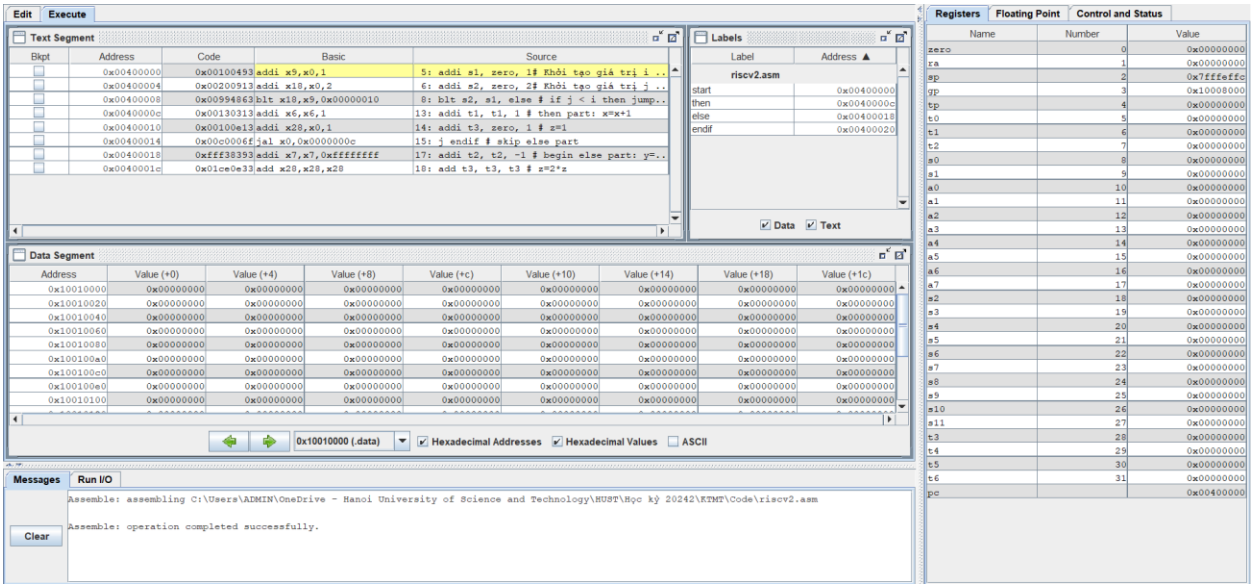
Bài 3. Các lệnh nhảy và lệnh rẽ nhánh

Họ và tên: Nguyễn Thành Duy

MSSV: 20235696

Assignment 1

Kết quả sau khi chạy chương trình:



Sau khi chạy câu lệnh thứ nhất:

```
addi s1, zero, 1# Khởi tạo giá trị i vào thanh ghi s1
```

+) Thanh ghi: giá trị s1 được gán bằng 1

s1	9	0x00000001

+) Thanh pc: 0x00400000 -> 0x00400004

pc		0x00400004

Câu lệnh thứ hai tương tự câu lệnh thứ nhất: giá trị s2 được gán bằng 2, thanh ghi pc 0x00400004 -> 0x00400008

s2	18	0x00000002

pc		0x00400008

Câu lệnh thứ ba: So sánh giá trị s2 và s1, nếu s2 < s1 thì sẽ nhảy đến else còn ngược lại sẽ thực hiện câu lệnh ở ngay dưới:

```
blt s2, s1, else # if j < i then jump else
```

Trong trường hợp này: s1 = 1, s2 = 2 nên ta thấy s2 > s1 nên sẽ thực hiện câu lệnh ở ngay phía dưới tức là then

+) Thanh ghi: 0x00400008 -> 0x0040000c

pc		0x0040000c

```
then:
addi t1, t1, 1 # then part: x=x+1
addi t3, zero, 1 # z=1
j endif # skip else part
```

+) Câu lệnh sau đây thực hiện tăng giá trị của x lên 1

```
addi t1, t1, 1 # then part: x=x+1
```

Thanh ghi:

t1	6	0x00000001
pc		0x00400010

+) Câu lệnh sau đây thực hiện gán giá trị của t3 bằng 1: Do trong riscv không có câu lệnh gán trực tiếp nên ta phải thực hiện gán thông qua phép cộng với 0 hay zero trong thanh ghi

```
addi t3, zero, 1 # z=1
```

Thanh ghi:

t3	28	0x00000001
pc		0x00400014

+) Do đã thực hiện xong các hành động ở **then** máy tính sẽ tự động chạy các câu lệnh ở ngay sau nó theo tuần tự nên để không chạy câu lệnh ngay sau là else (ở trường hợp s2 < s1) thì ta cần một lệnh nhảy tự do:

```
j endif # skip else part
```

Thanh ghi:

pc		0x00400020

* Thanh ghi sau khi chạy xong chương trình:

pc		0x00400024

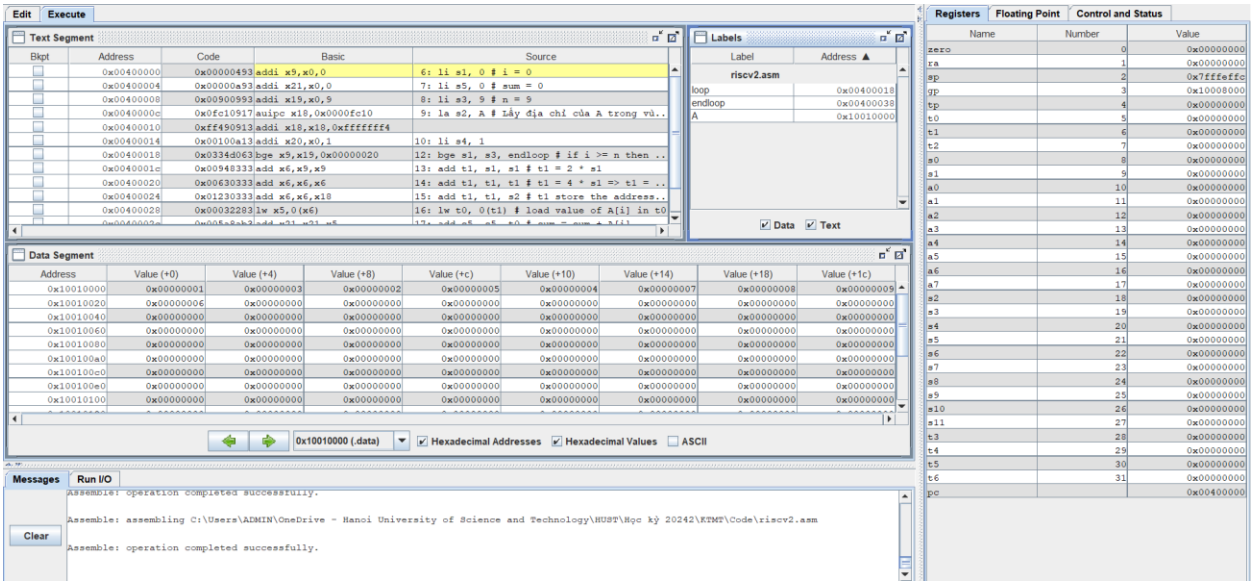
Assignment 2

```
# Laboratory 3, Home Assigment 2
.data
A: .word 1, 3, 2, 5, 4, 7, 8, 9, 6
.text
# TODO: Khởi tạo giá trị các thanh ghi s2, s3, s4
li s1, 0 # i = 0
li s5, 0 # sum = 0
li s3, 9 # n = 9
la s2, A # Lấy địa chỉ của A trong vùng nhớ dữ liệu
li s4, 1
loop:
bge s1, s3, endloop # if i >= n then end loop
add t1, s1, s1 # t1 = 2 * s1
add t1, t1, t1 # t1 = 4 * s1 => t1 = 4*i
add t1, t1, s2 # t1 store the address of A[i]
lw t0, 0(t1) # load value of A[i] in t0
add s5, s5, t0 # sum = sum + A[i]
add s1, s1, s4 # i = i + step
j loop # go to loop
endloop:
```

Mục đích: để tính tổng các phần tử của mảng A

Kết quả mong muốn: sum = 1 + 3 + 2 + 5 + 4 + 7 + 8 + 9 + 6 = 45

Kết quả sau khi chạy đoạn chương trình:



+) Câu lệnh đầu tiên: Khởi tạo mảng A có 9 phần tử và lần lượt có các giá trị như trong code

```
# Laboratory 3, Home Assigment 2
.data
A: .word 1, 3, 2, 5, 4, 7, 8, 9, 6
```

+) Ở đoạn lệnh sau:

```
# TODO: Khởi tạo giá trị các thanh ghi s2, s3, s4
li s1, 0 # i = 0
li s5, 0 # sum = 0
li s3, 9 # n = 9
la s2, A # Lấy địa chỉ của A trong vùng nhớ dữ liệu
li s4, 1
```

- Câu lệnh li (load immediate) là một giả lệnh dùng để nạp một số nguyên tức thời (immediate) vào một thanh ghi

+ Câu lệnh đầu tiên: Câu lệnh sẽ gán giá trị của s1 với giá trị là 0

```
li s1, 0 # i = 0
```

Thanh ghi:

s1	9	0x00000000
pc		0x00400004

+ Câu lệnh thứ hai và thứ ba và thứ tư tương tự như câu lệnh đầu tiên lần lượt gán giá trị của s3, s4, s5 là 9 (số phần tử của mảng A ban đầu khởi tạo), 1 (step trong vòng lặp ở dưới), 0 (khởi tạo tổng của mảng bằng 0)

Thanh ghi:

s5	21	0x00000000
pc		0x00400004
s3	19	0x00000009

pc		0x0040000c

s4	20	0x00000001

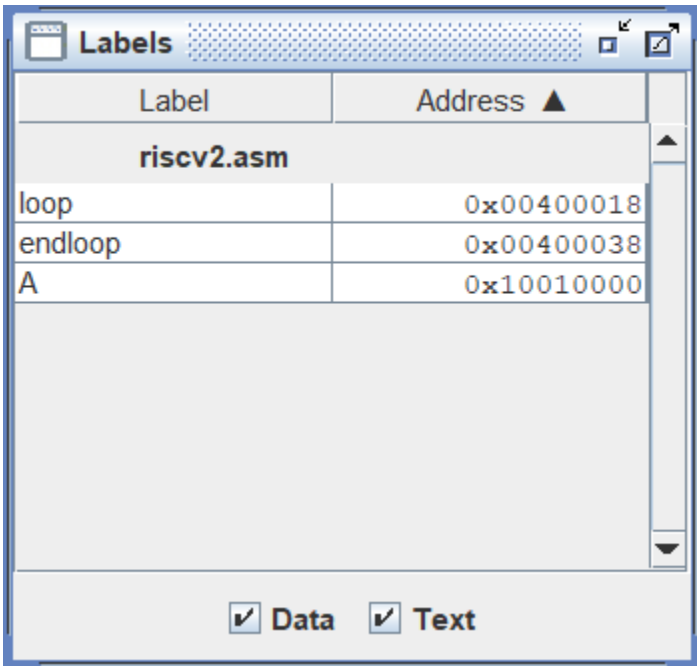
pc		0x00400018

+ Ở câu lệnh thứ tư: câu lệnh **la** là lấy địa chỉ của A trong vùng nhớ dữ liệu

- Lệnh la được biên dịch thành 2 câu lệnh: auipc và addi
+ Địa chỉ tuyệt đối được chia thành hai phần: phần cao (20-bit) và phần thấp (12-bit). Kết hợp hai câu lệnh này để tải một địa chỉ đầy đủ 32-bit.
+ auipc: giúp lấy phần trên (20-bit) của địa chỉ nhãn dựa vào pc, auipc tính toán phần cao của địa chỉ label bằng cách lấy giá trị pc hiện tại và cộng thêm một giá trị offset.
+ addi: bổ sung phần thấp (12-bit) để hoàn chỉnh địa chỉ
-> Giúp tải địa chỉ của nhãn (label) vào thanh ghi

