Home Assignment 1. Cập nhật mã nguồn để chương trình có thể in ra mã của tất cả 16 nút bấm trên keypad.

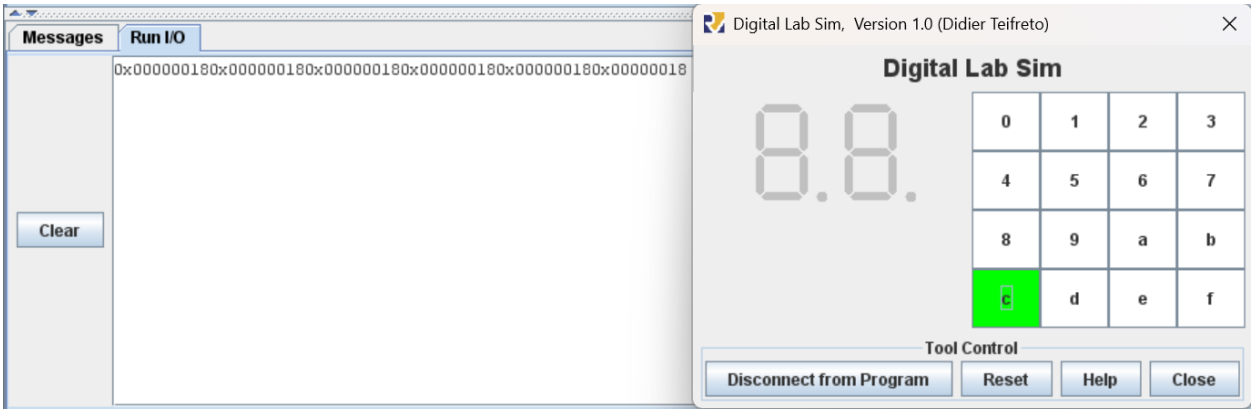
- Home Assignment 1:

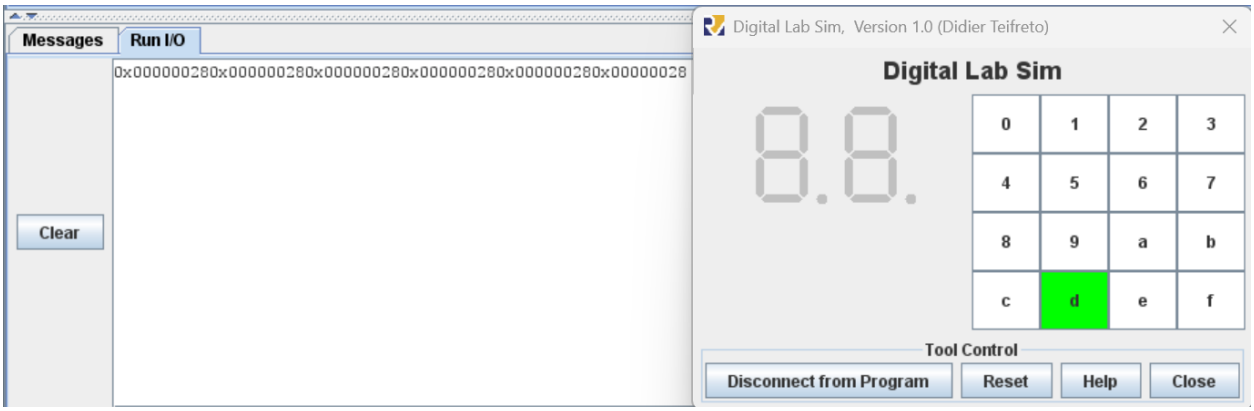
```
1   .eqv IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD       0xFFFF0012
2   .eqv OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD      0xFFFF0014
3
4   .text
5   main:
6           li   t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
7           li   t2, OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
8           li   t3, 0x08
9
10  polling:
11          sb t3, 0(t1)
12          lb a0, 0(t2)
13  print:
14          li a7, 34
15          ecall
16  sleep:
17          li a0, 100
18          li a7, 32
19          ecall
20  back_to_polling:
21          j polling
```

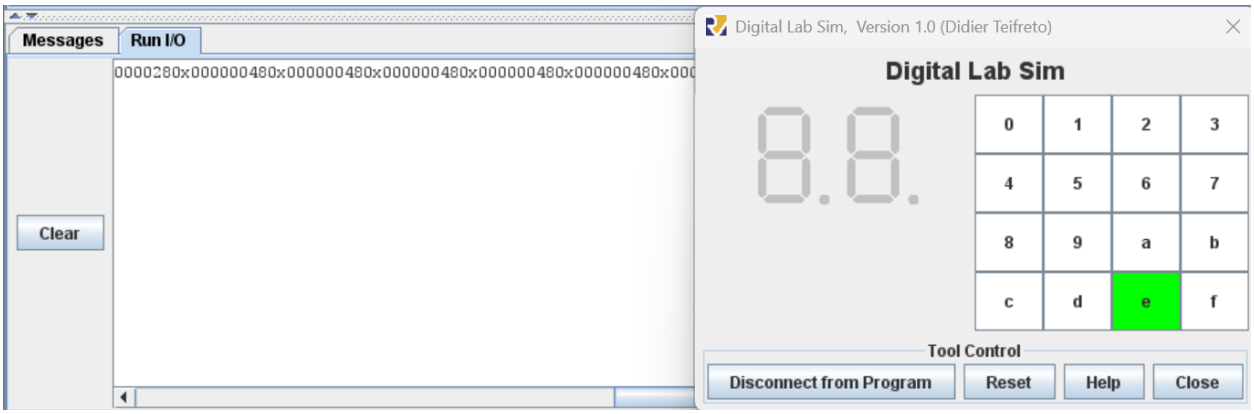
- Kết quả :

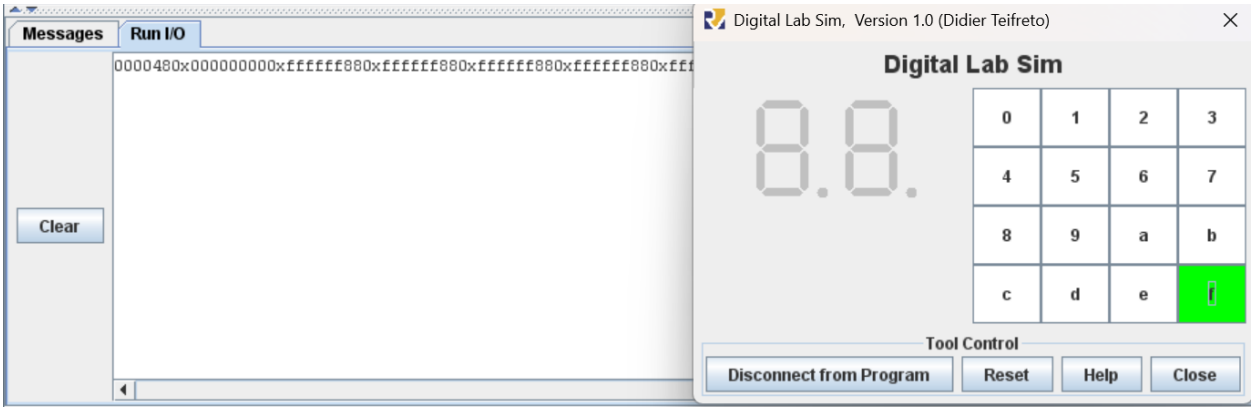


+ Khi chưa nhấn (nút trắng) thì chương trình liên tục in 0x00000000 ra **Run I/O**.









