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)

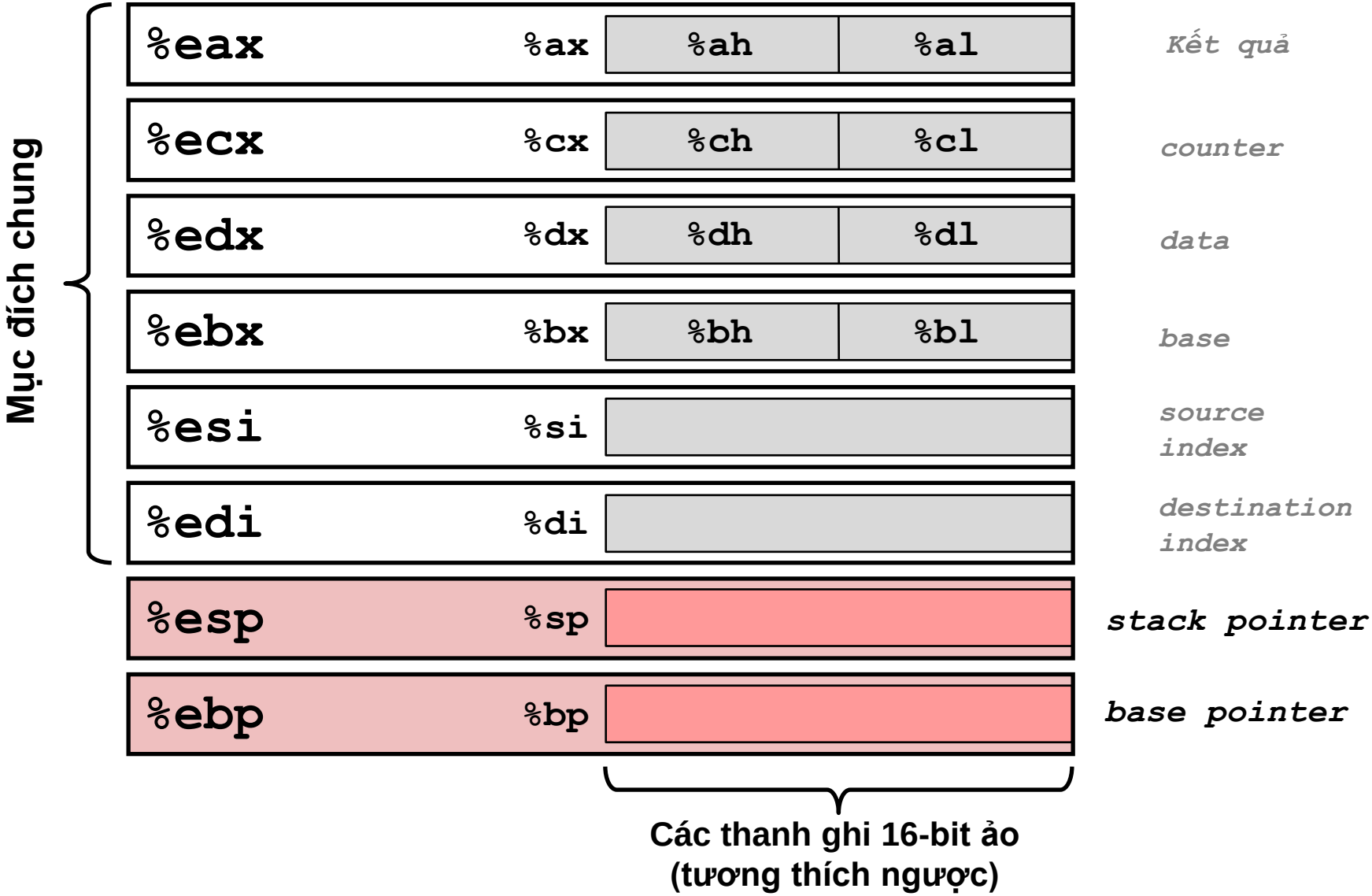
Machine-level programming

Bài tập

Nội dung

- **Review: Cơ bản về assembly**
  - **Registers, move**
  - **Các phép tính toán học và logic**
  - **Điều khiển luồng: if-else và vòng lặp**
- **Bài tập 1, 2, … n**
- **Assignment 1 & 2 ☺**

