LẬP TRÌNH HỆ THỐNG

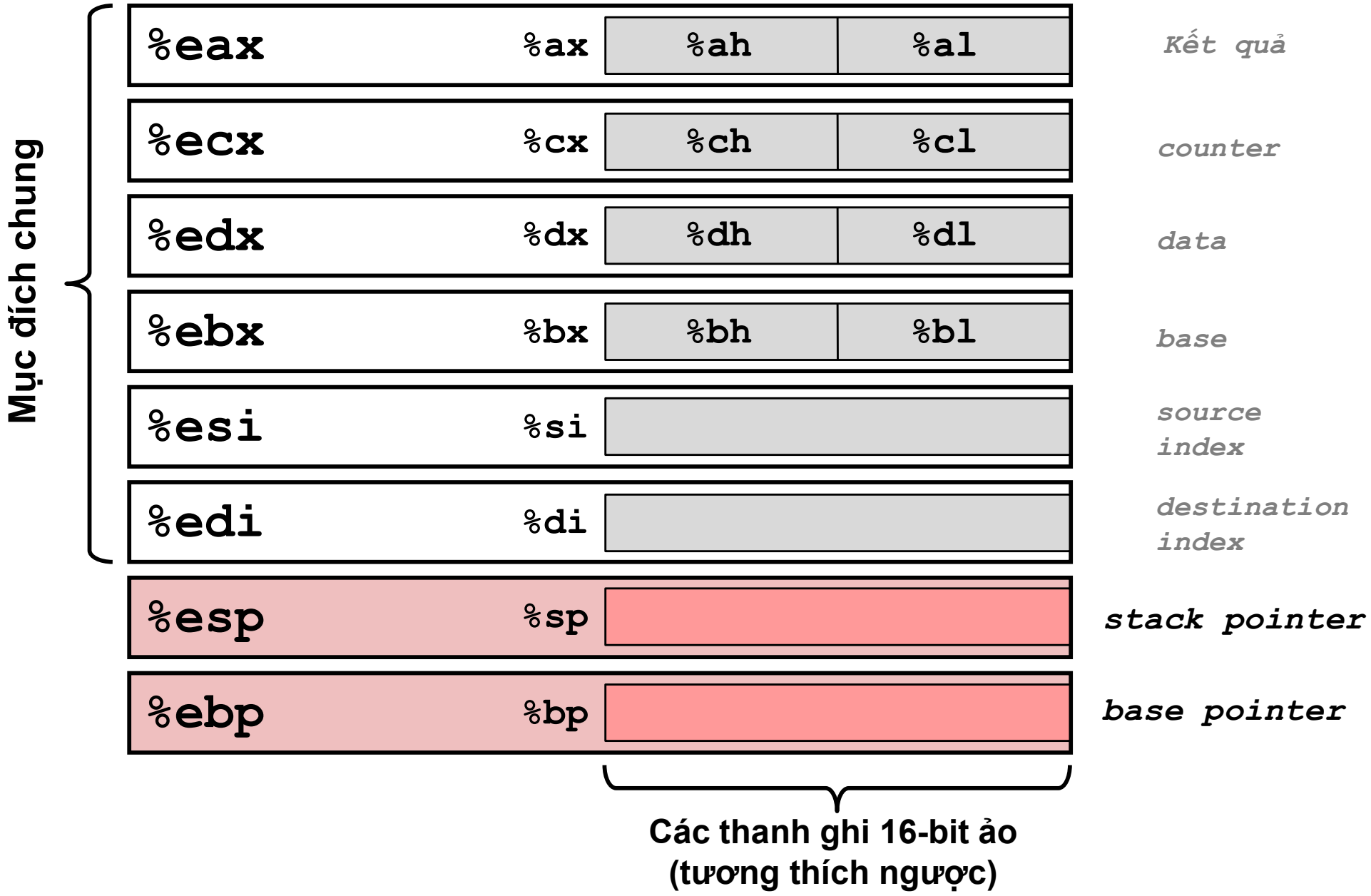
TRƯỜNG ĐH CÔNG NGHỆ THÔNG TIN - ĐHQG-HCM
KHOA MẠNG MÁY TÍNH & TRUYỀN THÔNG
FACULTY OF COMPUTER NETWORK AND COMMUNICATIONS
Tầng 8 - Tòa nhà E, trường ĐH Công nghệ Thông tin, ĐHQG-HCM
Điện thoại: (08)3 725 1993 (122)

Machine-level programming
Bài tập

Nội dung

- **Review: Cơ bản về assembly**
  - **Registers, move**
  - **Các phép tính toán học và logic**
- **Bài tập 1, 2, … n**
- **Assignment 2 (& bonus) ☺**

