LẬP TRÌNH HỆ THỐNG

ThS. Đỗ Thị Thu Hiền
(hiendtt@uit.edu.vn)

TRƯỜNG ĐH CÔNG NGHỆ THÔNG TIN - ĐHQG-HCM
KHOA MẠNG MÁY TÍNH & TRUYỀN THÔNG
FACULTY OF COMPUTER NETWORK AND COMMUNICATIONS
Tầng 8 - Tòa nhà E, trường ĐH Công nghệ Thông tin, ĐHQG-HCM
Điện thoại: (08)3 725 1993 (122)

Machine-level programming: Điều khiển luồng

Làm thế nào biểu diễn trong assembly?

Code C

```
if (x>y)
    result = x + y;
else
    result = x - y;
```

Assembly code

// lệnh **if** để kiểm tra điều kiện trong assembly??

addl %ebx, %eax

// else??

subl %ebx, %eax

```
for(i=0; i<8; i++)
   result += i;
```

// Lệnh **for**??

và... ??

Ví dụ if/else trong assembly

Code C

```
int result;
if (x < y)
    result = y-x;
else
    result = x-y;
return result;
```

Assembly code

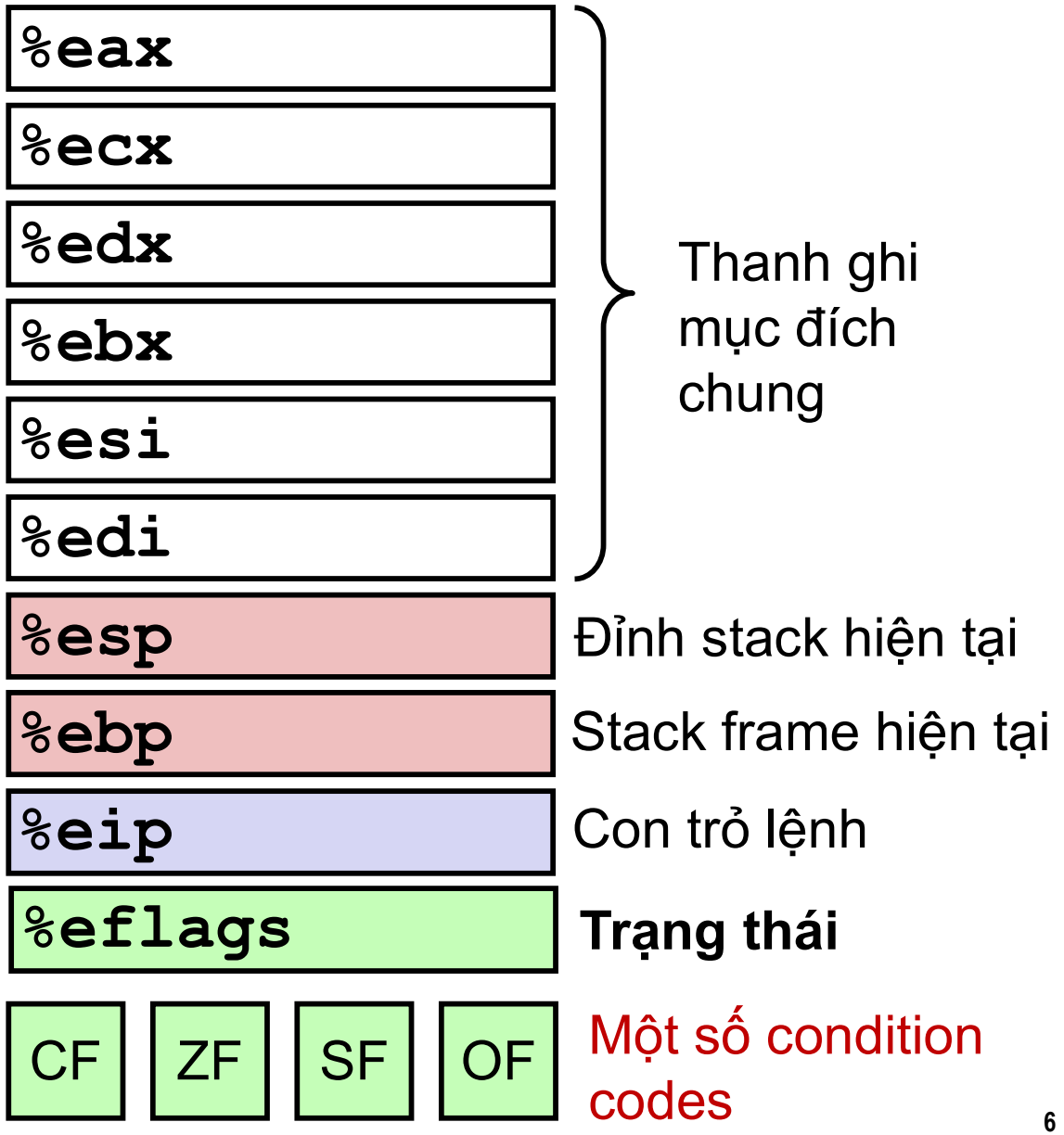
```
    x at %ebp+8, y at %ebp+12
1       movl    8(%ebp), %edx
2       movl    12(%ebp), %eax
3       cmpl    %eax, %edx
4       jge     .L2
5       subl    %edx, %eax
6       jmp     .L3
7   .L2:
8       subl    %eax, %edx
9       movl    %edx, %eax
10  .L3:
```