-> Cách này giúp chương trình có thể chạy độc lập với vị trí của bộ nhớ

```
la s2, A # Lấy địa chỉ của A trong vùng nhớ dữ liệu
```



Ta thấy địa chỉ của A: 0x10010000

Thanh ghi: đã lấy được địa chỉ s2 như mong muốn

s2	18	0x10010000

pc		0x00400014

+ Ở đoạn code:

```
loop:
bge s1, s3, endloop # if i >= n then end loop
add t1, s1, s1 # t1 = 2 * s1
add t1, t1, t1 # t1 = 4 * s1 => t1 = 4*i
add t1, t1, s2 # t1 store the address of A[i]
lw t0, 0(t1) # load value of A[i] in t0
add s5, s5, t0 # sum = sum + A[i]
add s1, s1, s4 # i = i + step
j loop # go to loop
endloop:
```

Câu lệnh đầu tiên: điều kiện nếu s1 >= s3 thì ta sẽ kết thúc vòng lặp tức end loop. Ta có s1 = 0, s3 = 9 thấy s1 < s3 nên máy tính sẽ thực hiện câu lệnh ngay ở phía dưới

```
bge s1, s3, endloop # if i >= n then end loop
```

Câu lệnh: Mục đích là lấy được địa chỉ của A[i] vì mỗi phần tử cách nhau 4 bit nên ta thực hiện phép cộng **add** là vì vậy

```
add t1, s1, s1 # t1 = 2 * s1
add t1, t1, t1 # t1 = 4 * s1 => t1 = 4*i
add t1, t1, s2 # t1 store the address of A[i]
```

Câu lệnh: Cộng phần tử A[i] vào sum rồi tăng step rồi lặp lại vòng lặp cho tới khi i > n sẽ thoát khỏi vòng lặp

```
lw t0, 0(t1) # load value of A[i] in t0
add s5, s5, t0 # sum = sum + A[i]
add s1, s1, s4 # i = i + step
j loop # go to loop
```

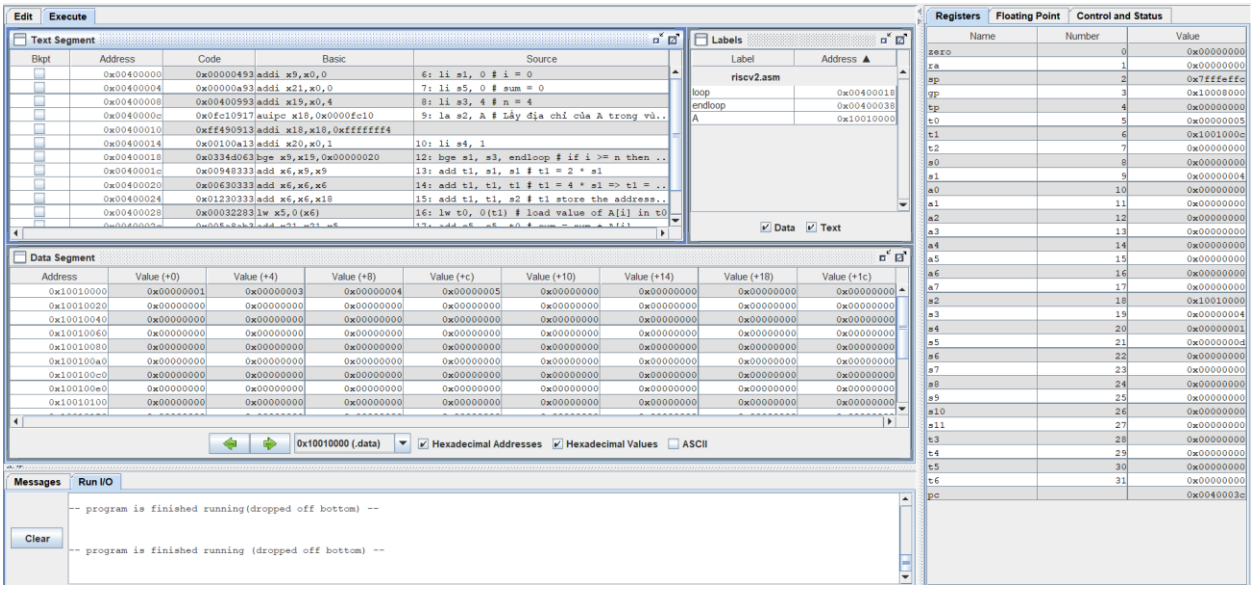
Giá trị thanh ghi s5 khi kết thúc chương trình: s5 = 45 đúng như mong muốn

s5	21	0x0000002d

Ta thử thay đổi bộ giá trị: A = {1,3,4,5} kết quả mong muốn khi chạy sum = 1 + 3 + 4 + 5 = 13

Code:

```
# Laboratory 3, Home Assigment 2
.data
A: .word 1, 3, 4, 5
.text
# TODO: Khởi tạo giá trị các thanh ghi s2, s3, s4
li s1, 0 # i = 0
li s5, 0 # sum = 0
li s3, 4 # n = 4
la s2, A # Lấy địa chỉ của A trong vùng nhớ dữ liệu
li s4, 1
loop:
bge s1, s3, endloop # if i >= n then end loop
add t1, s1, s1 # t1 = 2 * s1
add t1, t1, t1 # t1 = 4 * s1 => t1 = 4*i
add t1, t1, s2 # t1 store the address of A[i]
lw t0, 0(t1) # load value of A[i] in t0
add s5, s5, t0 # sum = sum + A[i]
add s1, s1, s4 # i = i + step
j loop # go to loop
endloop:
```



Giá trị thanh ghi s5 = 13 (chương trình đã chạy đúng)