Các thanh ghi IA32 – 8 thanh ghi 32 bit



Các thanh ghi x86-64 – 16 thanh ghi

%rax	%eax
%rbx	%ebx
%rcx	%ecx
%rdx	%edx
%rsi	%esi
%rdi	%edi
%rsp	%esp
%rbp	%ebp

%r8	%r8d
%r9	%r9d
%r10	%r10d
%r11	%r11d
%r12	%r12d
%r13	%r13d
%r14	%r14d
%r15	%r15d

- Mở rộng các thanh ghi 32-bit đã có thành 64-bit, thêm 8 thanh ghi mới.
- **%ebp/%rbp** thành thanh ghi có mục đích chung.
- Có thể tham chiếu đến các 4 bytes thấp (cũng như các 1 & 2 bytes thấp)

Chuyển dữ liệu - Moving Data (IA32)

- **Chuyển dữ liệu**

  `movl Source, Dest`

- **Các kiểu toán hạng**
  - ***Immediate – Hằng số:*** Các hằng số nguyên
    - Ví dụ: `$0x400, $-533`
    - Giống hằng số trong C, nhưng có tiền tố `'$'`
    - Mã hoá với 1, 2, hoặc 4 bytes
  - ***Register – Thanh ghi:*** Các thanh ghi được hỗ trợ
    - Ví dụ: `%eax, %esi`
    - Nhưng `%esp` và `%ebp` được dành riêng với mục đích đặc biệt
    - Một số khác có tác dụng đặc biệt với một số instruction
  - ***Memory – Bộ nhớ:*** 4 bytes liên tục của bộ nhớ tại địa chỉ nhất định, có thể địa chỉ đó được lưu trong thanh ghi
    - Ví dụ: `(0x100)`, `(%eax)`
    - Có nhiều "address mode" khác

Lưu ý: **Suffix cho lệnh `mov` trong AT&T**

- **Quyết định số byte dữ liệu sẽ được "move"**
  - mov**b** 1 byte
  - mov**w** 2 bytes
  - mov**l** 4 bytes
  - mov**q** 8 bytes (dùng với các thanh ghi x86_64)
  - mov Số bytes tuỳ ý (phù hợp với tất cả số byte ở trên)
- Lưu ý: **Các thanh ghi** dùng trong lệnh mov cần đảm bảo phù hợp với **suffix**
  - Số byte dữ liệu sẽ được move

? *Có bao nhiêu lệnh mov **hợp lệ** trong các lệnh bên?*

```
movl %eax, %ebx
movb $123, %bl
movl %eax, %bl
movb $3, (%ecx)
mov (%eax), %bl
```

Các tổ hợp toán hạng cho `movl`

	Source	Dest	Src,Dest	C Analog
`movl`	*Imm*	*Reg*	`movl $0x4,%eax`	`temp = 0x4;`
		Mem	`movl $-147,(%eax)`	`*p = -147;`
	Reg	*Reg*	`movl %eax,%edx`	
		Mem	`movl %eax,(%edx)`	`*p = temp;`
	Mem	*Reg*	`movl (%eax),%edx`	`temp = *p;`

Không thể** thực hiện chuyển dữ liệu **bộ nhớ - bộ nhớ** với **duy nhất 1 instruction!

Các chế độ đánh địa chỉ bộ nhớ đầy đủ

- **Dạng tổng quát nhất**

  D(Rb,Ri,S) **Mem[Reg[Rb]+S*Reg[Ri]+ D]**

  - D: Hằng số "dịch chuyển" 1, 2, hoặc 4 bytes
  - Rb: Base register: Bất kỳ thanh ghi nào được hỗ trợ
  - Ri: Index register: Bất kỳ thanh ghi nào, ngoại trừ **%rsp** hoặc **%esp**
  - S: Scale: 1, 2, 4, hoặc 8 (*vì sao là những số này?*)

- **Các trường hợp đặc biệt**

  (Rb,Ri) **Mem[Reg[Rb]+Reg[Ri]]**

  D(Rb,Ri) **Mem[Reg[Rb]+Reg[Ri]+D]**

  (Rb,Ri,S) **Mem[Reg[Rb]+S*Reg[Ri]]**

Instruction tính toán địa chỉ: `leal`

- **`leal`** *`Src, Dst`*
  - `Src` là biểu thức tính toán địa chỉ
  - Gán `Dst` thành địa chỉ được tính toán bằng biểu thức trên

