

# BÀI TẬP CHƯƠNG 1

## (Những khái niệm và công nghệ máy tính – Hiệu suất máy tính)

### ---oOo---

Các bài tập chương này được trích dẫn và dịch lại từ:

*Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface,*  
Patterson, D. A., and J. L. Hennessy, Morgan Kaufman, **Third Edition**, 2011.

-----

#### Bài 1.

Tìm từ hoặc cụm từ trong danh sách sao cho phù hợp nhất cho các câu hỏi bên dưới (Sinh viên sử dụng các số thứ tự bên cạnh từ/cụm từ đó để trả lời). Chỉ sử dụng 01 lựa chọn phù hợp nhất cho câu trả lời.

1. virtual worlds	14. operating system
2. desktop computers	15. compiler
3. servers	16. bit
4. low-end servers	17. instruction
5. supercomputers	18. assembly language
6. terabyte	19. machine language
7. petabyte	20. C
8. datacenters	21. assembler
9. embedded computers	22. high-level language
10. multicore processors	23. system software
11. VHDL	24. application software
12. RAM	25. cobol
13. CPU	26. fortran

- 1.1 Máy tính được dùng để giải quyết các vấn đề lớn và thông thường truy cập qua mạng - 3
- 1.2  $10^{15}$  byte hoặc  $2^{50}$  byte - 7
- 1.3 Máy tính có sự kết hợp của hàng trăm ngàn bộ xử lý và hàng terabyte bộ nhớ. - 8
- 1.4 Các ứng dụng mạng tính khoa học viễn tưởng ngày nay có lẽ sẽ được hiện diện trong tương lai gần.- 1

- 1.5 Một loại bộ nhớ được gọi là bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên. - 12
- 1.6 Một phần của một máy tính được gọi là đơn vị xử lý trung tâm. - 13
- 1.7 Hàng ngàn bộ vi xử lý tạo thành một cluster (bó, cụm) lớn. - 5
- 1.8 Một vi xử lý chứa vài bộ xử lý trong cùng một chip. -10
- 1.9 Giống máy tính để bàn, nhưng không có màn hình hoặc bàn phím thường được truy cập qua mạng. - 4
- 1.10 Đây là lớp máy tính có số lượng lớn nhất hiện nay, và chỉ chạy một ứng dụng hoặc một nhóm ứng dụng liên quan. - 9
- 1.11 Ngôn ngữ mô tả phần cứng. - 11
- 1.12 Máy tính cá nhân có hiệu năng tốt cho người dùng đơn lẻ với giá rẻ. - 2
- 1.13 Chương trình mà dịch từ ngôn ngữ cấp cao xuống hợp ngữ. - 15
- 1.14 Chương trình mà chuyển từ hợp ngữ thành lệnh nhị phân/mã máy. - 21
- 1.15 Ngôn ngữ cấp cao cho xử lý dữ liệu thương mại. -25
- 1.16 Ngôn ngữ nhị phân mà bộ xử lý có thể hiểu. -19
- 1.17 Các lệnh mà các bộ xử lý có thể hiểu. - 17
- 1.18 Ngôn ngữ cấp cao cho tính toán khoa học. -26
- 1.19 Ngôn ngữ mô tả lệnh nhị phân (mã máy) của máy tính thông qua kí hiệu biểu diễn (symbol) -18
- 1.20 Chương trình làm nhiệm vụ giao tiếp giữa chương trình người dùng cấp cao và phần cứng, cung cấp các dịch vụ khác nhau và các chức năng giám sát. - 14
- 1.21 Phần mềm hoặc các chương trình được phát triển bởi các người dùng. - 24
- 1.22 Số nhị phân (có giá trị 0 hoặc 1) - 16
- 1.23 Lớp phần mềm giữa phần mềm ứng dụng và phần cứng mà chứa hệ điều hành và các trình biên dịch. - 23
- 1.24 Ngôn ngữ cấp cao được sử dụng để viết ứng dụng và phần mềm hệ thống. - 20
- 1.25 Dạng ngôn ngữ linh động (có thể chạy trên nhiều nền tảng khác nhau), có thể kết hợp giữa từ và các công thức đại số toán học và phải được biên dịch sang hợp ngữ trước khi chạy trên máy tính - 22
- 1.26  $10^{12}$  byte hoặc  $2^{40}$  byte. 6

