BÁO CÁO THỰC HÀNH KIẾN TRÚC MÁY TÍNH

Lab 7 : Lệnh gọi chương trình con, truyền tham số sử dụng ngăn xếp

Họ tên	MSSV
Phạm Minh Hiển	20235705

Assignment 1:

Tạo project để thực hiện Home Assignment 1. Dịch và chạy mô phỏng. Thay đổi các tham số chương trình (thanh ghi **a0**) và quan sát kết quả thực hiện. Chạy chương trình ở chế độ từng dòng lệnh và chú ý sự thay đổi của các thanh ghi, đặc biệt là thanh ghi **pc** và **ra**.

```
.text
main:
        li a0, -45
        jal abs

        li a7, 10
        ecall
end_main:
abs:
        sub s0, zero, a0
        blt a0, zero, done
        add s0, a0, zero
done:
        jr ra
```

- Quan sát thanh ghi:
  + a0 được lưu giá trị cần tính trị tuyệt đối, ở đây là -45 (0xffffffd3).
  + Sau lệnh **jal abs**, chương trình lưu giá trị địa chỉ của lệnh kế tiếp là lệnh **li a7, 10** vào thanh ghi **ra** (0x00400008) và rẽ nhánh xuống chương trình con **abs.**
  + Các lệnh tiếp theo thực hiện tính giá trị tuyệt đối của a0, cụ thể nếu a0 < 0 thì số âm nên giá trị tuyệt đối là s0 = 0 – a0, *done.* Nếu a0 > 0 thì giá trị tuyệt đối là chính nó nên s0 = a0 + 0.
  + Thanh ghi **pc** tăng giá trị thêm 4 câu lệnh **li** (0x00400004). Khi thực hiện lệnh **jal**, lúc này **pc** có giá trị 0x00400010 tăng 12 byte so với giá trị trước đó do lúc này thanh ghi **pc** đã trỏ xuống lệnh **sub**. Sau các câu lệnh trong *abs* có giá trị

0x0040001c, và khi thực hiện lệnh **jr ra** thì lập tức đổi thành giá trị đã lưu trong **ra** đó là 0x00400008 và chương trình thực hiện câu lệnh **li a7** để kết thúc chương trình.

- Kết quả:

  + Thêm lệnh hiển thị kết quả ta có được:

```
45
-- program is finished running (0) --
```

  + Thử với a0 = 100 :

```
100
-- program is finished running (0) --
```

  + Các trường hợp khác cũng cho kết quả tương tự

  ➔ Vậy chương trình hoạt động chính xác.

Assignment 2:

Tạo project để thực hiện Home Assignment 2. Dịch và chạy mô phỏng. Thay đổi các tham số chương trình (thanh ghi **a0**, **a1**, **a2**) và quan sát kết quả thực hiện. Chạy chương trình ở chế độ từng dòng lệnh và chú ý sự thay đổi của các thanh ghi, đặc biệt là thanh ghi **pc** và **ra**.

```
.text
main:
        li a0, 2
        li a1, 6
        li a2, 9
        jal max

        li a7, 10
        ecall
end_main:
max:
        add s0, a0, zero
        sub t0, a1, s0
        blt t0, zero, okay
        add s0, a1, zero
okay:
        sub t0, a2, s0
        blt t0, zero, done
        add s0, a2, zero
done:
        jr ra
```

- Quan sát thanh ghi:
  + Sau 3 câu lệnh **li** các thanh ghi a0, a1, a2 lần lượt chứa giá trị 2, 6, 9.
  + Khi thực hiện lệnh **jal max** thanh ghi **ra** lưu giá trị 0x00400010 là địa chỉ của câu lệnh **li a7, 10.** Đồng thời câu lệnh **pc** có giá trị 0x00400018 tăng thêm 12 byte so với giá trị 0x0040000c sau khi gán giá trị a2 do con trỏ đã chỉ đến lệnh **add** trong chương trình con *max.*
  + Thanh ghi pc lần lượt tăng 4 byte với mỗi lệnh sau đó và có giá trị 0x00400034 khi thực hiện lệnh **add s0, a2, zero**.

+ Khi thực hiện lệnh **jr ra** thì giá trị thanh ghi **pc** lập tức thay đổi thành giá trị đã lưu trong **ra** trước đó và trỏ vào lệnh **li**, thực hiện ecall và kết thúc chương trình.