+ Sau khi nhấn 1 trong 4 nút c, d, e, f (nút xanh), thì sẽ in liên tiếp ra màn hình **Run I/O** mã hexa tương ứng với vị trí của nút được nhấn lần lượt là 0x00000018, 0x00000028, 0x00000048, 0xffffff88.

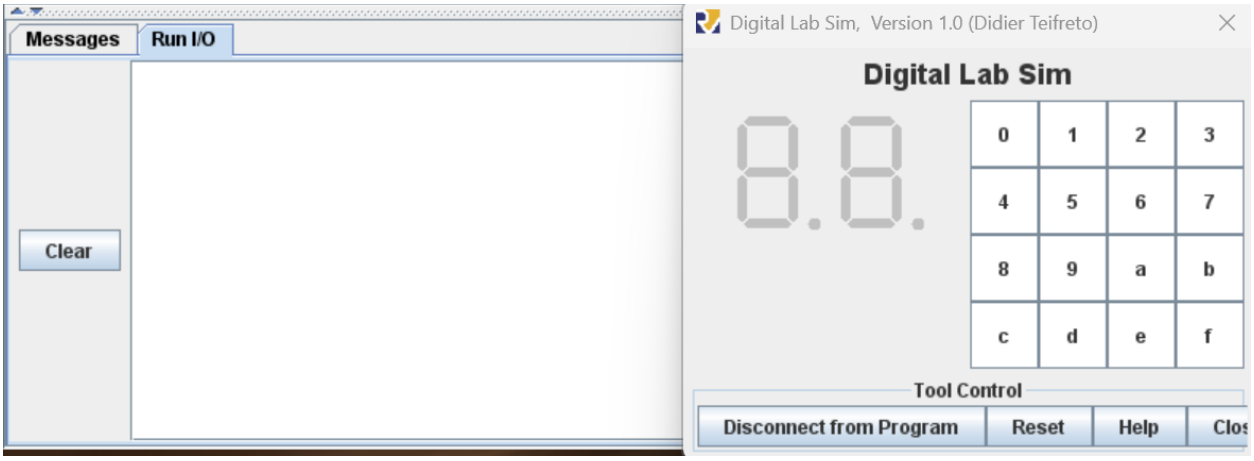
❖ Cập nhật mã nguồn để hiển thị với tất cả 16 nút:

Source Code:

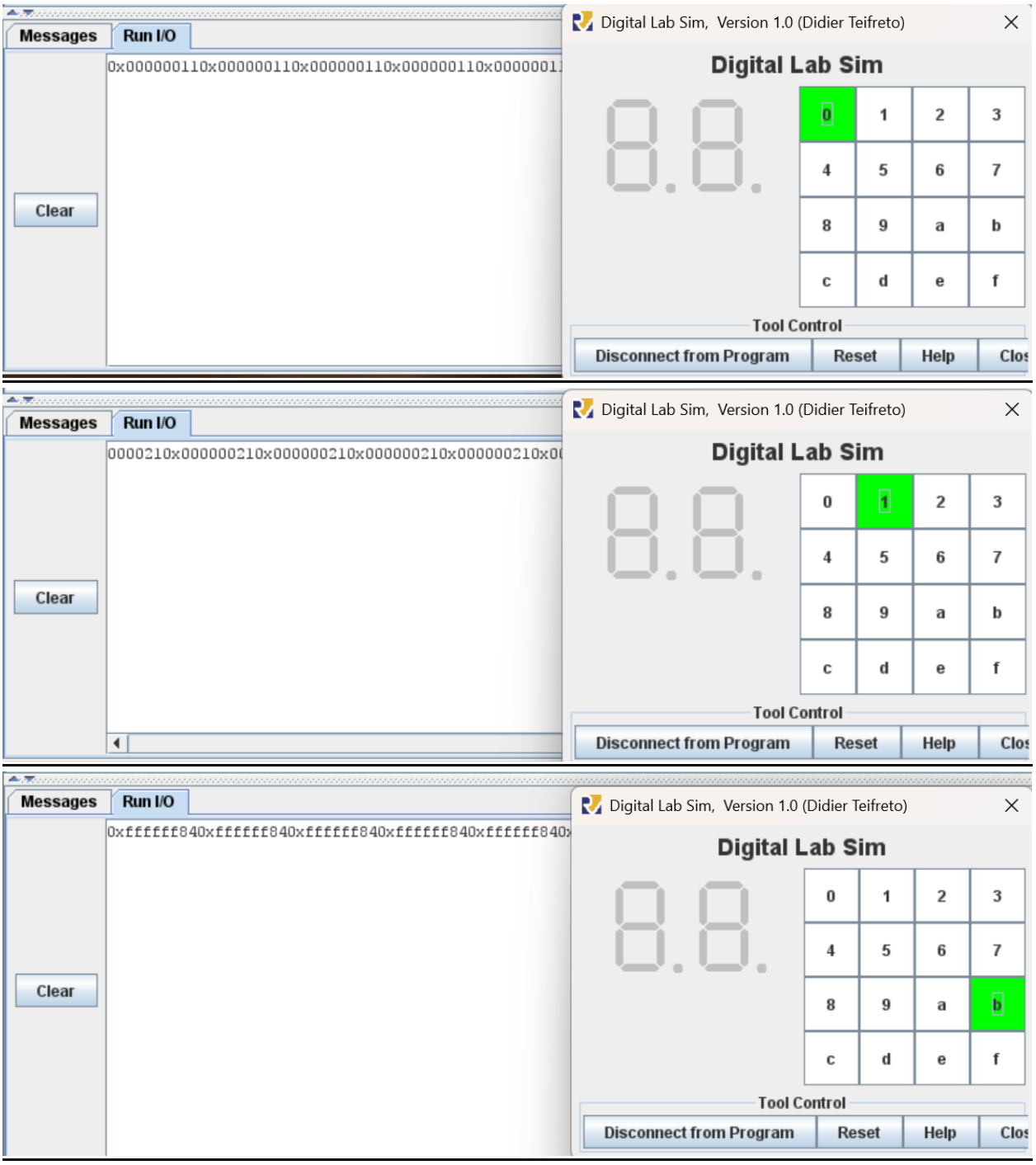
```
.eqv IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD       0xFFFF0012
.eqv OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD      0xFFFF0014

.text
main:
        li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
```

```
        li t2, OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
polling:
        li t3, 0x01 # row 0

scan_rows:
        sb t3, 0(t1) # Ghi dong hien tai vao input

        lb a0, 0(t2) # Doc gia tri hien tai vao dia chi input
        beq a0, zero, skip_print # Neu khong co phim nhan, bo qua in

        li a7, 34 # in
        ecall

        li a0, 100 # sleep
        li a7, 32
        ecall

skip_print:
        slli t3, t3, 1 # Dich sang dong tiep theo
        li t4, 0x10
        blt t3, t4, scan_rows # t3 < 0x10, con dong can quet

        j polling # quet het 4 dong thi quay lai polling
```

- Kết quả:



+ Khi chưa nhấn nút nào (nút trắng) thì chưa in gì ra **Run I/O.**



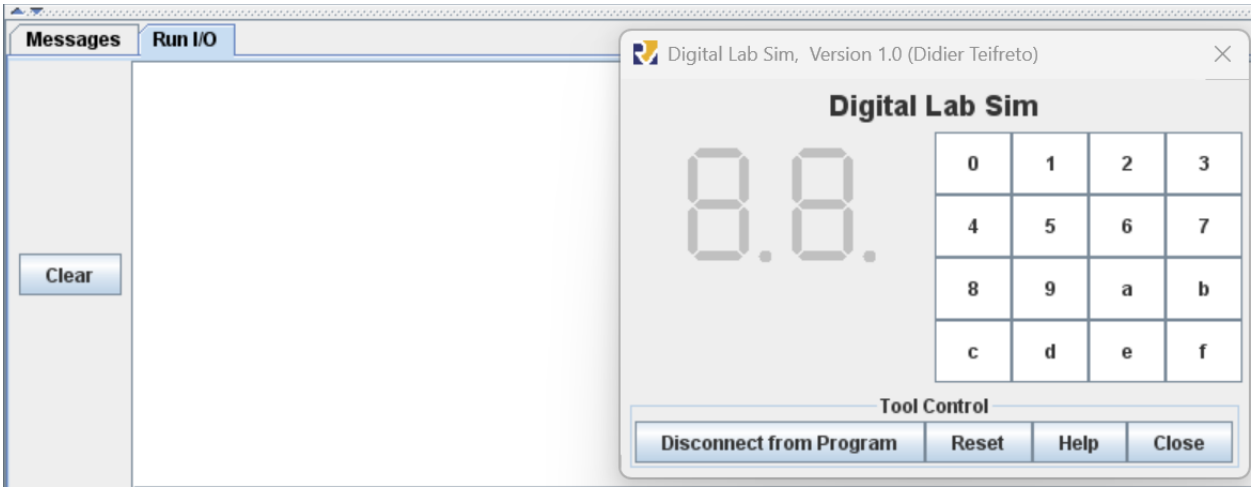
+ Khi nhấn các nút trên keypad(nút xanh) thì chương trình sẽ in ra màn hình **Run I/O** mã hexa tương ứng. Ví dụ: 0 thì in ra 0x00000011, 1 thì in ra 0x00000021, 2 thì in ra 0x00000041, ….. Trong đó 2 chữ số cuối trong mã hexa thể hiện vị trí lần lượt là cột và hàng từ trái sang phải với 1, 2, 4, 8 tương ứng cột/hàng 0, 1, 2, 3.
+ Khi nhấn 1 trong 4 nút ở cột cuối thì do chữ số bên trái là số 8 có mã nhị phân là 1000 nên sẽ in ra 0xffffff8x.
➔ Chương trình có vẻ hoạt động chính xác.

Assignment 2:

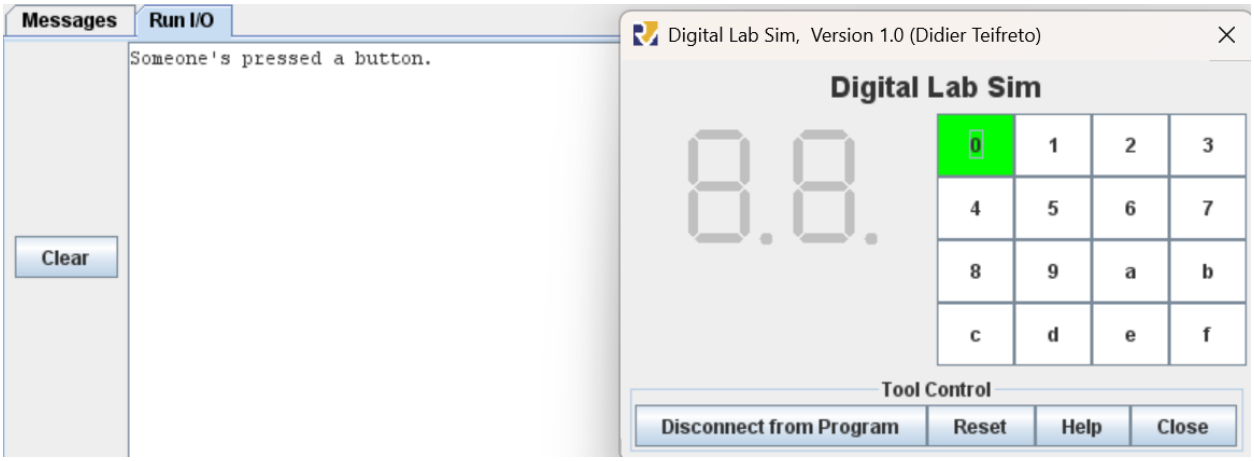
Tạo project để thực hiện và thử nghiệm Home Assignment 2. Chạy ở chế độ từng dòng lệnh, quan sát giá trị của các thanh ghi để hiểu cách chương trình hoạt động.

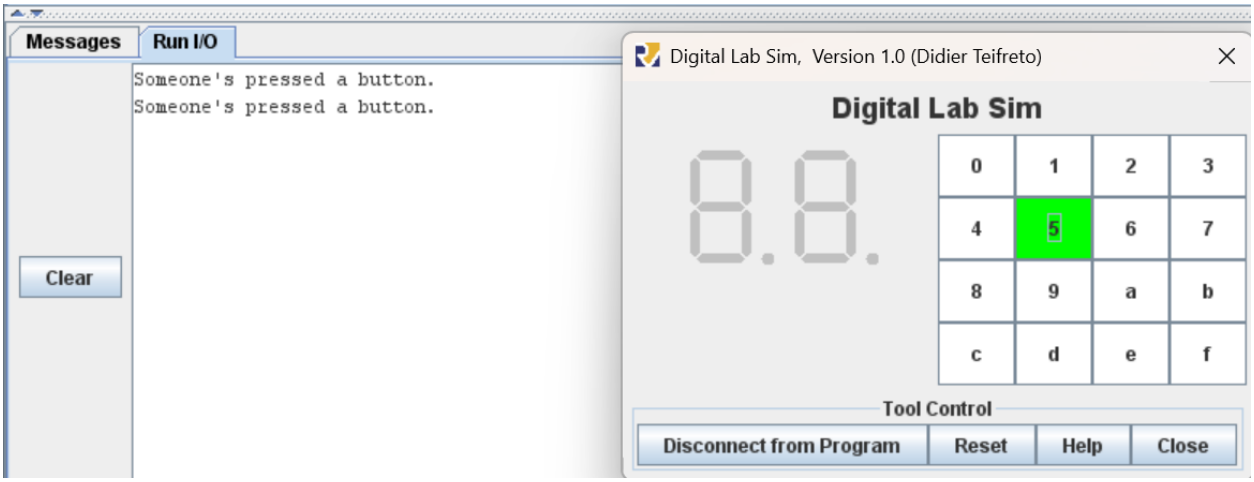
```
.eqv IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD 0xFFFF0012
.data
        message: .asciz "Someone's pressed a button.\n"

.text
main:
        la t0, handler
        csrrs zero, utvec, t0
        li t1, 0x100
        csrrs zero, uie, t1
        csrrsi zero, ustatus, 1

        li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
        li t3, 0x80
        sb t3, 0(t1)

loop:
        nop
        nop
        nop
        j loop
end_main:

handler:
        addi sp, sp, -8
        sw a0, 0(sp)
        sw a7, 4(sp)

        li a7, 4
        la a0, message
        ecall

        lw a7, 4(sp)
        lw a0, 0(sp)
        addi sp, sp, 8

        uret
```

- Kết quả:



+ Ban đầu chưa nhấn nút (nút trắng), chương trình chưa in ra màn hình **Run I/O.**





+ Sau khi nhấn 1 nút bất kỳ (nút xanh) thì chương trình sẽ in ra màn hình chuỗi “Someone’s pressed a button.”

