



1

Lab

## Data Lab: Tính toán Bits

Data Lab: Manipulating Bits

**Thực hành Lập trình Hệ thống**

Học kỳ II – Năm học 2021 - 2022

**Lưu hành nội bộ**

## A. TỔNG QUAN

### A.1 Mục tiêu

- Tìm hiểu các phép toán trên các bit nhị phân (**Bitwise** Operation):
  - **NOT** (~),
  - **AND** (&),
  - **OR** (|),
  - **XOR** (^),
  - **Left Shift** (<<), **Right Shift** (>>)
- Nắm vững các kiến thức về lập trình tương tác bit nhị phân trên C
- Thực hành giải các bài toán về bit nhị phân

### A.2 Môi trường

- IDE hỗ trợ ngôn ngữ **C/C++**. Ví dụ: Microsoft Visual Studio

### A.3 Liên quan

- Sinh viên cần vận dụng kiến thức trong Chương 2 (Lý thuyết).
- Các kiến thức này đã được giới thiệu trong nội dung lý thuyết đã học do đó sẽ không được trình bày lại trong nội dung thực hành này.
- Tham khảo tài liệu (Mục E). Tham khảo thêm sách **Computer System: A Programmer's Perspective (CSAPP)**

## B. THỰC HÀNH

### B.1 Yêu cầu chung

- Các bài thực hành dưới đây yêu cầu viết chương trình C/C++  
**Khuyến nghị: Tất cả các hàm đặt chung trong 1 Project duy nhất.**
- Trong quá trình giải bài, sinh viên **chỉ được sử dụng** các toán tử gồm:
  - o Các toán tử trên bit gồm: `~, &, ^, |, <<, >>`
  - o Một số toán tử khác được phép: `!` và `+`
  - o **Không được** dùng các phép tính `-`, `*`, `/`, so sánh (`>`, `<`, `==`), lập trình cấu trúc (control structures) như **loop**, **conditionals** (if/else và if inline), **switch**,...
- Các yêu cầu được chia làm 2 phần chính với yêu cầu khác nhau ở kết quả đầu ra.
- Điểm tối đa của bài lab: **20**.
- Mỗi câu đố trong các mục 1 và 2 bao gồm 4 nội dung chính:
  - **Tên hàm:** Tên của hàm và kiểu giá trị trả về chứa nội dung lời giải.
  - **Yêu cầu thực thi:** Yêu cầu cần đạt được khi giải câu đố, trong đó bao gồm giải thích ý nghĩa của hàm và các phép thử mẫu dùng cho việc đánh giá kết quả (với PT là viết tắt của *Phép Thử*).
  - **Điểm đánh giá:** Mức điểm đánh giá cho mỗi câu đố, mức điểm cao hơn cho biết câu đố đó khó hơn.
  - **Max Ops:** Số lượng toán tử **tối đa** được phép sử dụng trong quá trình lập trình giải câu đố. Nếu có kết quả đúng nhưng số toán tử sử dụng vượt quá số lượng này, điểm đánh giá sẽ bị chia đôi.

### B.2 Bài tập

#### B.2.1 Nhóm 1 - Tính toán bit đơn giản

Các hàm này có đầu vào là các số nguyên 32 bit và đầu ra cũng là các số nguyên **32 bit** được tính toán bằng các toán tử trên bit.

- Số câu đố: **5**
- Điểm tối đa: **10**

Viết các hàm với các yêu cầu như sau:

STT	Tên hàm	Yêu cầu thực thi	Điểm	Max Ops
1.1	int <b>bitAnd</b> (x,y)	- Thực hiện & bit 2 số nguyên: <b>x &amp; y</b>	1	8