- **Tác dụng**
  - Tính toán địa chỉ ô nhớ mà ***không tham chiếu đến ô nhớ***
    - Ví dụ, trường hợp **`p = &x[i];`**
  - Tính toán biểu thức toán học có dạng ***x + k*i + d***
    - i = 1, 2, 4, hoặc 8

- **Ví dụ**

```
int mul12(int x)
{
  return x*12;
}
```

Chuyển sang assembly bằng compiler:

```
leal (%eax,%eax,2), %eax # t <- x+x*2
sall $2, %eax            # return t<<2
```

Một số phép tính toán học (1)

- **Các Instructions với 2 toán hạng:**

Định dạng		*Phép tính*	
`addl`	*Src,Dest*	Dest = Dest + Src	
`subl`	*Src,Dest*	Dest = Dest – Src	
`imull`	*Src,Dest*	Dest = Dest * Src	
`sall`	*Src,Dest*	Dest = Dest << Src	*Cũng được gọi là shll*
`sarl`	*Src,Dest*	Dest = Dest >> Src	*Arithmetic (shift phải toán học)*
`shrl`	*Src,Dest*	Dest = Dest >> Src	*Logical (shift phải luận lý)*
`xorl`	*Src,Dest*	Dest = Dest ^ Src	
`andl`	*Src,Dest*	Dest = Dest & Src	
`orl`	*Src,Dest*	Dest = Dest | Src	

- **Cẩn thận với thứ tự của các toán hạng!**
- **Không có khác biệt giữa signed và unsigned int**

Một số phép tính toán học (2)

- **Các Instructions với 1 toán hạng**

`incl`	*Dest*	*Dest = Dest + 1*
`decl`	*Dest*	*Dest = Dest – 1*
`negl`	*Dest*	*Dest = – Dest*
`notl`	*Dest*	*Dest = ~Dest*

- **Tham khảo thêm các instruction trong giáo trình**

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

Chuyển mã rẽ nhánh có điều kiện

Phương pháp chung

C code

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

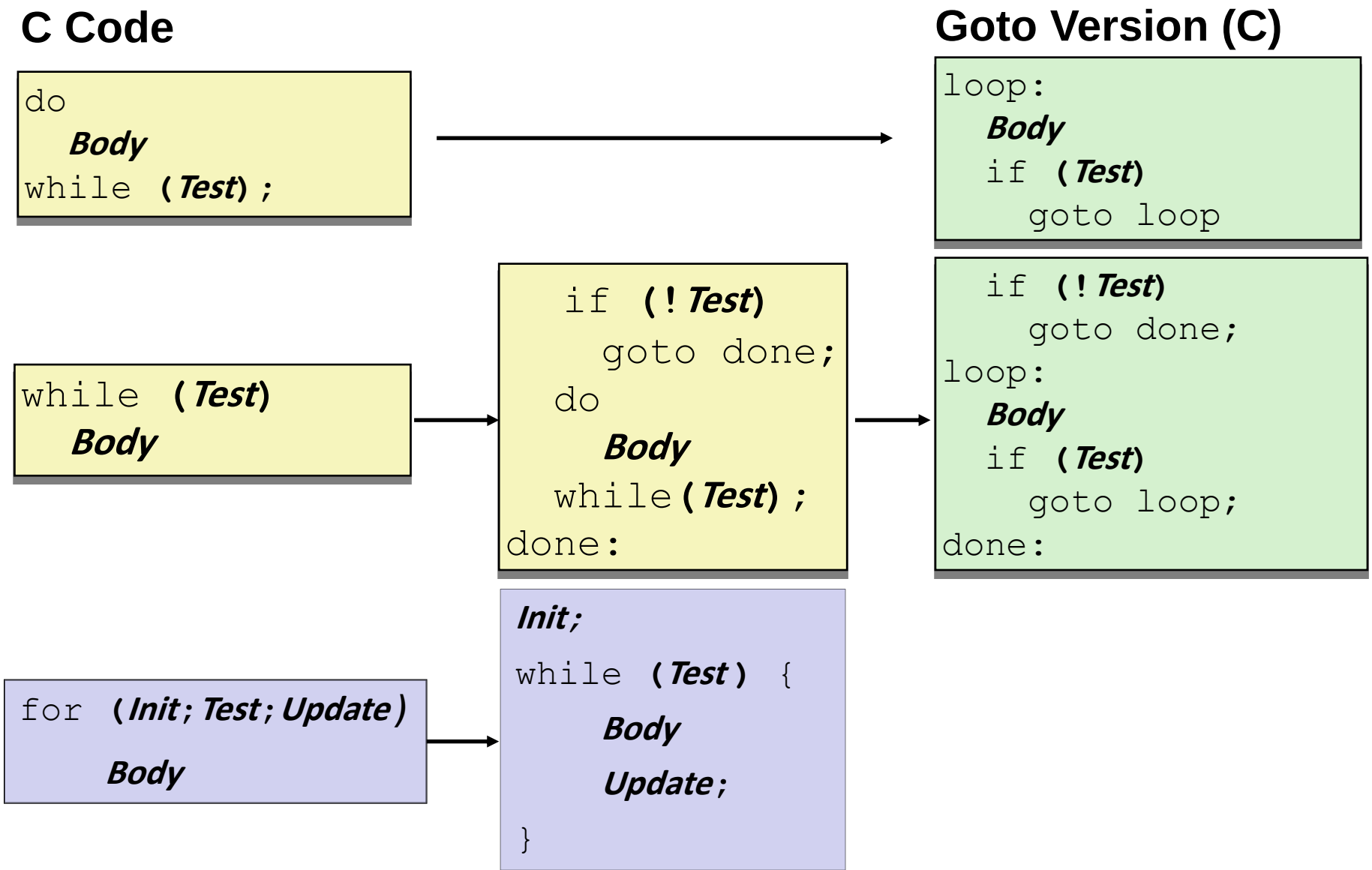
Dạng Goto *(thực hiện tính toán và luồng tương tự mã assembly)*