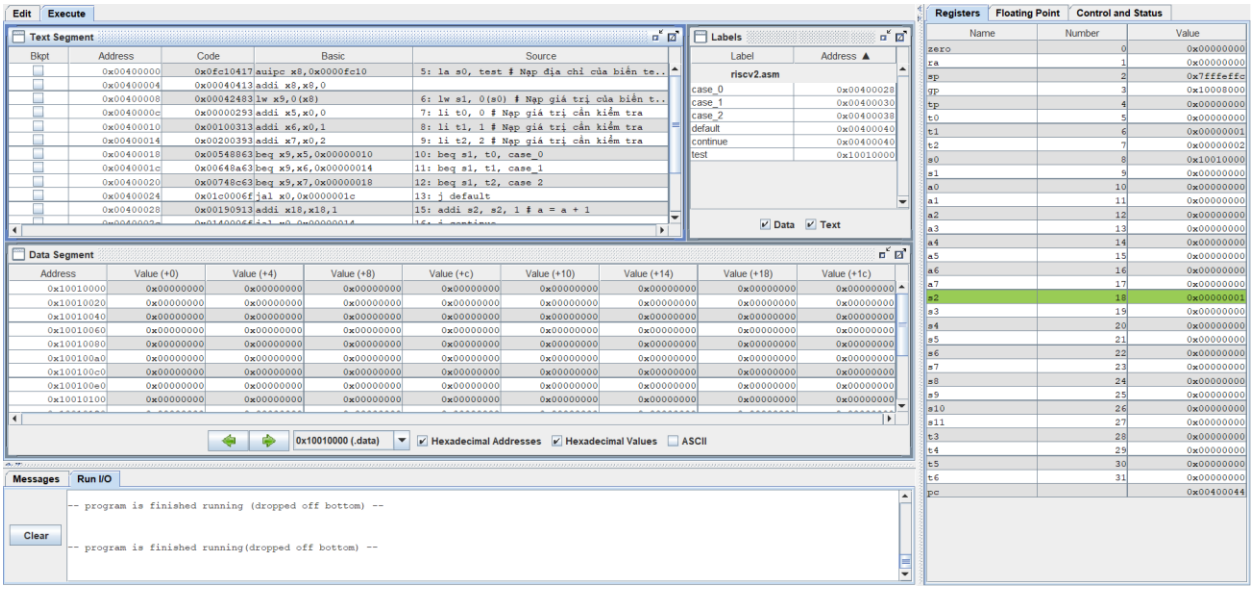
Assignment 3

Giả lệnh:

```
switch(test) {
        case 0:
                a=a+1; break;
        case 1:
                a=a-1; break;
        case 2:
                b=2*b; break;
}
```

Ta kiểm tra giá trị test nếu test = i thì chương trình nhảy tới case i: (tương ứng với test = i) và thực hiện hành động rồi thoát khỏi chương trình. Ta sẽ minh họa trên riscv:

Kết quả sau khi chạy chương trình:



Giá trị thanh ghi sau khi chạy câu lệnh đầu tiên:

```
la s0, test # Nạp địa chỉ của biến test vào s0
```

s0	8	0x10010000
pc		0x00400008

Giá trị thanh ghi sau khi chạy câu lệnh thứ hai:

```
lw s1, 0(s0) # Nạp giá trị của biến test vào s1
```

s1	9	0x00000000
s1	9	0x00000000

Giá trị thanh ghi sau khi chạy câu lệnh thứ ba:

```
li t0, 0 # Nạp giá trị cần kiểm tra
```

t0	5	0x00000000
pc		0x00400010

Giá trị thanh ghi sau khi chạy câu lệnh thứ tư:

```
beq s1, t1, case_1
```

t1	6	0x00000001
pc		0x00400014

Giá trị thanh ghi sau khi chạy câu lệnh thứ năm:

```
li t2, 2 # Nạp giá trị cần kiểm tra
```

pc		0x00400014

```
li t2, 2 # Nạp giá trị cần kiểm tra
```

Câu lệnh tiếp theo sẽ xem giá trị test là bao nhiêu để nhảy tới câu lệnh tương ứng để thực hiện hành động

```
beq s1, t0, case_0
```

Ta thấy s1 = 0 (giá trị của test), t0 = 0 Vậy nên sẽ nhảy tới case 0 tương ứng

```
case_0:
addi s2, s2, 1 # a = a + 1
j continue
```

Do tăng giá trị của s2 lên 1 nên ở thanh ghi giá trị của s2 là 1 (đúng như mong muốn)

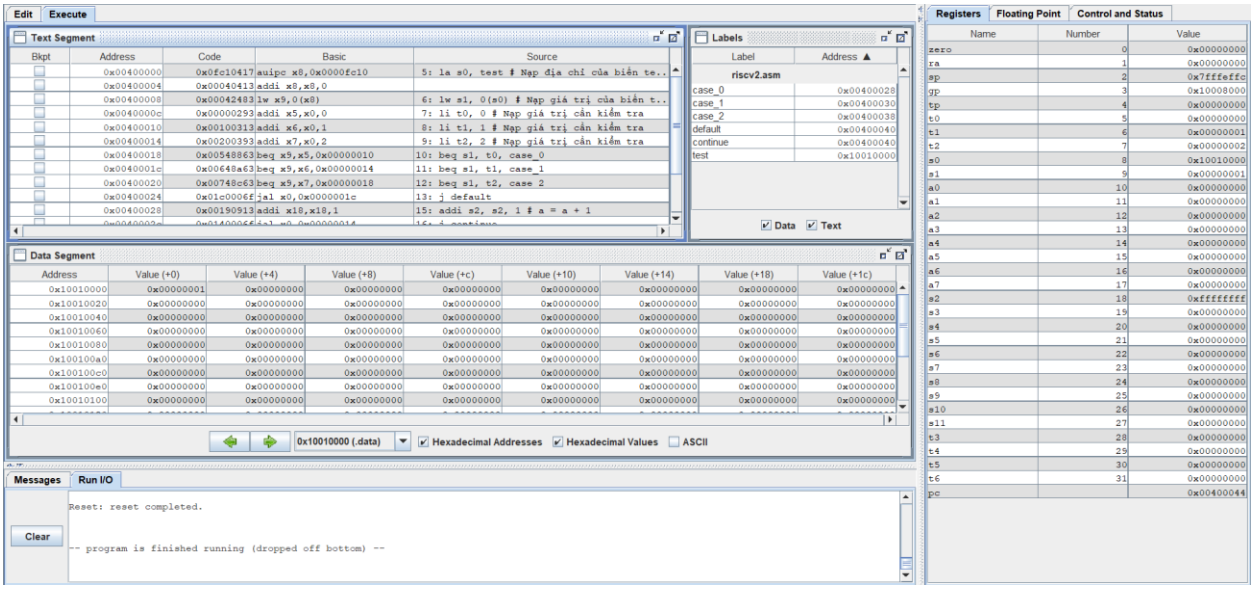
s2	18	0x00000001

Ta sẽ thử một số trường hợp khác để xem chương trình chạy đúng không:

TH1: khởi tạo test = 1 thì theo mong muốn thì giá trị s2 = -1

```
# Laboratory Exercise 3, Home Assignment 3
.data
test: .word 1
.text
la s0, test # Nạp địa chỉ của biến test vào s0
lw s1, 0(s0) # Nạp giá trị của biến test vào s1
li t0, 0 # Nạp giá trị cần kiểm tra
li t1, 1 # Nạp giá trị cần kiểm tra
li t2, 2 # Nạp giá trị cần kiểm tra
beq s1, t0, case_0
beq s1, t1, case_1
beq s1, t2, case_2
j default
case_0:
addi s2, s2, 1 # a = a + 1
j continue
case_1:
sub s2, s2, t1 # a = a - 1
j continue
case_2:
add s3, s3, s3 # b = 2 * b
j continue
default:
continue:
```

Kết quả:



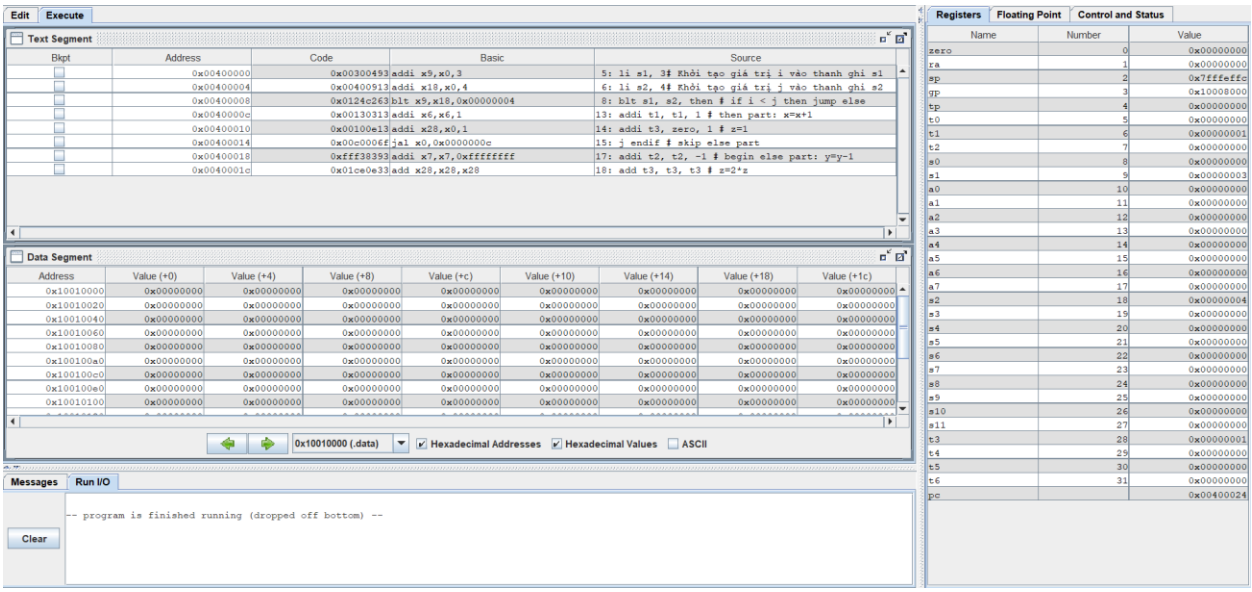
Giá trị thanh ghi s2 = -1 (như mong muốn)

Assignment 4

a) i = 3 , j = 4 . Nếu i < j thì t1 = 1, t3 = 1 ngược lại sẽ thực hiện câu lệnh else

Code:

```
        # Laboratory Exercise 3, Home Assignment 1
        .text
        start:
        # TODO:
        li s1, 3# Khởi tạo giá trị i vào thanh ghi s1
        li s2, 4# Khởi tạo giá trị j vào thanh ghi s2
        # Cách 1:
        blt s1, s2, then # if i < j then jump else
        # Cách 2:
        # slt t0, s2, s1 # set t0 = 1 if j < i else clear t0 = 0
        # bne t0, zero, else # t0 != 0 means t0 = 1, jump else
        then:
        addi t1, t1, 1 # then part: x=x+1
        addi t3, zero, 1 # z=1
        j endif # skip else part
        else:
        addi t2, t2, -1 # begin else part: y=y-1
        add t3, t3, t3 # z=2*z
endif:
```