Nội dung

- **Điều khiển luồng: Condition codes**
- **Rẽ nhánh có điều kiện**
- **Vòng lặp**

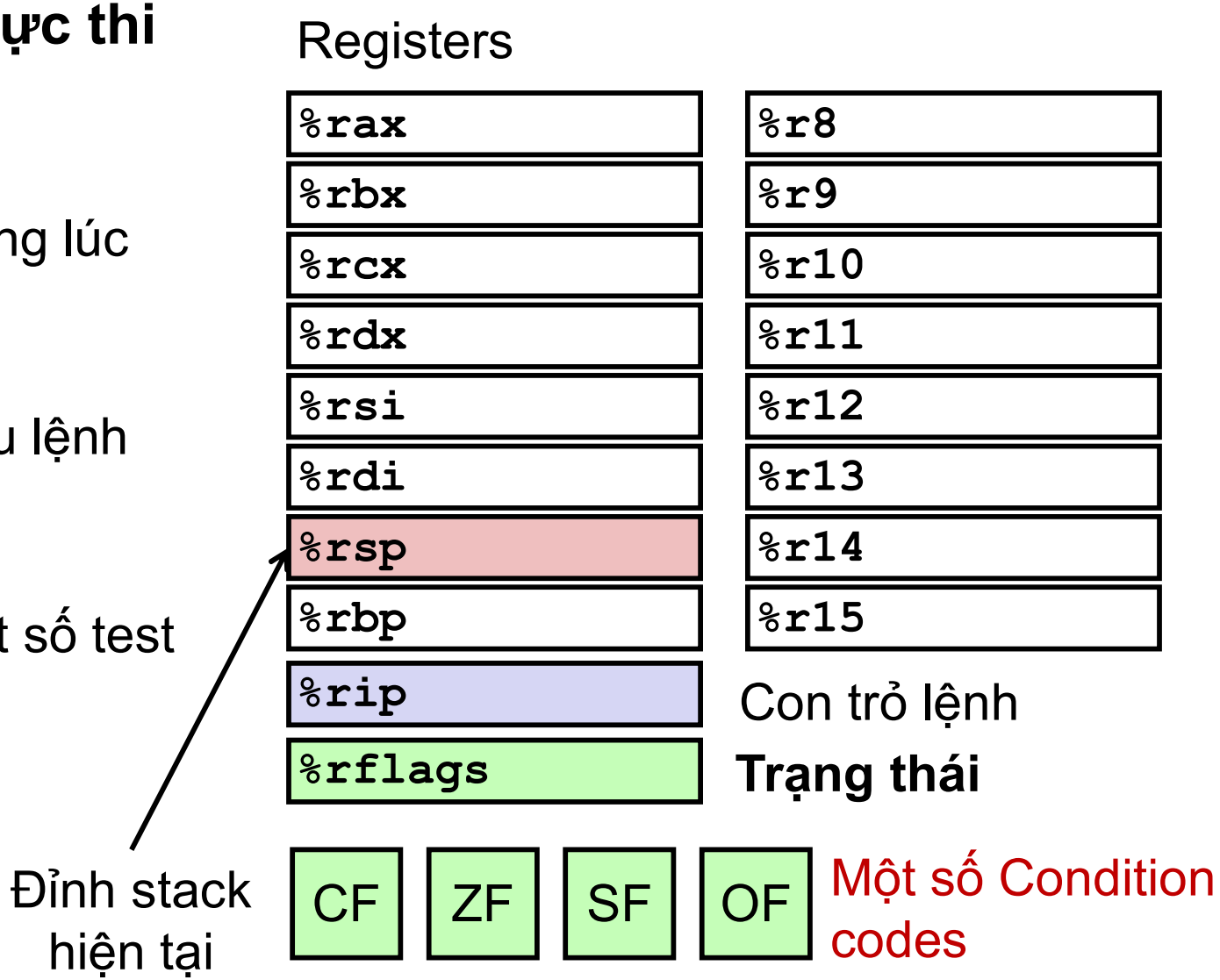
Trạng thái bộ xử lý (IA32)