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

Assembly code

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

Vòng lặp (loops)



Nội dung

- Review: Cơ bản về assembly
  - (Registers, move)
  - Các phép tính toán học và logic
  - Điều khiển luồng: if-else và vòng lặp
- **Bài tập 1, 2, … n**
- Assignment 1 & 2 ☺

Bài tập 1

- **Cho trước những giá trị như hình bên được lưu trữ trong bộ nhớ và các thanh ghi**

Thanh ghi	Giá trị
%eax	0x100
%ecx	0x1
%edx	0x3

Memory	Addr
0x11	0x10C
0x13	0x108
0xAB	0x104
0xFF	0x100

Giả sử ta có lệnh `movl X, %ebx`. Với những toán hạng X dưới đây, ta sẽ lấy được những giá trị gì để đưa vào %ebx?

STT	Toán hạng X	Giá trị lấy được
1	%eax	
2	$0x108	
3	0x104	
4	(%eax)	
5	9(%eax, %edx)	

Bài tập 2

- Cho đoạn mã assembly bên dưới:

```
//x tại địa chỉ %ebp+8, y tại địa chỉ %ebp+12, z tại địa chỉ %ebp+16
1.    movl    16(%ebp), %edx
2.    movl    12(%ebp), %eax
3.    addl    8(%ebp) , %eax
4.    leal    (%edx,%edx,4), %edx
5.    addl    %edx , %edx
6.    xorl    %edx , %eax
7.    ret                                    // Trả về
```

- Điền vào những phần còn trống trong mã C tương ứng dưới đây:

```
1. int fun2(int x, int y, int z)
2. {
3.     int t1 = [          ]
4.     int t2 = [          ]
5.     return t1 ^ t2;
6. }
```

Bài tập 3 – Viết assembly If/else

```
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
```

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 = [          ];
5.          if (not_true)
6.                  goto False;
7.          [                     ]
8.          goto Done;
9.      False:
10.         [                     ]
11.     Done:
12. }
```

Bài tập 4 – If/else

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 true?**

- **Đoạn code tương ứng với false?**

Bài tập 5 – Hiểu vòng lặp do-while