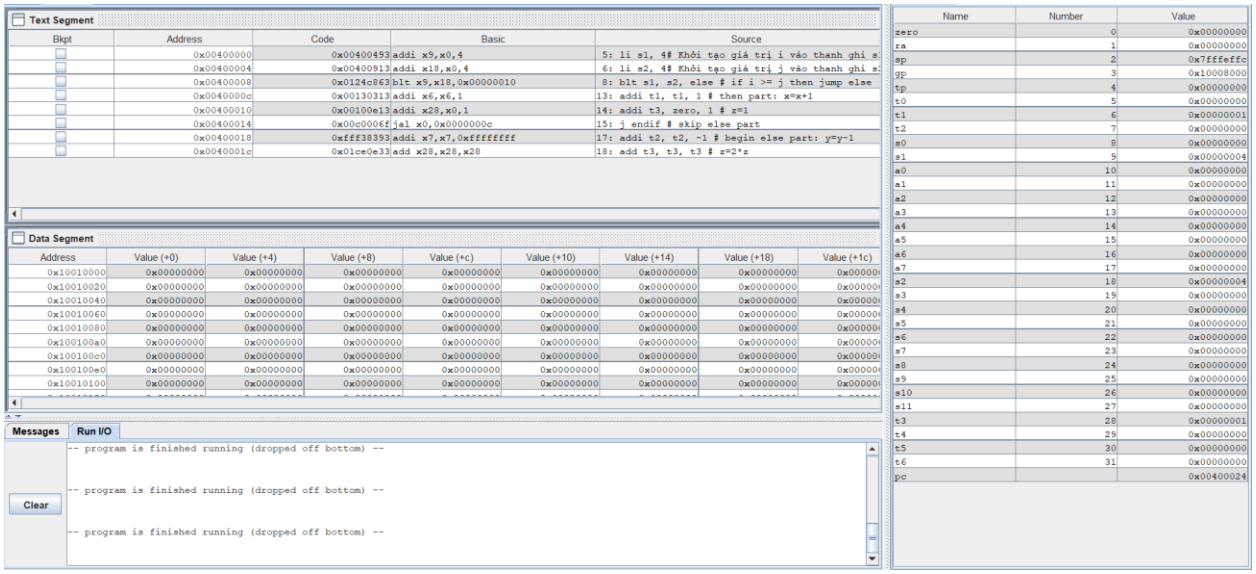
Kết quả: t1 = 1 , t3 = 1 (như mong muốn)

b) khởi tạo i = 4 , j = 4. Do i = j nên thực hiện câu lệnh then nên t1 = 1, t3 = 1

Code:

```
# Laboratory Exercise 3, Home Assignment 1
.text
start:
# TODO:
li s1, 4# Khởi tạo giá trị i vào thanh ghi s1
li s2, 4# Khởi tạo giá trị j vào thanh ghi s2
# Cách 1:
blt s1, s2, else # if i >= j then jump else
# Cách 2:
# slt t0, s2, s1 # set t0 = 1 if j < i else clear t0 = 0
# bne t0, zero, else # t0 != 0 means t0 = 1, jump else
then:
addi t1, t1, 1 # then part: x=x+1
addi t3, zero, 1 # z=1
j endif # skip else part
else:
addi t2, t2, -1 # begin else part: y=y-1
add t3, t3, t3 # z=2*z
endif:
```

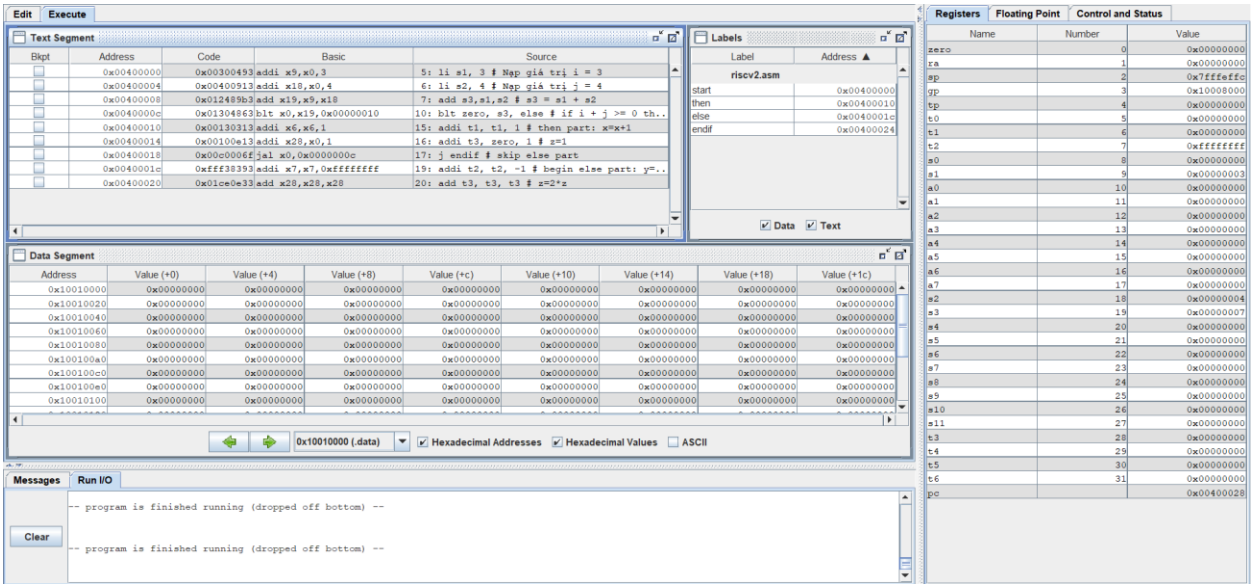
Kết quả:



Kết quả: t1 = 1, t3 = 1(như mong muốn)

c) Ta sẽ sử dụng điều kiện 0 < i + j sẽ thực hiện câu lệnh else còn i + j <= 0 sẽ thực hiện then. Khởi tạo i = 3, j = 4 -> i = j > 0 nên t2 = -1, t3 = 0

```
# Laboratory Exercise 3, Home Assignment 1
.text
start:
# TODO:
li s1, 3 # Nạp giá trị i = 3
li s2, 4 # Nạp giá trị j = 4
add s3,s1,s2 # s3 = s1 + s2
# Khởi tạo giá trị j vào thanh ghi s2
# Cách 1:
blt zero, s3, else # if i + j >= 0 then jump else
# Cách 2:
# slt t0, s2, s1 # set t0 = 1 if j < i else clear t0 = 0
# bne t0, zero, else # t0 != 0 means t0 = 1, jump else
then:
addi t1, t1, 1 # then part: x=x+1
addi t3, zero, 1 # z=1
j endif # skip else part
else:
addi t2, t2, -1 # begin else part: y=y-1
add t3, t3, t3 # z=2*z
endif:
```