## Bài 2.

2.1 Cho một màn hình màu sử dụng 8 bit để hiển thị một màu cơ bản (đỏ (Red), xanh lá (Green), xanh lơ (Blue)) trong mỗi pixel với độ phân giải  $1280 \times 800$  pixel. Hãy cho biết độ lớn nhỏ nhất của bộ đệm để có thể chứa một khung ảnh?

Độ lớn nhỏ nhất = Số pixel x số bit 1 pixel =  $1280 \times 800 \times 24 = 24576000$  bit = 3072000 byte

2.2 Cùng với dữ liệu câu 2.1, nếu một máy tính có bộ nhớ chính là 2048 Mbyte, nó có thể chứa tối đa bao nhiêu khung ảnh, giả sử bộ nhớ không chứa gì khác?

Số khung ảnh tối đa có thể chứa là:  $2048 \times 10^6 / 3072000 = 666.6$  khung ảnh.

2.3 Một máy tính đã kết nối với một mạng Ethernet với tốc độ 1Gb/Gbit (gigabit) cần gửi tệp (file) có dung lượng 256 KB. Hãy cho biết cần bao nhiêu thời gian để hoàn thành?

Thời gian để hoàn thành =  $256000 / 1\,000\,000\,000 = 2.56 \times 10^{-4}$  giây

**2.4 Bảng cho biết tốc độ đọc đối với mỗi loại bộ nhớ:**

	Cache	DRAM	Flash Memory	Magnetic Disk
a.	5ns	50 ns	5 $\mu$ s	5 ms
b.	7ns	70ns	15 $\mu$ s	20 ms

Giả sử có một file nào đó lưu trong bộ nhớ cache và tốn tổng cộng 2 $\mu$ s để đọc, hỏi nếu file đó lưu trong DRAM hoặc Flash Memory hoặc Magnetic Disk thì tốn bao nhiêu giây để đọc.

a/

Thời gian đọc của DRAM = 10 lần cache => tốn 20 us để đọc

Thời gian đọc của Flash Memory = 1000 lần cache => tốn 20 000 us để đọc

Thời gian đọc của Magnetic Disk = 1000 000 lần cache => tốn 20 000 000 us để đọc

**Bài 3.**

Cho 3 bộ xử lý P1, P2 và P3: cùng chạy một tập lệnh với các tần số xung clock và CPI được cho như bảng bên dưới.

Bộ xử lý	Clock Rate	CPI
P1	2 Ghz	1.5
P2	1.5 Ghz	1.0
P3	3 Ghz	2.5

**3.1** Bộ xử lý nào có hiệu suất cao nhất dựa theo tiêu chí số lệnh thực thi trong 1 giây (IPS) và số triệu lệnh thực thi trong một giây (MIPS)?