- Kết quả:

+ Ta thêm lệnh để hiển thị kết quả:

```
9
-- program is finished running (0) --
```

+ Thử với bộ số -2, 6, -9:

```
6
-- program is finished running (0) --
```

+ Thử với các trường hợp khác cũng cho kết quả tương tự.

➔ Vậy chương trình hoạt động đúng.

Assignment 3:

Tạo project để thực hiện Home Assignment 3. Dịch và chạy mô phỏng. Thay đổi tham số chương trình (thanh ghi **s0**, **s1**), quan sát quá trình và kết quả thực hiện. Chú ý sự thay đổi giá trị của thanh ghi **sp**. Quan sát vùng nhớ được trỏ bởi thanh ghi **sp** trong cửa sổ Data Segment.

Source Code:

```
.text
main:
    li s0, 1
    li s1, 2
push:
    addi sp, sp, -8
    sw s0, 4(sp)
    sw s1, 0(sp)
work:
    add a0, s0, zero
    li a7, 1
    ecall
    add a0, s1, zero
    li a7, 1
    ecall
pop:
    lw s0, 0(sp)
    lw s1, 4(sp)
    addi sp, sp, 8
    add a0, s0, zero
    li a7, 1
    ecall
```

```
add a0, s1, zero

li a7, 1

ecall
```

- ***Để dễ quan sát kết quả, chương trình đã được bổ sung thêm lệnh để hiển thị kết quả ra Run I/O.***
- Quan sát thanh ghi:
  + Ta khởi tạo s0 = 1, s1 = 2.
  + Ban đầu thanh ghi **sp** có giá trị 0x7fffeffc, sau khi thực hiện lệnh **addi sp, sp, -8**, ta đã cấp phát bộ nhớ 8 byte cho 2 giá trị s0 và s1 và thay đổi giá trị thanh ghi **sp** thành 0x7fffeff4.
  + Sau lệnh **sw** ta đã lưu giá trị 1 và 2 vào địa chỉ 0x7fffeff8 và 0x7fffef4.

Data Segment

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)
0x7fffefe0	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000002	0x00000001

  + Sau đó ta load giá trị 2 tại 0x7fffef4 (0(sp)) vào s0 và load giá trị 1 tại 0x7fffef8 vào s1, từ đó ta đã đổi được giá trị 2 thanh ghi s1 và s0 cho nhau.
  + Thực hiện khôi phục **sp** về giá trị ban đầu.
- Kết quả:

```
1221
-- program is finished running (dropped off bottom) --
```

  + Ta thấy giá trị s0 = 1 và s1 = 2 đã được đổi vị trị thành 2 và 1.
  + Thử với bộ số khác cũng cho kết quả tương tự.

➔ Vậy chương trình hoạt động chính xác.

Assignment 4:

Tạo project để thực hiện Home Assignment 4. Dịch và chạy mô phỏng. Thay đổi tham số ở thanh ghi **a0** và kiểm tra kết quả ở thanh ghi **s0**. Chạy chương trình ở chế độ từng dòng lệnh và quan sát sự thay đổi giá trị của các thanh ghi **pc**, **ra**, **sp**, **a0**, **s0**. Liệt kê các giá trị trong vùng nhớ ngăn xếp khi thực hiện chương trình với n = 3.

```
.data
message: .asciz "Ket qua tinh giai thua la: "

.text
main:
        jal WARP
print:
        add a1, s0, zero
        li a7, 56
        la a0, message
        ecall
quit:
        li a7, 10
        ecall
end_main:
WARP:
        addi sp, sp, -4
        sw ra, 0(sp)

        li a0, 3
        jal FACT

        lw ra, 0(sp)
        addi sp, sp, 4
        jr ra
wrap_end:
FACT:
        addi sp, sp, -8
        sw ra, 4(sp)
        sw a0, 0(sp)

        li t0, 2
        bge a0, t0, recursive
        li s0, 1
        j done
```

```
recursive:
        addi a0, a0, -1
        jal FACT
        lw s1, 0(sp)
        mul s0, s0, s1
done:
        lw ra, 4(sp)
        lw a0, 0(sp)
        addi sp, sp, 8
        jr ra
fact_end:
```

- Quan sát thanh ghi:

  + Khi thực hiện **jal WARP** địa chỉ lệnh **add** trong *print* là 0x00400004 được lưu trong thanh ghi **ra,** thanh ghi **pc** lập tức nhận giá trị và trỏ đến địa chỉ 0x00400020, là vị trí lệnh **addi** đầu tiên trong *WARP.*

  + Thanh ghi sp có giá trị ban đầu là 0x7fffeffc đã trở thành 0x7fffeff8 do được cấp phát 4 byte sau lệnh **addi** đầu tiên trong *WARP*.