- Chạy ở chế độ từng dòng lệnh:

  + *main*: khởi tạo ngắt

    - **la**: t0 chứa địa chỉ hàm xử lý ngắt *handler* 0x00400038.
    - **csrrs:** gán **utvec** = **t0** để CPU biết khi có ngắt sẽ nhảy đến handler.
    - **li** + **csrrs** uie : gán **uie** = **t1** = 0x100 (bit số 8 = 1) để bật phép nhận external interrupts.
    - **csrrs** ustatus : bật bit 0 của **ustatus** cho phép CPU nhận interrupts tổng quát.
    - t1 = 0xFFFF0012 (địa chỉ đầu vào keypad), t3 = 0x80 là bit thứ 7 = 1 cấu hình keypad cho phép gửi interrupt khi có phím nhấn.

  + *loop*: vòng lặp vô hạn chờ interrupt từ keypad.

  + Khi có phím được nhấn, keypad gửi External Interrupt, CPU tự động nhảy tới *handler*.

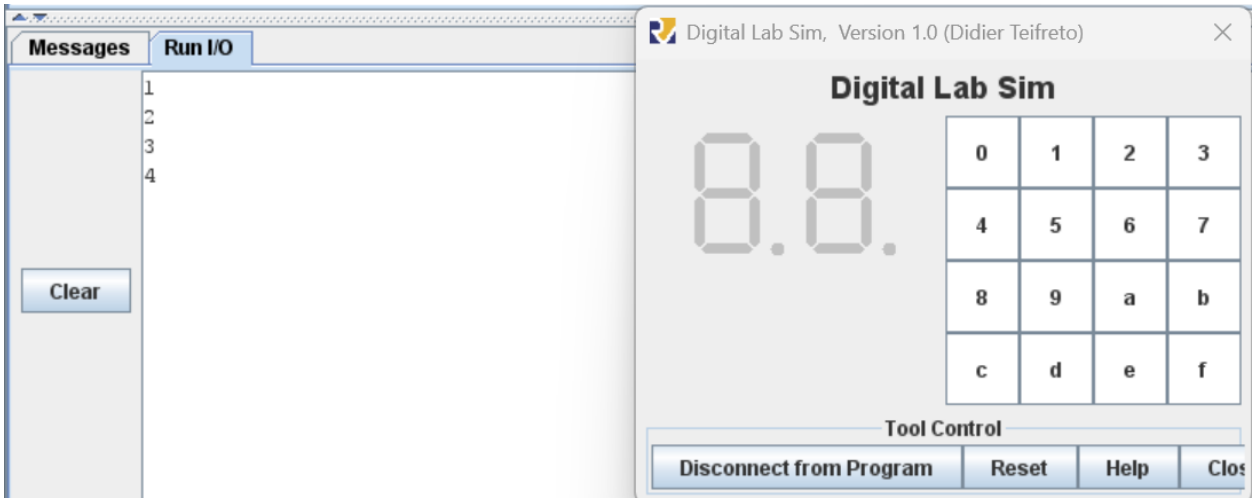
  + *handler*: xử lý ngắt

    - **addi, sw :** Cấp phát stack và lưu a0, a7 vào.
    - In chuỗi “Someone’s pressed a button.”
    - **lw, addi :** Khôi phục a0, a7 từ stack.
    - **uret :** quay lại chương trình trở lại *loop.*

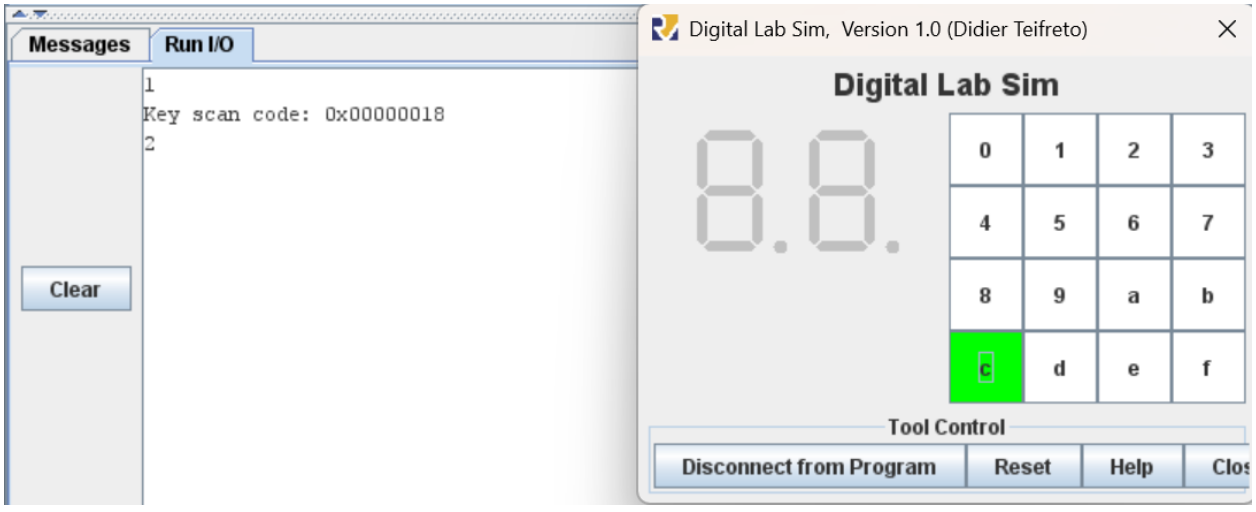
Assignment 3:

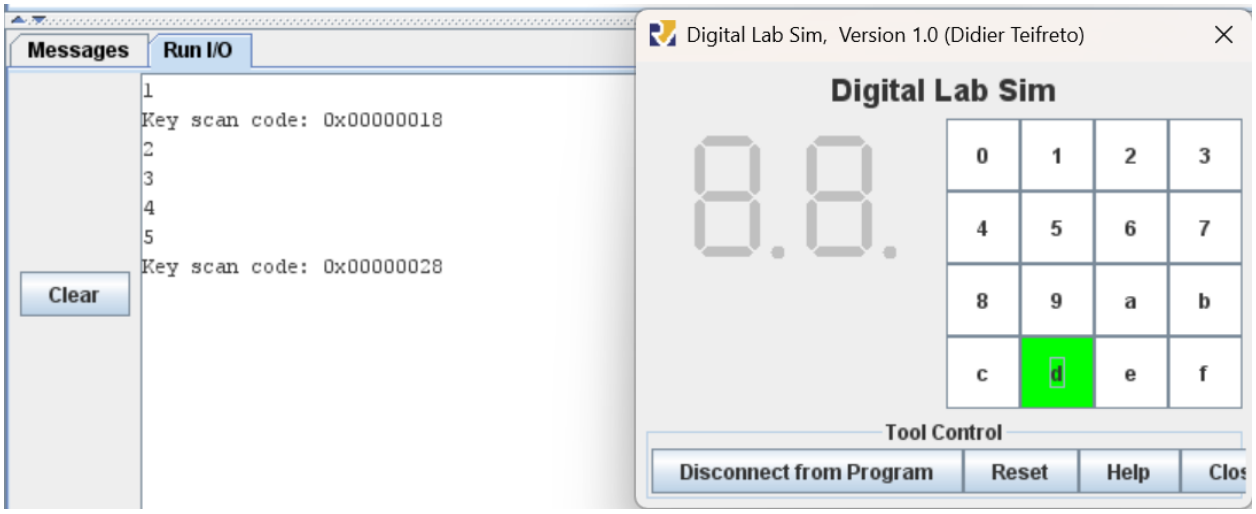
Tạo project để thực hiện và thử nghiệm Home Assignment 3. Chạy ở chế độ từng dòng lệnh, quan sát giá trị của các thanh ghi để hiểu cách chương trình hoạt động. Cập nhật mã nguồn để chương trình có thể in ra mã của tất cả 16 nút bấm trên keypad.