```
// x at %ebp+8
1.  func:
2.          pushl %ebp
3.          movl %esp,%ebp
4.          subl $4,%esp
5.          movl $0,-4(%ebp)      # count
6.  .L1:
7.          addl $2,8(%ebp)
8.          incl -4(%ebp)
9.          cmpl $9,8(%ebp)
10.         jle .L1
11.         movl -4(%ebp),%eax
12.         leave
13.         ret
```

- Điều kiện dừng?
- Body?

Bài tập 6 – Hiểu vòng lặp for

```
1.  func:
2.          …
3.          movl $0,-8(%ebp)      # count
4.          movl $0,-4(%ebp)      # i
5.  .L2:
6.          cmpl $19,-4(%ebp)     // Kiểm tra điều
7.          jg .L3                kiện trước tiên
8.          movl -4(%ebp),%eax
9.          addl %eax,-8(%ebp)
10.         incl -4(%ebp)
11.         jmp .L2
12. .L3:
13.         leave
14.         ret
```

- Khởi tạo?
- Điều kiện dừng?
- Cập nhật?
- Body?

Bài tập 7 (tự làm)

- **Alice mới học code assembly cơ bản và mong muốn chuyển đoạn mã C dưới đây thành một đoạn mã assembly:**

```
1. int func5(char* str)
2. {
3.    int a = str[0] – '0';
4.    int b = str[1] – '0';
5.    return a + b;
6. }
```

- **str** là một số có 2 chữ số ở dạng chuỗi, ví dụ '12'
- Hàm **func5** tính tổng của các chữ số trong **str**
- Tham số đầu vào **(ở vị trí ebp + 8)** là **địa chỉ lưu chuỗi str** trong bộ nhớ
- Ký tự '0' có mã ASCII là **48 (0x30)**

- **Đoạn code assembly được viết bên dưới có chỗ chưa đúng, hãy chỉ ra và đề xuất cách sửa?**

```
1.   movl   8(%ebp), %eax   //địa chỉ của str
2.   movl   (%eax), %al     // str[0]
3.   subl   $0x48, %eax     // str[0] – '0'
4.   mov    1(%eax), %bh    // str[1]
5.   subl   $'0, %ebx       // str[1] – '0'
6.   addl   %ebx, %eax
```

Nội dung

- Review: Cơ bản về assembly
  - Registers, move
  - Các phép tính toán học và logic
  - Điều khiển luồng: if-else và vòng lặp
- Bài tập 1, 2, … n
- **Assignment 1 & 2 ☺**

Assignment 3 – Machine programming Basic

Hãy điền vào bảng **giá trị của các thanh ghi**, **địa chỉ ô nhớ có giá trị bị thay đổi**, và **giá trị thay đổi** đó ***sau khi thực thi*** từng câu lệnh trên?

ebp 0x100 eax 0x2

```
1 movl   $2, -16(%ebp)
2 movl   $3, -12(%ebp)
3 movl   $0x1, -4(%ebp)
4 movl   -4(%ebp), %eax
5 subl   $1, %eax
6 movl   -16(%ebp,%eax,4), %eax
7 sall   $3, %eax
8 movl   %eax, -8(%ebp)
```

Câu lệnh	Thanh ghi thay đổi giá trị	Giá trị thanh ghi	Địa chỉ ô nhớ thay đổi giá trị	Giá trị ô nhớ	Giải thích
1	-	-	0xF0	2	Gán giá trị hằng số 2 vào ô nhớ có địa chỉ bằng (%ebp – 16) = 0xF0
2					
3					
4	%eax	?	-	-	Gán giá trị đang lưu trong ô nhớ có địa chỉ (%ebp – 4) = 0xFC vào thanh ghi %eax
5					
6					
7					
8					

Assignment 2 – Chuyển thành for

Chuyển đoạn code assembly bên dưới thành vòng lặp for trong C?