- **Các thông tin về chương trình hiện đang thực thi**
  - Dữ liệu tạm thời (`%eax`, …)
  - Vị trí của stack trong lúc chạy (`%esp, %ebp`)
  - Vị trí kiểm soát câu lệnh được thực thi (`%eip`, …)
  - Trạng thái của một số test gần nhất (CF, ZF, SF, OF)



Trạng thái bộ xử lý (x86-64)?

- **Các thông tin về chương trình hiện đang thực thi**
  - Dữ liệu tạm thời (**`%rax`**, …)
  - Vị trí của stack trong lúc chạy (**`%rsp`**)
  - Vị trí kiểm soát câu lệnh được thực thi (**`%rip`**, …)
  - Trạng thái của một số test gần nhất (CF, ZF, SF, OF)



Condition Codes

- **Các "thanh ghi" 1-bit** (0 hoặc 1)
  - **CF -** Carry Flag (for unsigned) Được bật khi xảy ra tràn số không dấu
  - **SF -** Sign Flag (for signed) Được bật khi kết quả là số âm
  - **ZF -** Zero Flag Được bật khi kết quả là số 0
  - **OF** Overflow Flag (for signed) Được bật khi xảy ra tràn số có dấu

- Chứa trong thanh ghi **`%eflag / %rflag`**
- **Gán giá trị cho các condition codes**
  - Gán ngầm: qua các phép tính toán học
  - Gán tường minh: các lệnh so sánh, test
- **Condition codes** có thể được dùng để:
  - Thực thi các đoạn lệnh dựa trên các điều kiện
  - Gán giá trị dựa trên điều kiện
  - Chuyển dữ liệu dựa trên các điều kiện

Gán giá trị Condition Codes (1)
Gán ngầm qua phép tính toán học

- **Các "thanh ghi" 1-bit**
  - CF Carry Flag (for unsigned)
  - ZF Zero Flag
  - SF Sign Flag (for signed)
  - OF Overflow Flag (for signed)

- **Được gán ngầm bằng các phép tính toán học**
  - Có thể được xem là tác dụng phụ (side affect) của các phép toán này

  Ví dụ: **`addl`** `Src,Dest` ↔ t = a+b

  CF được gán nếu có nhớ bit ở most significant bit (tràn số không dấu)

  ZF được gán nếu t == 0

  SF được gán nếu t < 0 (có dấu)

  OF được gán nếu tràn số bù 2 (có dấu)
  (a>0 && b>0 && t<0) || (a<0 && b<0 && t>=0)

- **Không được gán giá trị bằng lệnh `leal`!**

Gán giá trị Condition Codes (2)
Gán tường minh qua phép so sánh

- **Giá trị được gán tường minh bằng các lệnh So sánh**
  - **`cmpl`** `Src2, Src1`
  - **`cmpl`** `b,a` tương tự như tính **`a - b`** mà không cần lưu lại kết quả tính