  + Sau **sw** trong *WARP* , giá trị trong **ra** được lưu trong địa chỉ 0x7fffeff8.

  + Khai báo a0 = n = 3, **jal FACT** ghi đè địa chỉ 0x00400030 của lệnh **lw ra, 0(sp)** vào thanh ghi **ra,** thanh ghi **pc** ngay lập tức nhận giá trị và trỏ đến địa chỉ 0x0040003c, chuẩn bị thực hiện lệnh **addi sp, sp, -8.**

  + Thanh ghi sp được cấp phát thêm 8 byte thành 0x7fffeff0.

  + Hai lệnh **sw** sau đó lưu giá trị trong thanh ghi **ra** hiện tại vào 0x7fffeff4 và a0 vào 0x7fffeff0.

Data Segment

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)
0x7fffefe0	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000003	0x00400030	0x00400004
0x7ffff000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000

  + Chạy đến lệnh **bge**, do a0 = 3 > 2 nên rẽ nhánh *recursive* và thực hiện **addi.** Sau đó **jal FACT** được thực hiện, ghi đè địa chỉ của **lw s1, 0(sp)** vào thanh ghi **ra** và thay đổi giá trị thanh ghi **pc** và vị trí con trỏ thành địa chỉ của **addi** trong *FACT*.

  + Tiếp tục vòng lặp cho đến khi a0 = 1 < 2 thì **j done.**

  + Lúc này **sp** có giá trị 0x7fffefe0, **ra** có giá trị 0x00400060.

Data Segment

Address	Value (+0)	Value (+4)	Value (+8)	Value (+c)	Value (+10)	Value (+14)	Value (+18)
0x7fffefe0	0x00000001	0x00400060	0x00000002	0x00400060	0x00000003	0x00400030	0x00400004
0x7ffff000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000	0x00000000

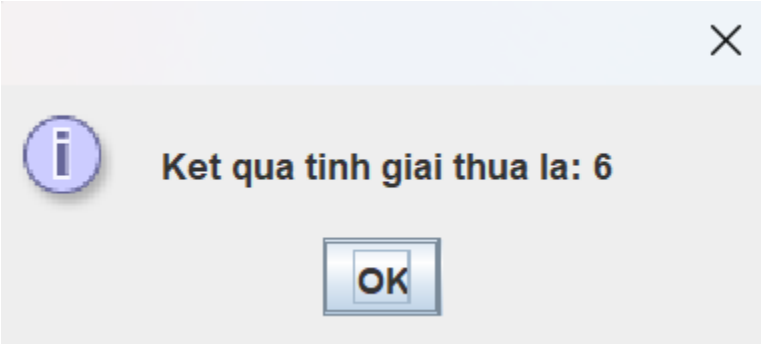
+ Ở hình trên là các giá trị được lưu trong thanh ghi **ra** từ trái sang phải lần lượt là a0, ra, a0, ra, a0, ra, ra.

+ Lấy giá trị tại 0x7fffefec là 0x00400060 và load vào **ra**, và giá trị 1 tại 0x7fffefe0 vào a0. Khôi phục thanh ghi **sp** thành 0x7fffefe8 và thực hiện **jr ra** để trở lại địa chỉ 0x00400060.

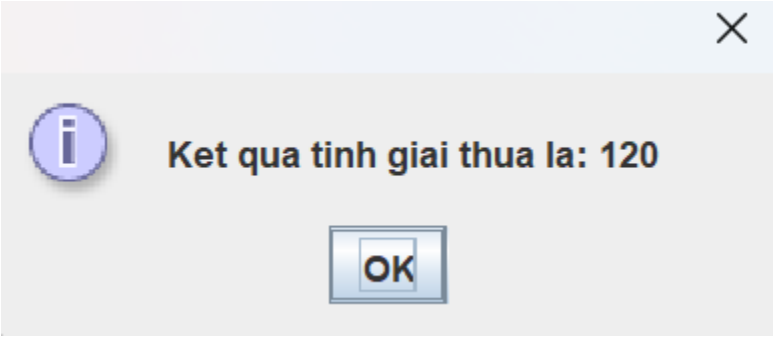
+ Thực hiện lấy giá trị 2 tại 0x7fffefe8 vào s1 và tính giai thừa.