		- Yêu cầu: <b>không dùng</b> toán tử <b>&amp;</b> , chỉ dùng toán tử <b> </b> và <b>~</b> • Input: 2 số nguyên <b>x, y</b> tùy ý • PT: <b>bitAnd(3, -9) == (3 &amp; -9)</b>		
1.2	int <b>negative(x)</b>	Tính giá trị của <b>-x</b> không dùng dấu <b>-</b> • Input: Số nguyên x • PT: <b>negative(0) == 0 &amp;&amp; negative(9) == -9 &amp;&amp; negative(-5) == 5</b>	1	8
1.3	int <b>getBit(x,n)</b>	Lấy bit thứ <b>n</b> trong biểu diễn nhị phân của <b>x</b> (các bit được đánh thứ tự từ 0 đến 31 từ phải sang trái). • Input: • Số <b>x</b> nguyên • Số <b>n</b> ( $0 \leq n \leq 31$ ) • PT: <b>getBit(8,3) == 1 &amp;&amp; getBit(5,0) == 1 &amp;&amp; getBit(32,3) == 0</b>	2	8
1.4	int <b>divpw2(x,n)</b>	Tính kết quả $x/2^n$ • Input: • Số <b>x</b> nguyên dương • Số <b>n âm</b> ( $-31 \leq n \leq -1$ ) • PT: <b>divpw2(10, -1) == 20 &amp;&amp; divpw2(15, -2) == 60 &amp;&amp; divpw2(2, -4) == 32</b>	3	8
1.5	int <b>modul2n(x,n)</b>	Tính kết quả phép chia lấy dư $x \% 2^n$ . • Input: số nguyên <b>x</b> , số <b>n</b> ( $0 \leq n \leq 31$ ) • PT: <b>modul2n(2,1) == 0 &amp;&amp; modul2n(30,2) == 2 &amp;&amp; modul2n(63,6) == 63</b>	3	20

### B.2.2 Các phép kiểm tra dựa trên tính toán bit

Các hàm này có đầu vào là các số nguyên 32 bit và đầu ra là các giá trị đại diện cho **True/False**, tức là **0 hoặc 1**, của phép đánh giá nào đó.

- Số câu đố: **4**
- Điểm tối đa: **10**

Viết các hàm với các yêu cầu như sau:

STT	Tên hàm	Yêu cầu thực thi	Điểm	Max Ops
2.1	int <b>isEven(x)</b>	Kiểm tra x có chẵn không. Nếu chẵn, trả về 1, ngược lại trả về 0. • Input: Số nguyên x • PT: <b>isEven(4) &amp;&amp; !isEven(13) &amp;&amp; isEven(50)</b>	2	8

2.2	int <b>is16x</b> (x)	Kiểm tra 1 số nguyên <b>x</b> có chia hết cho 8 không? Trả về 1 nếu chia hết, không thì trả về 0. • Input: Số nguyên <b>x</b> không âm • PT: <b>is16x</b> (16) && <b>!is16x</b> (31) && <b>is16x</b> (0)	2	10
2.3	int <b>isPositive</b> (x)	Trả về 1 nếu x dương ( $x > 0$ ) • Input: Số nguyên <b>x</b> • PT: <b>isPositive</b> (10) && <b>!isPositive</b> (-5) && <b>!isPositive</b> (0)	3	15
2.4	int <b>isLess2n</b> (x,n)	Trả về 1 nếu $x < 2^n$ • Input: • Số <b>x</b> nguyên dương • Số <b>n</b> ( $0 \leq n \leq 30$ ) • PT: <b>isLess2n</b> (12,4) && <b>!isLess2n</b> (8,3) && <b>!isLess2n</b> (15,2)	3	20

## C. THAM KHẢO

### C.1 Bảng chân trị

Dưới đây là bảng chân trị tham khảo cho 2 giá trị X và Y với các phép toán Bitwise

x	y	x & y	x   y	x ^ y	~x
0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0

Trong bài lab này, chỉ có toán tử **!** trả về dưới dạng 2 giá trị true (1) hoặc false (0), có thể sử dụng trong các câu đố có trả về 1 (True) hoặc 0 (False).

### C.2 Hàm hỗ trợ: PrintBits & PrintBitsOfByte

Dưới đây là các hàm trung gian có thể giúp chúng ta quan sát rõ hơn giá trị của 1 số biểu diễn dưới dạng nhị phân:

- **Hàm PrintBits:** biểu diễn 1 số dưới dạng nhị phân dưới dạng đầy đủ 32 bit

```
void PrintBits(unsigned int x) {
    int i;
    for (i = 8 * sizeof(x)-1; i >= 0; i--) {
        (x & (1 << i)) ? putchar('1') : putchar('0');
    }
    printf("\n");
}
```

Ví dụ: **PrintBits**(16) == 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0000

- **Hàm PrintBitsOfByte:** biểu diễn 1 số dưới dạng nhị phân có 8 ký tự (chỉ lấy 8 bit thấp)

```
void PrintBitsOfByte(unsigned int x) {
    int i;
    for (i = 7; i >= 0; i--) {
        (x & (1 << i)) ? putchar('1') : putchar('0');
    }
    printf("\n");
}
```

Ví dụ: **PrintBitsOfByte(16) == 0001 0000**

### C.3 Một số phép tính hữu ích

Lưu ý: các phép tính dưới đây áp dụng cho số biểu diễn bằng **32 bit**.