  - CF được gán nếu có nhớ bit ở most significant bit (dùng cho so sánh số không dấu)
  - ZF được gán nếu a == b
  - SF được gán nếu (a-b) < 0 (phép trừ có dấu - âm)
  - OF được gán nếu tràn số bù 2 (có dấu)

(a>0 && b<0 && (a-b)<0) || (a<0 && b>0 && (a-b)>0)

Gán giá trị Condition Codes (3)
Gán tường minh qua lệnh test

- **Gán tường minh bằng lệnh `test`**
  - **`testl`** *`Src2, Src1`*
    - **`testl b,a`** tương tự tính **`a & b`** mà không lưu lại kết quả tính
  - Gán giá trị các condition codes dựa trên giá trị của **`Src1 & Src2`**
  - Hữu ích khi có 1 toán hạng đóng vai trò là mask
  - ZF được gán khi **`a&b == 0`**
  - SF được gán khi **`a&b < 0`**

Sử dụng Condition Codes
Điều khiển luồng dựa trên điều kiện

- **Gán giá trị dựa trên điều kiện**
  - setX
- **Chuyển dữ liệu dựa trên điều kiện**
  - Conditional move
- **Rẽ nhánh có điều kiện**
  - Instruction rẽ nhánh: jX
  - If/else
  - Vòng lặp (loop)

Nội dung

- Điều khiển luồng: Condition codes
- **Rẽ nhánh có điều kiện**
- Vòng lặp

Các câu lệnh jump

- **Các lệnh rẽ nhánh: jX**
  - `jX label`
  - Nhảy đến đoạn mã khác (được gán nhãn `label`) để thực thi dựa trên các condition codes.

jX	Điều kiện	Mô tả
`jmp`	`1`	Nhảy không điều kiện
`je`	`ZF`	Equal / Zero
`jne`	`~ZF`	Not Equal / Not Zero
`js`	`SF`	Negative
`jns`	`~SF`	Nonnegative
`jg`	`~(SF^OF)&~ZF`	Greater (Signed)
`jge`	`~(SF^OF)`	Greater or Equal (Signed)
`jl`	`(SF^OF)`	Less (Signed)
`jle`	`(SF^OF)|ZF`	Less or Equal (Signed)
`ja`	`~CF&~ZF`	Above (unsigned)
`jb`	`CF`	Below (unsigned)

Các câu lệnh jump kết hợp với so sánh

- Các lệnh jump thường kết hợp với các lệnh so sánh/test
  - Kết quả của lệnh so sánh/test quyết định có thực hiện jump hay không.

```
cmpl src2, src1
jX label
```

jX	Điều kiện nhảy
je	src1 == src2
jne	src1 != src2
jg	src1 > src2
jge	src1 ≥ src2
jl	src1 < src2
jle	src1 ≤ src2

Sử dụng lệnh jX nào?

- Cho các giá trị: %eax = x %ebx = y %ecx = z
- Một đoạn mã gán nhãn .L1

Điều kiện nhảy đến .L1	Tổ hợp lệnh `cmpl/test` và `jX`

x == y	cmpl %eax, %ebx
	je .L1
	
	cmpl %ebx, %eax
	je .L1

y != z	cmpl %eax, %ebx
	jne .L1
	
	cmpl %ebx, %eax
	jne .L1

z > x	cmpl %eax, %ecx
	jg .L1
	
	cmpl %ecx, %eax
	jle .L1

x < 0	cmpl $0, %eax jl .L1 cmpl $0, %eax js .L1 không đổi ngược lại vì hằng số không ở phía sau
y == 0	cmpl $, %ebx je .L1 test %ebx, %ebx jz .L1
z	cmpl $0, %ecx jne .L1 test %ecx, %ecx jnz .L1
true	jmp .L1

Rẽ nhánh có điều kiện – Ví dụ

```
int absdiff(int x, int y)
{
  int result;
  if (x < y)
    result = y-x;
  else
    result = x-y;
  return result;
}
```

```
    x at %ebp+8, y at %ebp+12
1       movl    8(%ebp), %edx   //x
2       movl    12(%ebp), %eax  //y
3       cmpl    %eax, %edx
4       jge     .L2
5       subl    %edx, %eax
6       jmp     .L3
7     .L2:                      # x >= y
8       subl    %eax, %edx
9       movl    %edx, %eax
10    .L3:
```