$$\text{IPS P1} = 2 \text{ Ghz} / 1.5 = 1.33 \times 10^9$$

$$\text{MIPS} = 1.33 \times 10^3$$

$$\text{IPS P2} = 1.5 \times 10^9$$

$$\text{MIPS} = 1.5 \times 10^3$$

$$\text{IPS P3} = 1.2 \times 10^9$$

$$\text{MIPS P3} = 1.2 \times 10^3$$

**3.2** Nếu các bộ xử lý chạy 1 chương trình nào đó hết 10 giây, tìm tổng số chu kì và tổng số lượng lệnh tương ứng.

**Tổng số chu kì:**

$$\text{P1} = 2 \times 10^9 \times 10 = 2 \times 10^{10} \text{ CK}$$

$$\text{P2} = 1.5 \times 10^9 \times 10 = 1.5 \times 10^{10} \text{ CK}$$

$$\text{P3} = 3 \times 10^9 \times 10 = 3 \times 10^{10} \text{ CK}$$

**Tổng số lệnh tương ứng**

$$\text{P1} = 2 \times 10^{10} / 1.5 = 1.33 \times 10^{10} \text{ lệnh}$$

$$\text{P2} = 1.5 \times 10^{10} \text{ lệnh}$$

$$\text{P3} = 1.2 \times 10^{10} \text{ lệnh}$$

**3.3** Nếu chúng ta cố giảm 30% thời gian thực thi sẽ dẫn tới việc tăng 20% CPI. Nếu vậy, tần số xung clock mới của từng bộ xử lý tương ứng phải là bao nhiêu?

CPI mới của P1, P2, P3 lần lượt là: 1.8, 1.2, 3.

Clock rate(P1) =  $13.33 \times 10^9 \times 1.8/7 = 3.43 \text{ GHz}$

Clock rate(P2) =  $15 \times 10^9 \times 1.2 / 7 = 2.57 \text{ GHz}$

Clock rate(P3) =  $12 \times 10^9 \times 3 / 7 = 5.14 \text{ GHz}$

*Lưu ý: sử dụng dữ liệu ở câu 3.2*

**Các câu bên dưới sử dụng dữ liệu ở bảng sau.**

Processor Rate	Clock	No. Instructions	Time
P1	2 GHz	$20 \cdot 10^9$	7s
P2	1.5 GHz	$30 \cdot 10^9$	10s
P3	3 GHz	$90 \cdot 10^9$	9s

**3.4** Tìm IPC (số lệnh được thực hiện trong một chu kì – instruction per cycle) cho mỗi bộ xử lý.

P1 =  $20 \times 10^9 / 2 \times 10^9 \times 7 = 1.43 \text{ lệnh / chu kì}$

P2 = 2 lệnh/ chu kì

P3 = 3.33 lệnh/chu kì

**3.5** Tìm tần số xung clock mới cho P2 để P2 có thể giảm thời gian thực thi bằng P1.

$IPC = \text{No.Ins} / \text{Clock} \times \text{Time} \Rightarrow 2 = 30 / \text{clock}(p2) \times 7 \Rightarrow \text{clock} = 2.143 \text{ GHz}$

**3.6** Tìm số lượng lệnh cho P2 mà giảm thời gian thực thi của nó tới bằng của P3.

$2 = \text{No.Ins} / 1.5 \times 9 \Rightarrow \text{No.Ins} = 27 \times 10^9 \Rightarrow \text{Cần giảm } 3 \times 10^9 \text{ lệnh}$

#### Bài 4.

Xét 2 cách hiện thực khác nhau của cùng kiến trúc tập lệnh lên hai bộ xử lý P1 và P2. Có 4 lớp lệnh: A, B, C và D. Tần số xung clock và CPI của mỗi cách thiết kế được cho như bảng bên dưới.

Bộ xử lý	Clock rate	CPI Class A	CPI Class B	CPI Class C	CPI Class D
P1	1.5 Ghz	1	2	3	4
P2	2 Ghz	2	2	2	3

**4.1** Cho một chương trình với  $10^6$  lệnh được chia thành các lớp sau: 10% lớp A, 20% lớp B, 50% lớp C và 20% lớp D. Cách hiện thực nào sẽ chạy nhanh hơn (hay bộ xử lý nào sẽ chạy nhanh hơn) với chương trình này?