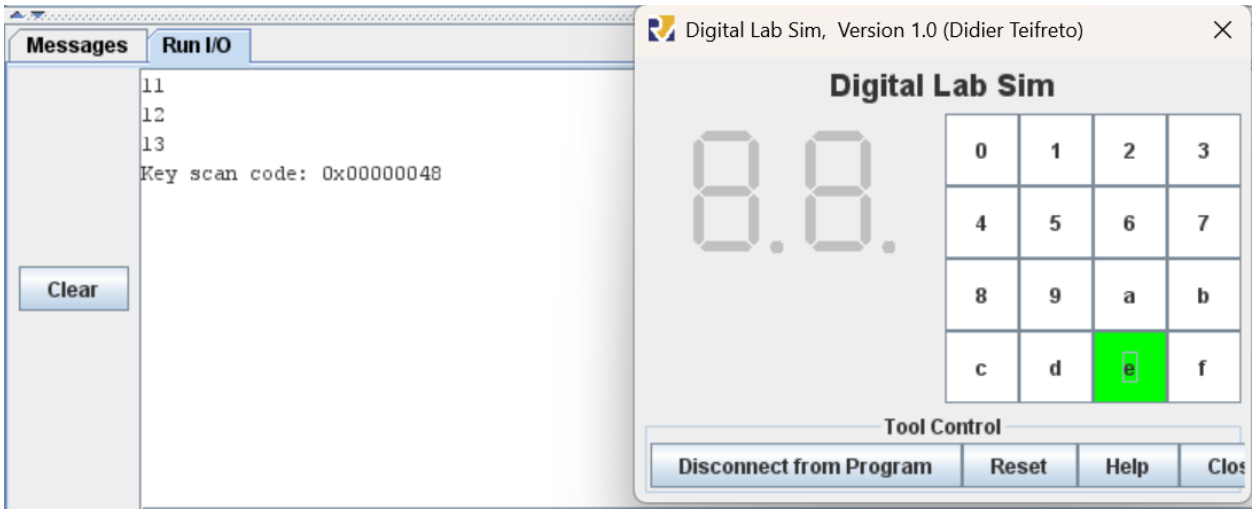
- Home Assignment 3:

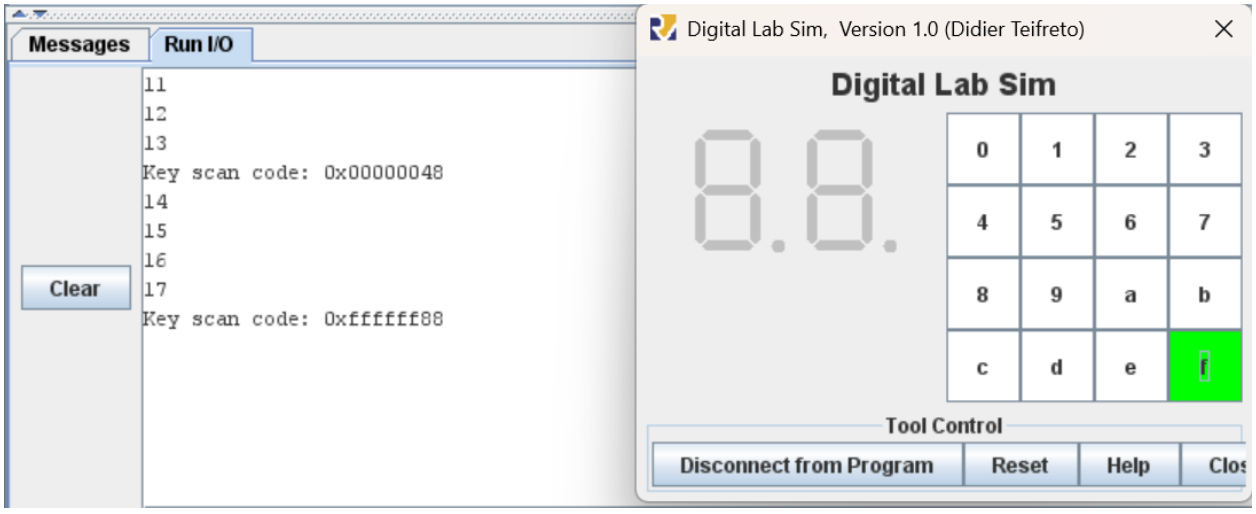


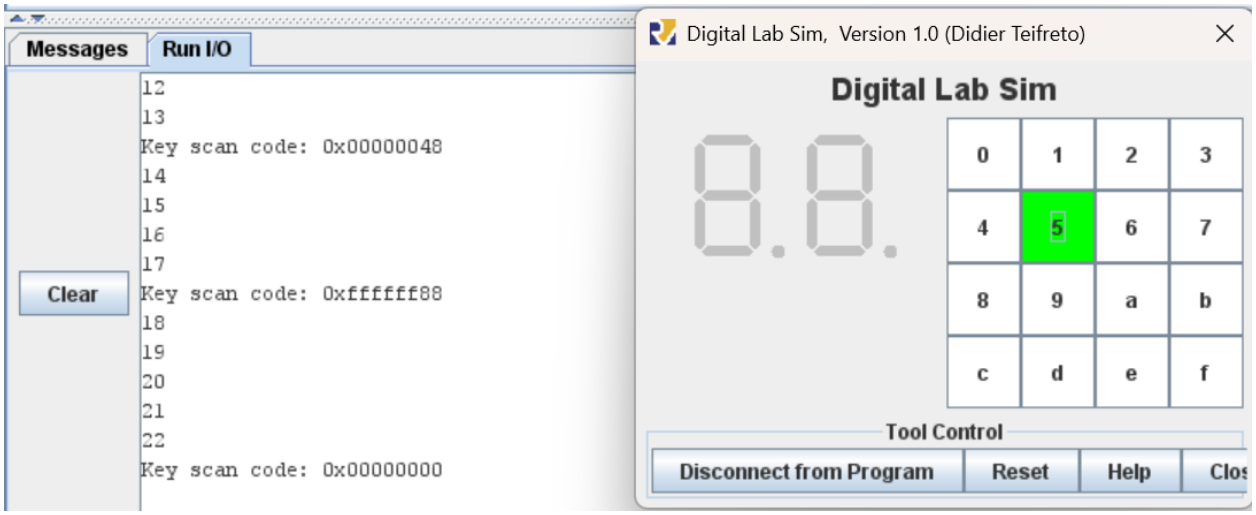
+ Ban đầu khi chưa nhấn nút (nút trắng) thì chương trình in ra chuỗi số nguyên liên tiếp từ 1 trên **Run I/O**.




Messages
Run I/O
1
Key scan code: 0x00000018
2
3
4
5
Key scan code: 0x00000028
Clear
Digital Lab Sim, Version 1.0 (Didier Teifreto)
Digital Lab Sim
0 1 2 3
4 5 6 7
8 9 a b
c d e f
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help


Messages
Run I/O
11
12
13
Key scan code: 0x00000048
Clear
Digital Lab Sim, Version 1.0 (Didier Teifreto)
Digital Lab Sim
0 1 2 3
4 5 6 7
8 9 a b
c d e f
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help


Messages
Run I/O
11
12
13
Key scan code: 0x00000048
14
15
16
17
Key scan code: 0xffffff88
Clear
Digital Lab Sim, Version 1.0 (Didier Teifreto)
Digital Lab Sim
0 1 2 3
4 5 6 7
8 9 a b
c d e f
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help



+ Sau khi chương trình khởi động nếu ta nhấn nút (nút xanh) thì chương trình sẽ in ra chuỗi “Key scan code: “ cùng với mã hexa tương ứng vị trí nút được ấn nếu là 1 trong 4 nút c, d, e, f và mã 0x00000000 nếu là các nút còn lại.