Sử dụng điều kiện nhảy là điều kiện **false** của if

Rẽ nhánh có điều kiện – Ví dụ (tt)

```
int absdiff(int x, int y)
{
  int result;
  if (x < y)
    result = y-x;
  else
    result = x-y;
  return result;
}
```

```
    x at %ebp+8, y at %ebp+12
1.      movl    8(%ebp), %edx   //x
2.      movl    12(%ebp), %eax  //y
3.      cmpl    %eax, %edx
4.      jl      .L2
5.      subl    %eax, %edx
6.      movl    %edx, %eax
7.      jmp     .L3
8.  .L2:
9.      subl    %edx, %eax
10. .L3
```

Sử dụng điều kiện nhảy là điều kiện **true** của if

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Từ C sang assembly: Dạng Goto

- C hỗ trợ **goto** statement → bản chất giống lệnh **jmp**
- Nhảy đến vị trí xác định bởi **label**

```
int absdiff(int x, int y)
{
    int result;
    if (x > y)
        result = x-y;
    else
        result = y-x;
    return result;
}
```

```
int absdiff_j(int x, int y)
{
    int result;
    int ntest = x <= y;
    if (ntest) goto Else;
    result = x-y;
    goto Done;
 Else:
    result = y-x;
 Done:
    return result;
}
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện
Từ C sang assembly: Phương pháp chung

C code

```
if (test-expr)
    then-statement;
else
    else-statement;
```

Dạng Goto *(thực hiện tính toán và luồng tương tự mã assembly)*

```
        nt = !test-expr;
        if (nt)
                goto False;
        then-statement;
        goto Done;
False:
        else-statement;
Done:
```

Assembly code

```
        …
        <instructions to check nt>
        jX False
        <instructions of then-statement>
        jmp Done
False:
        <instruction of else-statement>
Done:
        …
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện
Từ C sang assembly: Phương pháp chung

C code

```
if (a>b)
   result = a^b;
else
   result = a&b;
```

Dạng Goto *(thực hiện tính toán và luồng tương tự mã assembly)*

```
      nt = a <= b;
      if (nt)
            goto False;
      result = a^b;
      goto Done;
False:
      result = a&b;
Done:
```

Assembly code

```
%eax = a
%ebx = b
```

```
      …
      cmpl %ebx, %eax
      jle False
      xorl %ebx, %eax
      jmp Done
False:
      andl %ebx, %eax

Done:
      // return value in %eax
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 2.1: if/else - Từ C sang assembly

```
1   int func(int x, int y)
2   {
3       int result = 0;
4       if (x > 2)
5           result = x + y;
6       else
7           result = x - y;
8       return result;
9   }
```

```
// x at %ebp+8, y at %ebp+12
1.      movl    $0, -4(%ebp) //result
        movl 8(%ebp), %eax     //x
        movl 12(%ebp), %ebx    //y

        cmpl $2, %eax
        jle False
        addl %ebx, %eax
        movl %eax, -4(%ebp)
        jmp Done

        False:
        subl %ebx, %eax
        movl %eax, -4(%ebp)

        Done:
```

Dạng Goto *(thực hiện tính toán và luồng tương tự mã assembly)*

```
1.  int func(int x, int y)
2.  {
3.          int result = 0;
4.          not_true = [ x <= 2 ];
5.          if (not_true)
6.                  goto False;
7.          [ result = x+y ];
8.          goto Done;
9.      False:
10.         [ result = x-y ];
11.     Done:
12. }
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 2.2: if/else - Từ C sang assembly

```
1   int func(int x, int y) {
2       int sum = 0;
3       if (x != 0)
4           y--;
5       sum = x + y;
6       return sum;
7   }
```

```
// x at %ebp+8, y at %ebp+12
1.      movl $0, -4(%ebp) //sum
        movl 8(%ebp), %eax     //x
        movl 12(%ebp), %ebx    //y

        cmpl $0, %eax
        je False
        subl $1,%ebx
        jmp Done

        False:
        Done:
        addl %ebx, %eax
        movl %eax, -4(%ebp)
```