+ Lặp lại 2 bước trên cho đến khi lấy ra hết giá trị lưu trong thanh ghi **sp.**

+ Cuối cùng thanh ghi **sp** được trả về giá trị ban đầu, thanh ghi **ra** trở về giá trị 0x00400004 và chương in kết quả chính xác ra màn hình:



- Thử với n = 5:



- Thử với các trường hợp khác cũng cho kết quả tương tự.

➔ Vậy chương trình hoạt động.

Assignment 5:

Viết chương trình con tìm giá trị lớn nhất, nhỏ nhất và vị trí tương ứng trong danh sách gồm 8 số nguyên được lưu trữ trong các thanh ghi từ a0 đến a7. Ví dụ:

Largest: 9, 3 => Giá trị lớn nhất là 9 được lưu trữ trong a3

Smallest: -3, 6 => Giá trị nhỏ nhất là -3 được lưu trữ trong a6

Gợi ý: Sử dụng ngăn xếp để truyền tham số.

Source Code:

```
.data
largest: .asciz "Largest: "
smallest: .asciz "Smallest: "
space: .asciz ", "
newline: .asciz "\n"

.text
main:
    addi sp, sp, -32 # Cap phat 32 bytes cho 8 so
    li a0, 0
    sw a0, 0(sp)
    li a1, 1
    sw a1, 4(sp)
    li a2, 2
    sw a2, 8(sp)
    li a3, 3
    sw a3, 12(sp)
    li a4, 15
    sw a4, 16(sp)
    li a5, 4
```

```
        sw a5, 20(sp)
        li a6, 6
        sw a6, 24(sp)
        li a7, 7
        sw a7, 28(sp)

        lw t0, 0(sp) # temp_max
        lw t1, 0(sp) # temp_min
        li t2, 0 # Vi tri max
        li t3, 0 # Vi tri min
        li t5, 1 # Bo dem
        addi t4, sp ,4 # Tro den vi tri ke tiep
        li s8, 8

        jal loop

        jal print

        li a7, 10
        ecall

loop:
        bge t5, s8, end_loop # Neu da duyet het 8 so thi out
        lw t6, 0(t4) # Load gia tri tu stack
        bgt t6, t0, max
min_check:
        blt t6, t1, min
```

```
update_vitri:
        addi t4, t4, 4 # Tang con tro
        addi t5, t5, 1 # Tang bo dem
        j loop
max:
        addi t0, t6, 0 # Cap nhat max
        addi t2, t5, 0 # Cap nhat vi tri max
        j min_check
min:
        addi t1, t6, 0 # Cap nhat min
        addi t3, t5, 0 # Cap nhat vi tri min
        j update_vitri
end_loop:
        jr ra
print:
        la a0, largest
        li a7, 4
        ecall

        addi a0, t0, 0
        li a7, 1
        ecall

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

```
addi a0, t2, 0
li a7, 1
ecall

la a0, newline
li a7, 4
ecall

la a0, smallest
li a7, 4
ecall

addi a0, t1, 0
li a7, 1
ecall

la a0, space
li a7, 4
ecall

addi a0, t3, 0
li a7, 1
ecall

addi sp, sp, 32 # Khoi phuc sp

jr ra
```

- Chương trình lưu giá trị của 8 số nguyên trong các thanh ghi a0 – a7 vào ngăn xếp, sau đó duyệt ngăn xếp để tìm số lớn nhất, bé nhất và vị trí của chúng, sau đó in ra màn hình Run I/O.
- Kết quả khi chạy thử với bộ số 0, 1, 2, 3, 15, 4, 6, 7 :

```
Largest: 15, 4
Smallest: 0, 0
-- program is finished running (0) --
```

- Bộ số -99, 18, -5, 0, 3, 2, -7, 8:

```
Largest: 18, 1
Smallest: -99, 0
-- program is finished running (0) --
```

- Thử với vài bộ số khác cũng cho kết quả chính xác.
  - ➔ Vậy có vẻ chương trình hoạt động như mong muốn.