+ Sau khi in chuỗi, nếu không có động tác khác thì chương trình tiếp túc in ra chuỗi số nguyên liên tiếp.

- Chạy từng dòng lệnh:
  + Nạp địa chỉ handler 0x00400058 vào CSR utvec — tức là đặt **hàm xử lý ngắt**.
  + Bật ngắt thiết bị (bit thứ 8 của uie CSR = 1 thông qua t1 = 0x100) — cho phép ngắt từ bên ngoài.
  + Set bit UIE (User Interrupt Enable) trong ustatus, cho phép nhận ngắt khi đang ở user mode, lúc này ustatus = 0x00000001.
  + Ghi 0x80 vào IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD: Yêu cầu bàn phím bật chế độ gửi interrupt khi bấm phím.
  + Reset thanh ghi s0 về 0 — dùng đếm số lần lặp.
  + *loop:* Tăng biến đếm s0 và in, xuống dòng, nghỉ 300ms rồi lặp lại.
  + *handler:*
    - Cấp phát stack và backup 4 thanh ghi a0, a7, t1, t2.
    - In ra “Key scan code: “
    - Gửi 0x88 vào IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD: Yêu cầu đọc mã phím đang bấm.
    - Đọc mã phím vào a0.
    - In mã phím
    - Khôi phục các thanh ghi trong stack.

- uret quay lại chương trình chính.

❖ Cập nhật mã nguồn để hiển thị với tất cả 16 nút:

Source Code:

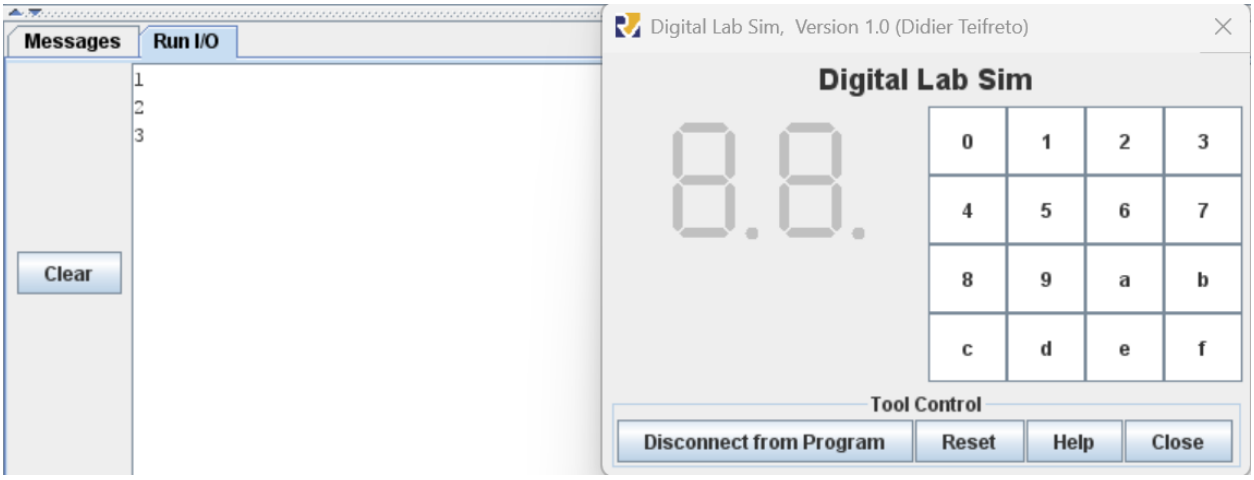
```
.eqv IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD 0xFFFF0012
.eqv OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD 0xFFFF0014

.data
   message: .asciz "Key scan code: "

.text
main:
    la t0, handler
    csrrs zero, utvec, t0

    li t1, 0x100
    csrrs zero, uie, t1

    csrrsi zero, ustatus, 1

    li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
    li t3, 0x80
    sb t3, 0(t1)

    xor s0, s0, s0

loop:
    addi s0, s0, 1
```

```
prn_seg:
    add a0, zero, s0
    li a7, 1
    ecall

    li a0, '\n'
    li a7, 11
    ecall
sleep:
    li a0, 300
    li a7, 32
    ecall

    j loop
end_main:

handler:
    addi sp, sp, -16
    sw a0, 0(sp)
    sw a7, 4(sp)
    sw t1, 8(sp)
    sw t2, 12(sp)

    li a7, 4
    la a0, message
    ecall
```

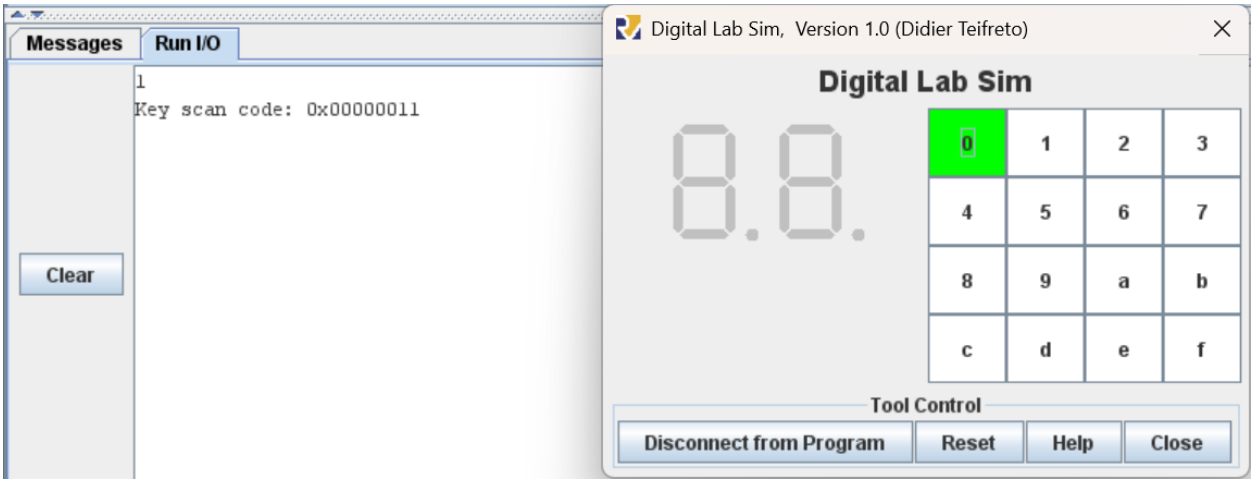
```
    li t2, 0x80 # Dong dau tien, bit 7 = 1
scan_rows:
     li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
    sb t2, 0(t1) # Gui dong chon

    li t1, OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
    lb t3, 0(t1) # Doc du lieu tu cot

    beq t3, zero, next_row # Khong co phim thi quet dong khac

    add a0, zero, t3
    li a7, 34
    ecall

    li a7, 11
    li a0, '\n'
    ecall
next_row:
    srli t2, t2, 1 # Sang dong tiep theo
    bnez t2, scan_rows # Neu con dong thi tiep tuc quet

    li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
    li t3, 0x80
    sb t3, 0(t1)

    lw t2, 12(sp)
    lw t1, 8(sp)
```