Dạng Goto *(thực hiện tính toán và luồng tương tự mã assembly)*

```
1.  int func(int x, int y)
2.  {
3.          int sum = 0;
4.          not_true = [ x=0 ] ;
5.          if (not_true)
6.              goto False;
7.          [ y=y-1; ]
8.          goto Done;
9.      False:
10.     Done:
11.         [ sum = x+y ];
12. }
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 3: Nested if - Từ C sang assembly

C code

```
1   int func(int x, int y)
2   {
3       int result = 0;
4       if (x)          if #1
5       {
6           if (y > 1)      if #2
7               result = x + y;
8           else
9               result = x * y;
10      }
11  }
```

Goto code

```
1.  int func(int x, int y)
2.  {
3.          int result = 0;
4.          notif1 = [ x != 0 ];
5.          if (notif1)
6.                  goto F1;
7.          notif2 = [ y <= 1 ];
8.          if (notif2)
9.                  goto F2;
10.         result = x + y;
11.         goto Done;
12.     F2:
13.         result = x * y;
14.     F1:
15.     Done:
16. }
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 3: Nested if - Từ C sang assembly

C code

```
1   int func(int x, int y)
2   {
3       int result = 0;
4       if (x)          if #1
5       {
6           if (y > 1)      if #2
7               result = x + y;
8           else
9               result = x * y;
10      }
11  }
```

Assembly code

```
// x at %ebp+8, y at %ebp+12
1.      movl    $0, -4(%ebp)   #result

        movl 8(%ebp), %eax     //x
        movl 12(%ebp), %ebx    //y

        cmpl $0, %eax
        jne .F1
          cmpl $1, $ebx
          jle .F2
         addl %ebx, %eax
         movl %eax, -4(%ebp)
         jmp Done
        F2:
        imull %ebx, %eax
        movl %eax, -4(%ebp)
        F1:
        Done:
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 4: if/else - Từ C sang assembly

C code

```
1   int func(int x, int y)
2   {
3     int result = 0;
4     if ( y && x!= y)
5       result = x + y;
6     return result;
7   }
```

not_true1 = y != 0
if

Viết Assembly code tương ứng?

Biết giá trị trả về sẽ lưu trong thanh ghi %eax

```
// x at %ebp+8, y at %ebp+12
1.      movl    $0, -4(%ebp)  //result
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 5: if/else - Từ C sang assembly

C code

```
1. int arith(int a, int b, int c)
2. {
3.     int sum = 0;
4.     if(c < 0 || a == b)
5.         sum = (a & b)^c;
6.     return sum;
7. }
```

Viết Code Goto và Assembly tương ứng?

Biết giá trị trả về sẽ lưu trong thanh ghi %eax

```
// a at %ebp+8, b at %ebp+12, c at %ebp+16
1.      movl   $0, -4(%ebp) // sum
2.
```

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 1: if/else - Từ assembly sang C

Assembly code

```
x at ebp+8, y at ebp+12, sum at eax
1.          movl 8(%ebp),%ecx     //x
2.          movl 12(%ebp),%ebx    //y
3.          cmpl $0,%ecx
4.          jle .L2
5.          leal (%ecx,%ebx),%eax
6.          jmp .L3
7.  .L2:
8.          movl %ebx,%eax
9.          subl %ecx,%eax
10..L3:
```

Dự đoán Code C?

- Điều kiện **true** của **if:**

- **Đoạn code tương ứng với điều kiện true của if?**

- **Đoạn code tương ứng với false của if?**

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Ví dụ 2: if/else - Từ assembly sang C

Assembly code

```
x at ebp+8, y at ebp+12, sum at ebp-4
1.      movl 8(%ebp),%eax
2.      cmpl 12(%ebp),%eax
3.      jg   .L1
4.      addl 12(%ebp),%eax
5.      movl %eax,-4(%ebp)
6.  .L1:
7.      incl -4(%ebp)
```

Dự đoán Code C?