Các thanh ghi IA32 – 8 thanh ghi 32 bit



Các thanh ghi x86-64 – 16 thanh ghi

%rax	%eax	%r8	%r8d
%rbx	%ebx	%r9	%r9d
%rcx	%ecx	%r10	%r10d
%rdx	%edx	%r11	%r11d
%rsi	%esi	%r12	%r12d
%rdi	%edi	%r13	%r13d
%rsp	%esp	%r14	%r14d
%rbp	%ebp	%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`, `(0x100)`, `(%eax)`
    - Có nhiều "address mode" khác

`%eax`
`%ecx`
`%edx`
`%ebx`
`%esi`
`%edi`
`%esp`
`%ebp`

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]]**

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

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**

Nội dung

- Review: Cơ bản về assembly
  - Registers, move
  - Các phép tính toán học và logic
- **Bài tập 1, 2, … n**
- Assignment 2 (& bonus) ☺

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
0x15	0x108
0xAB	0x104
0xF9	0x100

Những câu lệnh sau ảnh hưởng đến giá trị của thanh ghi/ô nhớ như thế nào?

Câu lệnh	Thanh ghi/ô nhớ bị thay đổi	Giá trị thay đổi như thế nào?
addl %ecx, (%eax)		
imull $2, (%eax, %edx, 4)		
subl %ecx, %eax		
movl (%eax, %ecx, 8), %eax		
leal (%eax, %ecx, 8), %edx		

Bài tập 2

Lệnh nào có thể gán %ebx = 2?

```
A. movl %eax, %ebx
B. movl 2, %ebx
C. addl %eax, %ebx
D. imull %eax, %ebx
E. movb $2, %bl
F. movl (%edx,%eax,2), %ebx
G. movl 1(%eax), %ebx
H. addl (%ecx), %ebx
```

Registers

%eax	0x2
%ebx	0x1
%ecx	0x100
%edx	0x104

Memory

	Address
0x1	0x108
0x2	0x104
0x1	0x100

Bài tập 3

- Cho đoạn mã assembly bên dưới, biết `%eax` lưu giá trị tính toán cuối cùng

```
x at (%ebp+8), y at (%ebp+12), z at (%ebp+16)
1.    movl   12(%ebp), %eax
2.    xorl   8(%ebp), %eax
3.    sall   $5, %eax
4.    incr   %eax
5.    subl   16(%ebp), %eax
```

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

```
1. int arith(int x, int y, int z)
2. {
3.    int t1 = ____________;
4.    int t2 = ____________;
5.    int t3 = ____________;
6.    int t4 = ____________;
7.    return t4;
8. }
```

- Giả sử x = 2, y = 5, z = 3. Hỏi kết quả cuối cùng là bao nhiêu?

Bài tập 4

- Cho đoạn mã assembly bên dưới:

```
//x tại ô nhớ (%ebp+8), y tại ô nhớ (%ebp+12), z tại ô nhớ (%ebp+16)
1.    movl    16(%ebp), %edx
2.    movl    12(%ebp), %eax
3.    subl    8(%ebp) , %eax
4.    leal    (%edx,%edx,2), %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 5

- Cho đoạn mã assembly bên dưới, %eax lưu kết quả tính toán cuối cùng

```
x tại ô nhớ (%ebp+8), y tại ô nhớ (%ebp+12)
1.    movl   8(%ebp), %eax
2.    subl   12(%ebp), %eax
3.    sarl   $31, %eax
4.    movl   %eax, %edx
5.    andl   12(%ebp), %eax
6.    notl   %edx
7.    andl   8(%ebp), %edx
8.    orl    %edx, %eax
```

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