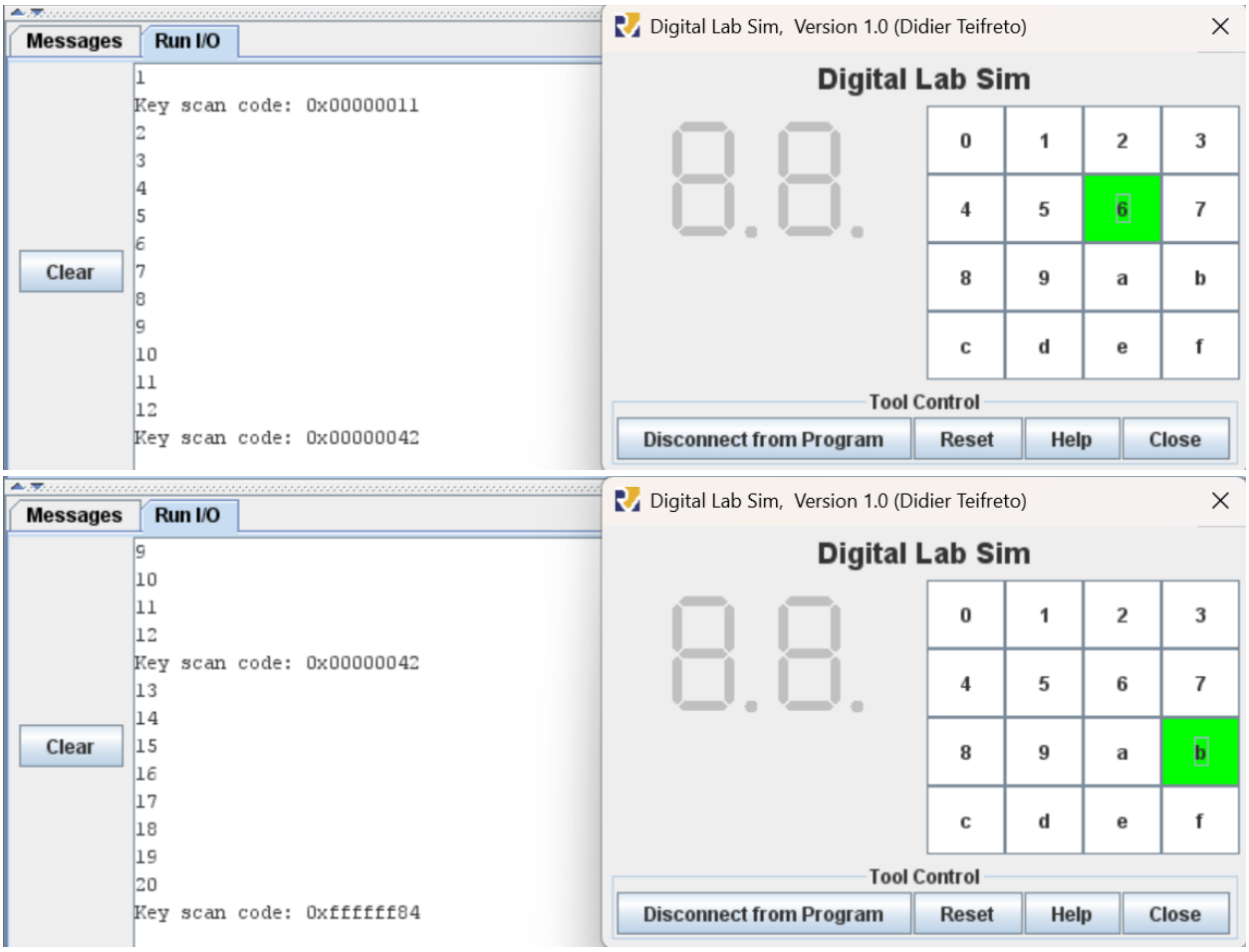
```
lw a7, 4(sp)
lw a0, 0(sp)
addi sp, sp, 16

uret
```

- Kết quả:



+ Ban đầu chưa nhấn nút nào (nút trắng) thì chương trình in ra chuỗi số nguyên liên tiếp bắt đầu từ 1.





+ Sau khi nhấn 1 nút bất kỳ (nút xanh) thì chương trình sẽ in ra chuỗi “Key scan code: “ cùng với mã hexa tương ứng vị trí của nút bấm ấy.
+ Sau khi in chuỗi thông báo, nếu không có động tác khác thì chương trình tiếp túc in ra chuỗi số nguyên liên tiếp.

Additional Assignment:

- Bắt sự kiện nhấn nút bàn phím Keypad 4x4 bằng ngắt.

- Chia Bitmap Display thành lưới 4x4.

- Khi nhấn nút nào trên keypad thì ô tương ứng với nút đó có màu đỏ, các ô khác có màu đen.

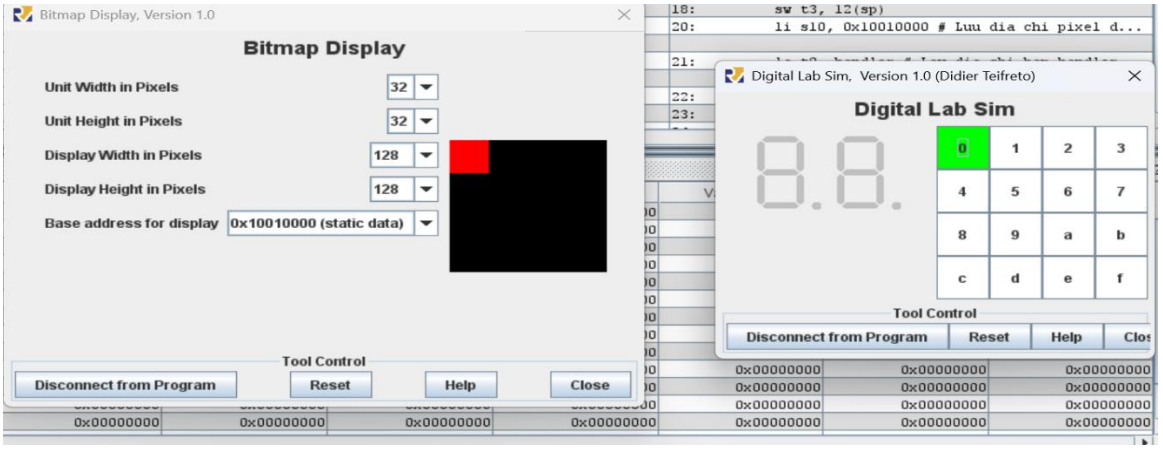
Source Code:

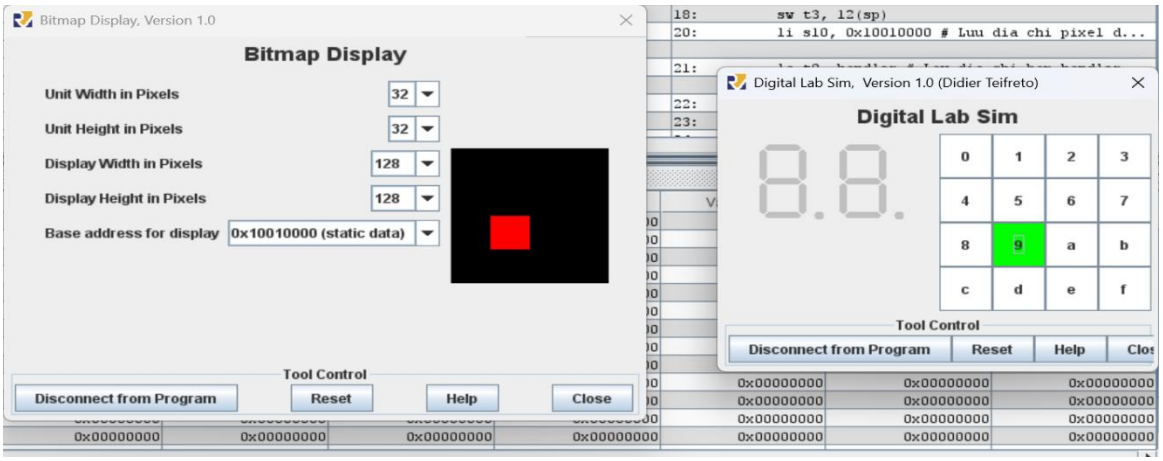
```
.eqv MONITOR_SCREEN 0x10010000
.eqv RED 0x00FF0000
.eqv BLACK 0xFF000000
.eqv IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD 0xFFFF0012
.eqv OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD 0xFFFF0014



.text
main:
	addi sp, sp, -16
	addi t0, x0, 1
	addi t1, x0, 2
	addi t2, x0, 4
	addi t3, x0, 8
	sw t0, 0(sp)
	sw t1, 4(sp)
	sw t2, 8(sp)
	sw t3, 12(sp)

	li s10, MONITOR_SCREEN # Luu dia chi pixel dc to
```

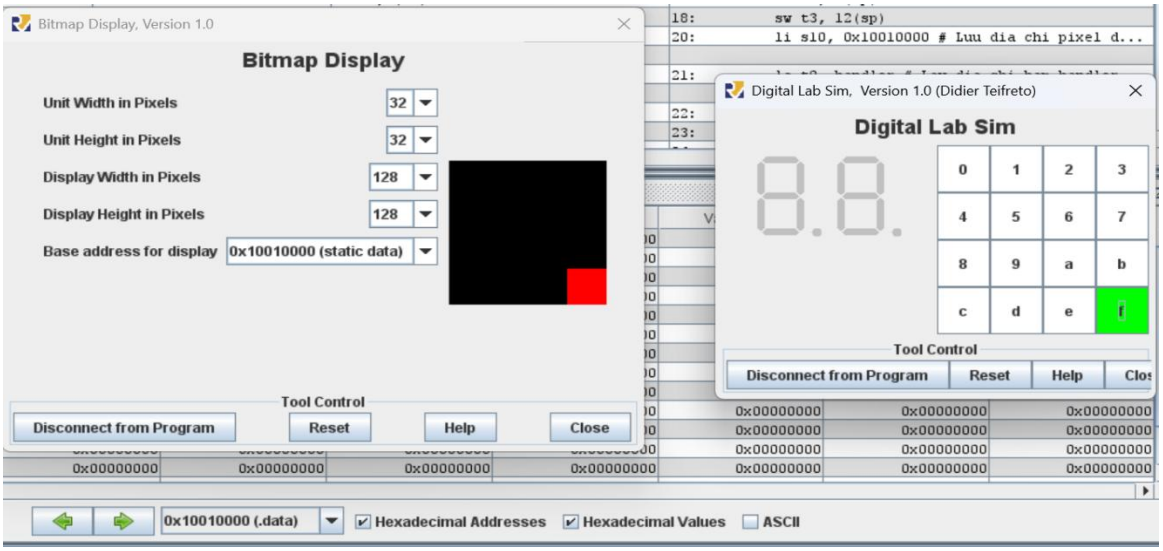
```
        la t0, handler # Lay dia chi ham handler
        csrrs zero, utvec, t0
        li t1, 0x100 # Bit 8 = 1 (0x100)
        csrrs zero, uie, t1 # Thiet lap bit UEIE trong thanh ghi uie
        csrrsi zero, ustatus, 1 # Bit 0 trong ustatus

        li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
        li t3, 0x80 # Bit 7 = 1
        sb t3, 0(t1) # Kich hoat ngat
loop:
        j loop
end_main:
handler:
        li s9, BLACK
        sw s9, 0(s10) # To den o cu
get_key_code:
        li t1, IN_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
        li t2, 0x80 # Bat lai bit 7 de doc hang
        li t3, 0
        li t4, 0x01 # Hang dau tien (bit 0)
        li t5, 2
read:
        add t6, t2, t4 # Ket hop dong can doc voi bat ngat
        sb t6, 0(t1) # Doc hang moi
        mul t4, t4, t5 # Hang tiep theo
        li s0, OUT_ADDRESS_HEXA_KEYBOARD
        lbu a0, 0(s0) # Doc byte 8 bit
```

```
        addi s9, a0, 0 # Luu ma


        beq a0, zero, read # Neu chua bam phim nao, doc lai
        li t6, MONITOR_SCREEN
        li t5, 4 # 4 o moi hang
        addi a2, sp, 0 # Tro den gia tri hang
        jal row_col # Tim chi so hang
        mul t1, t1, t5 # row * 4
        add t6, t6, t1 # + dia chi man hinh
        srli a0, a0, 4 # Gia tri cot
        jal row_col
        add t6, t6, t1 # Hang + Cot
        li s2, RED
        sw s2, 0(t6) # To do
        addi s10, t6, 0 # Cap nhat vi tri o mau hien tai
        uret # Tra quyen dieu khien
row_col:
        andi t0, a0, 0xf # Giu lai 4 bit cuoi
        addi t1, x0, 0 # i = 0
for:
        add a3, a2, t1 # Tro toi phan tu mang i
        lw t3, 0(a3) # Gia tri tai i
        beq t3, t0, end_rc # Neu ma phim dang xu ly thi dung
        addi t1, t1, 4 # Tang i
        j for
end_rc:
jr ra
```

- Kết quả:


Bitmap Display, Version 1.0
Bitmap Display
Unit Width in Pixels
32
Unit Height in Pixels
32
Display Width in Pixels
128
Display Height in Pixels
128
Base address for display
0x10010000 (static data)
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help
Close
Digital Lab Sim, Version 1.0 (Didier Teifreto)
Digital Lab Sim
0 1 2 3
4 5 6 7
8 9 a b
c d e f
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help
18: sw t3, 12(sp)
20: li s10, 0x10010000 # Luu dia chi pixel d...
0x00000000


Bitmap Display, Version 1.0
Bitmap Display
Unit Width in Pixels
32
Unit Height in Pixels
32
Display Width in Pixels
128
Display Height in Pixels
128
Base address for display
0x10010000 (static data)
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help
Close
Digital Lab Sim, Version 1.0 (Didier Teifreto)
Digital Lab Sim
0 1 2 3
4 5 6 7
8 9 a b
c d e f
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help
18: sw t3, 12(sp)
20: li s10, 0x10010000 # Luu dia chi pixel d...
0x00000000


Bitmap Display, Version 1.0
Bitmap Display
Unit Width in Pixels
32
Unit Height in Pixels
32
Display Width in Pixels
128
Display Height in Pixels
128
Base address for display
0x10010000 (static data)
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help
Close
Digital Lab Sim, Version 1.0 (Didier Teifreto)
Digital Lab Sim
0 1 2 3
4 5 6 7
8 9 a b
c d e f
Tool Control
Disconnect from Program
Reset
Help
18: sw t3, 12(sp)
20: li s10, 0x10010000 # Luu dia chi pixel d...
0x00000000
0x10010000 (.data)
Hexadecimal Addresses
Hexadecimal Values
ASCII