Class A:  $10^5$  lệnh

Class B:  $2 \times 10^5$  lệnh

Class C:  $5 \times 10^5$  lệnh

Class D:  $2 \times 10^5$  lệnh

**4.2** Tìm CPI chung/trung bình của mỗi bộ xử lý với chương trình trên?

**Thời gian thực thi = No.Ins x CPI / Clock rate**

**Thời gian thực thi P1**

$$A = 0.66 \times 10^{-4}$$

$$B = 2.66 \times 10^{-4}$$

$$C = 10 \times 10^{-4}$$

$$D = 5.33 \times 10^{-4}$$

$$\text{Tổng} = 18.65 \times 10^{-4}$$

**Thời gian thực thi P2**

$$A = 10^{-4}$$

$$B = 2 \times 10^{-4}$$

$$C = 5 \times 10^{-4}$$

$$D = 3 \times 10^{-4}$$

$$\text{Tổng} 11 \times 10^{-4}$$

**=> P2 nhanh hơn**

$$\text{CPI P1} = 18.65 \times 10^{-4} \times 1.5 \times 10^9 / 10^6 = 2.79$$

$$\text{CP2 P2} = 2.2$$

**4.3** Tìm tổng số chu kì xung clock của chương trình trên P1 và P2.

$$P1 = 28 \times 10^5$$

$$P2 = 22 \times 10^5$$

**4.4** Giả sử rằng lệnh toán học (Arith) cần 1 chu kì; đọc dữ liệu từ bộ nhớ (Load) và ghi dữ liệu vào bộ nhớ (Store) trong 5 chu kì; các lệnh nhánh (Branch) trong 2 chu kì. Tìm thời gian thực thi của một chương trình chạy trên bộ xử lý 2 GHz? Biết số lệnh từng loại trong chương trình chạy như bảng:

Arith	Store	Load	Branch	Total
500	50	100	50	700

$$\text{Thời gian thực thi: } 500 + 50 \times 5 + 100 \times 5 + 2 \times 10 / 2 \times 10^9 = 675 \text{ ns}$$

**4.5** Tìm CPI cho chương trình trên.

$$2 \times 675 / 700 = 1.93$$

**4.6** Nếu số lượng của các lệnh load có thể giảm một nửa, chương trình tăng tốc bao nhiêu lần (speedup) và CPI mới của chương trình là bao nhiêu?

$$\text{Thời gian thực thi} = (500 \times 1 + 50 \times 5 + 50 \times 5 + 50 \times 2) \times 0.5 \times 10^{-9} = 550 \text{ ns}$$

$$\text{Speed-up} = 675 \text{ ns} / 550 \text{ ns} = 1.23$$

$$\text{CPI} = 550 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^9 / 650 = 1.69$$

## Bài 5.

Xét 2 cách thiết kế và hiện thực khác nhau (bộ xử lý P1 và P2) của cùng một tập lệnh. Có 5 lớp lệnh (A, B, C, D và E) trong tập lệnh. Tần số xung clock và CPI của mỗi lớp được cho như bảng dưới.

		Clock Rate	CPI Class A	CPI Class B	CPI Class C	CPI Class D	CPI Class E
Câu a	P1	1.0 GHz	1	2	3	4	3
	P2	1.5 Ghz	2	2	2	4	4
Câu b	P1	1.0 GHz	1	1	2	3	2
	P2	1.5 Ghz	1	2	3	4	3

**5.1** Khi một máy tính thực thi bất kỳ chuỗi lệnh nào, nếu nó đạt một tốc độ nhanh nhất thì máy tính được xem là đạt hiệu suất đỉnh điểm (peak performance)

Tính số lượng lệnh thực thi trong 1 giây khi P1 và P2 đạt hiệu suất đỉnh điểm.

a/

$$P1: 10^9/1 = 10^9 \text{ lệnh/giây}$$

$$P2: 1.5 \times 10^9 / 2 = 75 \times 10^7 \text{ lệnh/ giây}$$

b/

$$P1: 10^9/1 = 10^9 \text{ lệnh/giây}$$

$$P2: 1.5 \times 10^9 / 1 = 1.5 \times 10^9 \text{ lệnh/ giây}$$

**5.2** Nếu số lệnh cần thực thi của một chương trình được chia đều cho các lớp lệnh, ngoại trừ lớp lệnh A có số lệnh gấp đôi các lớp lệnh khác. Máy tính nào chạy nhanh hơn và nhanh hơn bao nhiêu lần?