```
//  x at %ebp+8, max at %ebp+12
1.  example:
2.          movl    $0, -4(%ebp)    # result
3.          movl    8(%ebp), %eax
4.          movl    %eax, -8(%ebp) # i
5.  .L3:
6.          movl    -8(%ebp), %eax
7.          cmpl    12(%ebp), %eax
8.          jge     .L2
9.          movl    -8(%ebp), %eax
10.         andl    $1, %eax
11.         movl    %eax, -12(%ebp)
12.         movl    -12(%ebp), %eax
13.         addl    %eax, -4(%ebp)
14.         addl    $2, -8(%ebp)
15.         jmp     .L3
16..L2:
17.         movl    -4(%ebp), %eax # return
```

Gợi ý: vị trí 1 số biến:

`%ebp – 4`: result

`%ebp – 8`: i

- Khởi tạo?
- Điều kiện dừng?
- Cập nhật?
- Body?
- Viết vòng lặp for?

Bài tập bonus

Giả sử ta có đoạn mã assembly như bên dưới

```
x at %ebp+8, n at %ebp+12
1.    movl   12(%ebp), %ecx      // n
2.    movl   8(%ebp), %edx       // x
3.    xorl   %eax, %eax
4.    addl   $1, %eax
5.    sall   %ecx, %eax
6.    andl   %edx, %eax
7.    sarl   %ecx, %eax
8.    andl   $1, %eax
```

Trả lời các câu hỏi sau:

1. Instruction thứ 3 (lệnh **`xor`**) có tác dụng gì?

2. Instruction thứ 5 & 7 thực hiện các phép dịch bit **`(sall và sarl)`** với số bit cần dịch lưu trong thanh ghi %ecx, tuy nhiên đang bị lỗi. Lý giải nguyên nhân bị lỗi và sửa lại cho đúng?

3. Viết hàm C tương ứng với mã assembly trên: **`int func3(int x, int n)`**

Thử dự đoán chức năng của đoạn mã này?

Nội dung

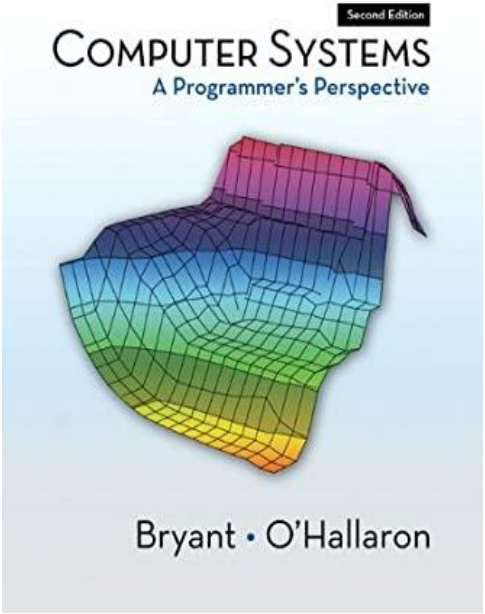
- **Các chủ đề chính:**
  1) Biểu diễn các kiểu dữ liệu và các phép tính toán bit
  2) Ngôn ngữ assembly
  3) Điều khiển luồng trong C với assembly
  4) Các thủ tục/hàm (procedure) trong C ở mức assembly
  5) Biểu diễn mảng, cấu trúc dữ liệu trong C
  6) Một số topic ATTT: reverse engineering, bufferoverflow
  7) Phân cấp bộ nhớ, cache
  8) Linking trong biên dịch file thực thi
- **Lab liên quan**
  - Lab 1: Nội dung **1**
  - Lab 2: Nội dung 1, **2**, **3**
  - Lab 3: Nội dung 1, **2, 3, 4, 5, 6**
  - Lab 4: Nội dung 1, **2,** 3**,** **4**, 5, **6**
  - Lab 5: Nội dung 1, **2,** 3**,** **4**, 5, **6**
  - Lab 6: Nội dung **1, 2, 3**, **4, 5, 6**

Giáo trình

- **Giáo trình chính**

Computer Systems: A Programmer's Perspective

  - Second Edition (CS:APP2e), Pearson, 2010
  - Randal E. Bryant, David R. O'Hallaron
  - http://csapp.cs.cmu.edu



- **Tài liệu khác**
  - *The C Programming Language*, Second Edition, Prentice Hall, 1988
    - Brian Kernighan and Dennis Ritchie
  - *The IDA Pro Book: The Unofficial Guide to the World's Most Popular Disassembler*, 1st Edition, 2008
    - Chris Eagle
  - *Reversing: Secrets of Reverse Engineering*, 1st Edition, 2011
    - Eldad Eilam


KEEP
CALM
AND
ENJOY YOUR
SEMESTER :)