```
1. int decode(int x, int y)
2. {
3.    int t1 = ____________;
4.    int t2 = ____________;
5.    return t1 | t2;
6. }
```

Bài tập 6: Viết lệnh assembly

Viết một số lệnh hiện thực các ý tưởng sau

Lưu ý: Các lệnh thực thi riêng biệt không liên quan đến nhau. Hệ thống đang xét 32bit

	Tác vụ	Lệnh assembly
0	Tăng giá trị thanh ghi %eax lên 1 đơn vị	incl %eax leal 1(%eax), %eax addl $1, %eax
1	Nhân giá trị đang lưu trong %ecx với 4	
2	Tính toán địa chỉ ở ô nhớ nằm trên địa chỉ đang lưu trong %eax 12 byte. Kết quả lưu trong %ebx	
3	Trừ giá trị đang lưu trong ô nhớ địa chỉ 0x104 cho %edx, lưu kết quả vào chính ô nhớ đó.	
4	Giữ nguyên 4 bit thấp nhất của giá trị thanh ghi %ecx, các bit còn lại gán về 0.	
5	Chỉ lấy 2 byte từ ô nhớ nằm dưới địa chỉ đang lưu trong %eax 4 byte, kết quả lưu trong thanh ghi 2 byte của %ecx.	

Bài tập 7: Hoàn thiện đoạn lệnh

Cho trước **giá trị biến a** đang lưu trong ô nhớ có **địa chỉ 0x102**, **%ebx = 0x100**. Giả sử cần tính toán biểu thức **10a + 4**. Hoàn thiện các lệnh assembly bên dưới để hiện thực ý tưởng như đã ghi chú?

1. **movl** ....., %eax *# Chuyển a từ ô nhớ 0x102 sang %eax*
2. **.....** ....., %eax *# %eax = 5*%eax = 5*a*
3. **.....** ....., %eax *# %eax = %eax + 2 = 5*a + 2*
4. **.....** ....., %eax *# %eax = %eax*2 = 10*a + 4*

Bài tập 8: Viết đoạn lệnh assembly

Cho **%eax = a, %ebx = b.**
Hãy dùng lệnh assembly để tính toán **6a + b + 4** lưu trong %eax trong phạm vi 2 lệnh?

Bài tập 9: Viết code assembly

Cho **x** lưu ở ô nhớ **8(%ebp)**, **y** lưu ở ô nhớ **12(%ebp)**. Viết đoạn chương trình tính toán biểu thức (lấy phần nguyên), kết quả cuối lưu vào thanh ghi **%eax**?

$$\frac{(x+y)^2}{2}$$

Bài tập 10 (tự xem)

- **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
- Bài tập 1, 2, … n
- **Assignment 2 (& bonus) ☺**

Assignment – 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?

Lưu ý: Bên dưới là đề mẫu, SV làm theo đề bài trên moodle

ebp 0xFC **eax** 0x1

```
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  -12(%ebp, %eax, 4), %eax
7. sall  $2, %eax
8. movl  %eax, -8(%ebp)
```

Câu lệnh	Vị trí thay đổi (Ô nhớ/thanh ghi?)	Tên thanh ghi/địa chỉ ô nhớ	Giá trị mới?	Giải thích
1	Ô nhớ	0xEC	2	Ô nhớ có địa chỉ **(%ebp – 16) = 0xFC – 16 = 0xEC** được gán giá trị hằng số 2
2				
3				
4	Thanh ghi	%eax	??	
5				
6				
7				
8				

Bài tập bonus – Machine programming Basic

Giả sử ta có đoạn mã assembly như bên dưới

```
x tại ô nhớ (%ebp+8), n tại ô nhớ (%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.    subl   $1, %eax
7.    andl   %edx, %eax
```

Trả lời các câu hỏi sau:

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

2. Instruction thứ 5 thực hiện các phép dịch bit **`(sall)`** 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 bonus(int x, int n)`**

Thử dự đoán chức năng của đoạn mã này?

Nội dung

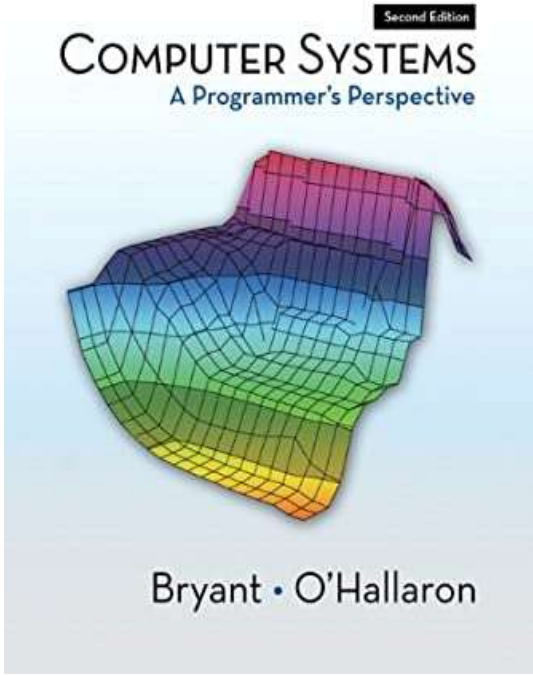
- **Các chủ đề chính:**
  1) Biểu diễn các kiểu dữ liệu và các phép tính toán bit
  2) Ngôn ngữ assembly cơ bản
  3) Điều khiển luồng trong C với assembly
  4) Các thủ tục/hàm (procedure) trong C ở mức assembly
  5) Biểu diễn mảng, cấu trúc dữ liệu trong C
  6) Một số topic ATTT: reverse engineering, 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 :)