Giải: Tổng số lệnh

Số lệnh cho lớp B, C, D, E:  $I/6 = 0,166.I$

Số lệnh cho lớp A =  $0,333.I$

Thời gian thực thi =  $\frac{\text{Số lệnh} \times CPI}{\text{Clock rate}}$

$$P1 = 2,337.I / 1 = 2,337 \cdot 10^{-9} \cdot I (s)$$

$$P2 = 2,67.I / 1,5 = 1,78 \cdot 10^{-9} (s)$$

$\Rightarrow P2$  nhanh hơn  $2,337 / 1,78 \approx 1,3$  lần

**5.3** Nếu số lượng lệnh cần thực thi của một chương trình được chia đều cho các lớp lệnh, ngoại trừ lớp E có số lệnh gấp đôi các lớp lệnh khác. Máy tính nào chạy nhanh hơn và nhanh hơn bao nhiêu lần?

#### Tương tự 5.2

Bảng dưới cho biết sự phân chia số lượng lệnh theo nhóm lệnh của 2 chương trình khác nhau. Sinh viên sử dụng dữ liệu này cho các câu bên dưới để tìm hiểu sự ảnh hưởng đến hiệu năng của một bộ xử lý MIPS.

(MIPS ở đây là tên một bộ xử lý mà sinh viên sẽ học trong chương 2 của môn này, không phải là IPS hay MIPS, tức triệu lệnh trên giây)

	Số lệnh				
	Compute	Load	Store	Branch	total
Program 1	1000	400	100	50	15500

Program 2	1500	300	100	100	1750
-----------	------	-----	-----	-----	------

**5.4** Giả sử rằng lệnh tính toán (Compute) mất 1 chu kì, lệnh đọc dữ liệu từ bộ nhớ (Load) và ghi dữ liệu vào bộ nhớ (Store) mất 10 chu kì và lệnh rẽ nhánh (Branch) mất 3 chu kì. Dựa vào bảng dữ liệu trên hãy tính thời gian thực thi của một bộ xử lý MIPS 3 GHz.

Program 1

**Tổng chu kì =  $1000 + 400 \times 10 + 100 \times 10 + 50 \times 3 = 6150$  CK**

**Thời gian thực thi = Tổng CK / Xung nhịp =  $6150 / 3000000000 = 2.05 \times 10^{-6}$  giây**

Program 2

**Tổng chu kì =  $1500 + 300 \times 10 + 100 \times 10 + 100 \times 3 = 5800$  CK**

**Thời gian thực thi = Tổng CK / Xung nhịp =  $5800 / 3000000000 = 1.93 \times 10^{-6}$  giây**

**Tổng thời gian thực thi =  $(2.05 + 1.93) \times 10^{-6} = 3.98 \times 10^{-6}$  giây**

**5.5** Giả sử rằng lệnh tính toán (Compute) mất 1 chu kì, lệnh đọc dữ liệu từ bộ nhớ (Load) và ghi vào bộ nhớ (Store) mất 2 chu kì và lệnh rẽ nhánh (Branch) mất 3 chu kì. Dựa vào bảng dữ liệu trên hãy tính thời gian thực thi của một bộ xử lý MIPS 3GHz.

**Tổng chu kì =  $1000 + 400 \times 2 + 100 \times 2 + 50 \times 3 = 2150$  CK**

**Thời gian thực thi = Tổng CK / Xung nhịp =  $2150 / 3000000000 = 0.7166 \times 10^{-6}$  giây**

Program 2

**Tổng chu kì =  $1500 + 300 \times 2 + 100 \times 2 + 100 \times 3 = 2600$  CK**

**Thời gian thực thi = Tổng CK / Xung nhịp =  $2600 / 3000000000 = 0.8666 \times 10^{-6}$  giây**

**Tổng thời gian thực thi =  $(0.7166 + 0.8666) \times 10^{-6} = 1.583 \times 10^{-6}$  giây**