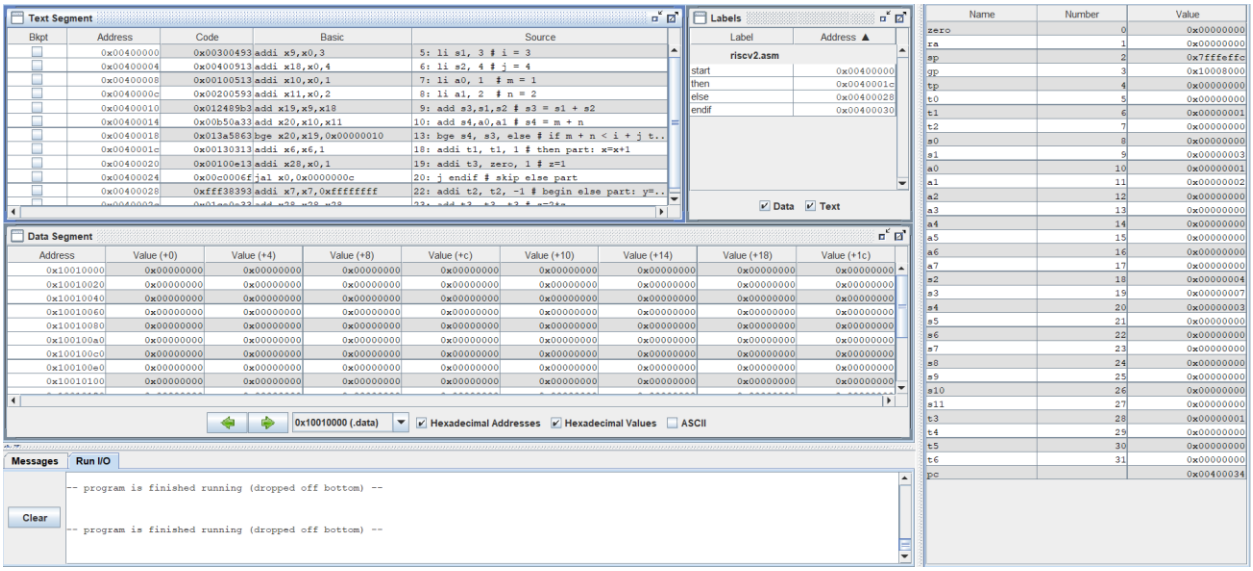


Kết quả: đúng như mong muốn

d) Nếu m + n >= i + j sẽ thực hiện else còn i + j > m + n thực hiện then. Ta có m + n = 3, i + j = 7 nên sẽ thực hiện then

```
# Laboratory Exercise 3, Home Assignment 1
.text
start:
# TODO:
li s1, 3 # i = 3
li s2, 4 # j = 4
li a0, 1  # m = 1
li a1, 2  # n = 2
add s3,s1,s2 # s3 = s1 + s2
add s4,a0,a1 # s4 = m + n
# Khởi tạo giá trị j vào thanh ghi s2
# Cách 1:
bge s4, s3, else # if m + n < i + j then jump else
# Cách 2:
# slt t0, s2, s1 # set t0 = 1 if j < i else clear t0 = 0
# bne t0, zero, else # t0 != 0 means t0 = 1, jump else
then:
addi t1, t1, 1 # then part: x=x+1
addi t3, zero, 1 # z=1
j endif # skip else part
else:
addi t2, t2, -1 # begin else part: y=y-1
add t3, t3, t3 # z=2*z
endif:
```

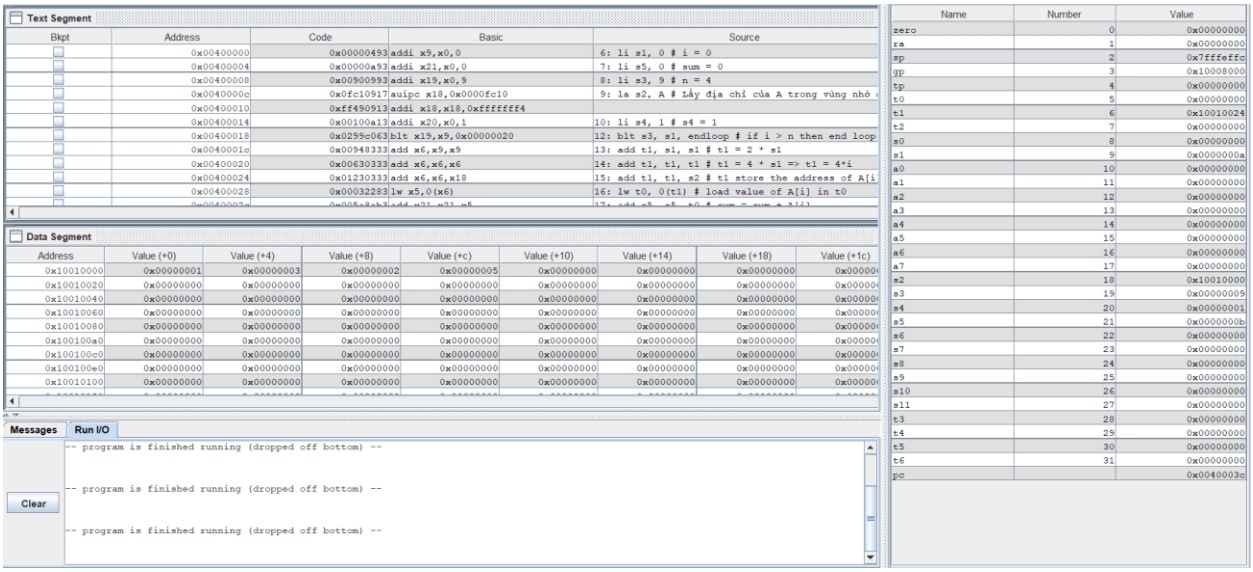
Kết quả:



Assignment 5

a) i > n hay n < i thì chương trình kết thúc

```
# Laboratory 3, Home Assigment 2
.data
A: .word 1, 3, 2, 5
.text
# TODO: Khởi tạo giá trị các thanh ghi s2, s3, s4
li s1, 0 # i = 0
li s5, 0 # sum = 0
li s3, 9 # n = 4
la s2, A # Lấy địa chỉ của A trong vùng nhớ dữ liệu
li s4, 1 # s4 = 1
loop:
blt s3, s1, endloop # if i > n then end loop
add t1, s1, s1 # t1 = 2 * s1
add t1, t1, t1 # t1 = 4 * s1 => t1 = 4*i
add t1, t1, s2 # t1 store the address of A[i]
lw t0, 0(t1) # load value of A[i] in t0
add s5, s5, t0 # sum = sum + A[i]
add s1, s1, s4 # i = i + step
j loop # go to loop
endloop:
```

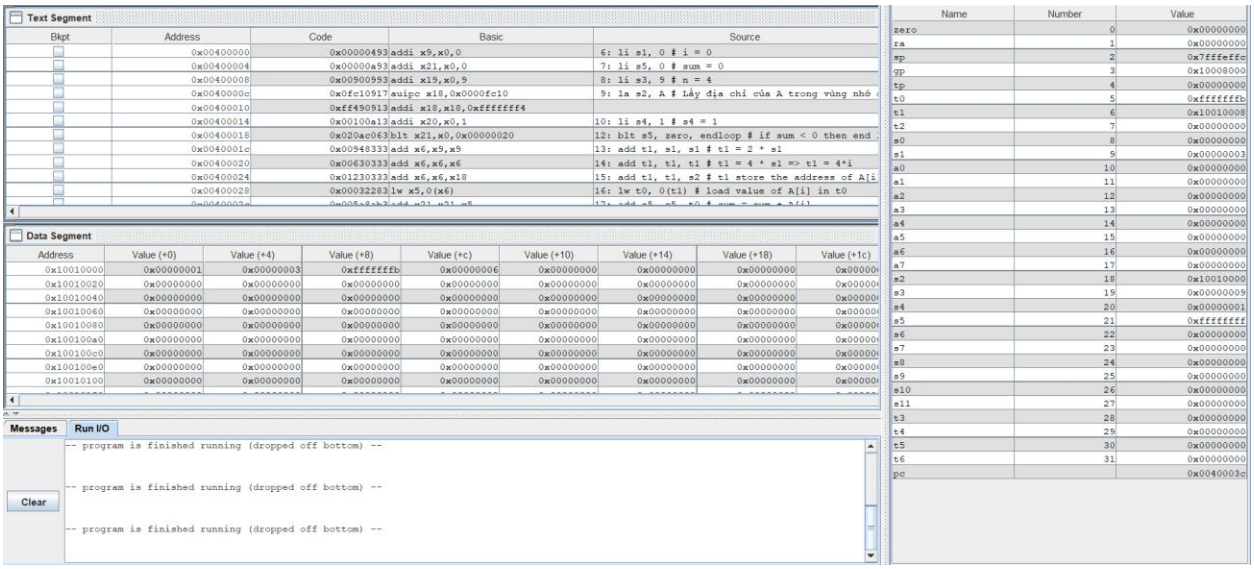


Kết quả: tính tổng các phần tử mảng A (sum = 11)

b) sum < 0 thì chương trình kết thúc

Chương trình:

```
# Laboratory 3, Home Assigment 2
.data
A: .word 1, 3, -5, 6
.text
# TODO: Khởi tạo giá trị các thanh ghi s2, s3, s4
li s1, 0 # i = 0
li s5, 0 # sum = 0
li s3, 9 # n = 4
la s2, A # Lấy địa chỉ của A trong vùng nhớ dữ liệu
li s4, 1 # s4 = 1
loop:
blt s5, zero, endloop # if sum < 0 then end loop
add t1, s1, s1 # t1 = 2 * s1
add t1, t1, t1 # t1 = 4 * s1 => t1 = 4*i
add t1, t1, s2 # t1 store the address of A[i]
lw t0, 0(t1) # load value of A[i] in t0
add s5, s5, t0 # sum = sum + A[i]
add s1, s1, s4 # i = i + step
j loop # go to loop
endloop:
```



Kết quả: sum = 1 + 3 – 5 = -1 < 0 nên chương trình kết thúc.

c) A[i] == 0 chương trình kết thúc

<u>Chương trình:</u>

```
.data
A: .word 1, 3, 0, 5, 4, 7, 8, 9, 6
.text
li s1, 0 # i = 0
la s2, A # dia chi so dau tien
li s3, 9 # n = 9
li s4, 1 # step = 1
li s5, 0 # sum = 0
addi s3, s3, 1
loop:
add t1, s1, s1
add t1, t1, t1
add t1, t1, s2
lw t0, 0(t1)
```

```
beq t0, zero, endloop
add s5, s5, t0
add s1, s1, s4
j loop
endloop:
```

Assignment 6

Chương trình:

```
.data
A: .word -10 20 -30 4 0x80000000 -90 #Mang
n: .word 6 #so phan tu
.text
la t0, A
lw t1, n
li t2, 0 # i = 0
li t3, 1 # step = 1
li t4, 0 # max ||
loop:
bge t2, t1, endloop
add s0, t2, t2
add s0, s0, s0
add s0, s0, t0
li s3, 0x80000000
lw s1, 0(s0)
bge s1, zero, continue # neu >= 0 thi tiep tuc
beq s1, s3, extra # neu gap 0x80000000 thi thoat luon
```

```
sub s1, zero, s1 # doi dau
continue:
blt t4, s1, update #neu max < s1 thi cap nhat max
add t2, t2, t3 #tang i
j loop
update:
addi t4, s1, 0 #cap nhat max bang s1
add t2, t2, t3
j loop
endloop:
li a7, 1
mv a0, t4 # Đưa max vào a0
ecall # Gọi syscall để in
j end
extra:
li a7, 1
mv a0, s1
ecall
end:
```

Kết luận:

- Các lệnh Branch thực hiện nhảy khi thỏa mãn một điều kiện nào đó. Được sử dụng trong các cấu trúc if/else, các cấu trúc lặp.
- Các lệnh Jump thực hiện nhảy mà không cần điều kiện nào cả. Được sử dụng để gọi hàm.