	Phương pháp	Phép tính	Ví dụ
Xét dấu của một số x	Xét giá trị bit có trọng số cao nhất	$x \gg 31$ hoặc $(x \gg 31) \& 1$	- $(x \gg 31) = 0$ hoặc $(x \gg 31) \& 1 = 0$ thì $x \geq 0$ - $(x \gg 31) = 0xFFFFFFFF$ hoặc $(x \gg 31) \& 1 = 1$ thì $x < 0$
Giữ lại một số bit nhất định, còn lại bỏ qua của số x	- Các bit cần lấy được <b>&amp;</b> với bit 1 để giữ nguyên giá trị của nó - Các bit bị bỏ sẽ được <b>&amp;</b> với bit 0	- Tạo một "mask" có bit 1 và 0 tương ứng với vị trí bit cần lấy và bỏ. - Sử dụng toán tử <b>&amp;</b> số x và "mask"	Lấy 4 bit thấp nhất của x. - Mask: 0000 ... 0000 0000 1111 = 0x0000000F - $x \& \text{mask}$ = kết quả

### C.4 Gợi ý Hàm (1.1): integer bitAnd(x,y)

- **Yêu cầu:** Thực thi  $x \& y$  chỉ dùng toán tử **|** và **~** và Maximum Operators là 8 (tối đa sử dụng 8 toán tử).

- **Giải:**

Ta áp dụng định luật De Morgan như sau:  $x \& y = (\sim(\sim x | \sim y))$

Vậy code chúng ta viết như sau:

Lưu ý: các hàm *PrintBits()* chỉ để quan sát các giá trị nên không tính vào số toán tử sử dụng.

```

int bitAnd(int x, int y)
{
    int result;
    /*
     * Áp dụng công thức De Morgan: ~(a & b) = ~a | ~b
     * Số phép tính: 4
     */
    PrintBits(x);
    PrintBits(y);
    PrintBits(~x);
    PrintBits(~y);
    PrintBits(~x | ~y);
    PrintBits(~(~x | ~y));
    result = ~(~x | ~y);
    return result;
}

```

Số lượng toán tử đã dùng (không kể trong hàm PrintBits) là **4**.

### C.5 Gợi ý Hàm (2.3): integer isPositive(x)

- **Yêu cầu:** Trả về True nếu  $x > 0$ . Maximum Operators là 8 (tối đa sử dụng 8 toán tử).
- **Giải:** với x đầu vào có thể có 3 trường hợp tương ứng với các đầu ra tương ứng:

x	Output
<0	0
= 0	0
>0	1

Ta thấy cần phân biệt các trường hợp sau:

- o **x âm hay dương:** dựa vào bit có trọng số cao nhất (tham khảo mục **C.3**) xét  $(x \gg 31)$  hoặc  $(x \gg 31) \& 1$ . Ở đây để xét  $(x \gg 31)$  có giá trị hay không, có thể dùng **!(x >> 31)**.
- o **x có bằng 0 hay không:** dùng **!x**.

Với 2 toán hạng cần xét là **!(x >> 31)** và **!x**, sinh viên thử tìm tiếp toán hạng cần sử dụng giữa chúng để ra output mong muốn?

x	!(x >> 31)	!x	Output
< 0	0	0	0
= 0	1	1	0
> 0	1	0	1

Lưu ý: vì các hàm ở phần 2 yêu cầu chỉ đưa ra giá trị 0 hoặc 1 đại diện cho False hoặc True, kết quả cuối cùng có thể dùng phép **&** với **0x1** để chỉ lấy 1 bit thấp nhất.

## D. YÊU CẦU & ĐÁNH GIÁ

Sinh viên thực hiện bài thực hành theo **cá nhân**, có thể nộp bài theo 2 hình thức:

- Nộp trực tiếp trên lớp: báo cáo và demo kết quả với GVTH.
- Nộp file code tại website môn học theo thời gian quy định.

*Lưu ý: Cần chú thích cách giải của mỗi câu đố trong các hàm.*

**Chỉ nộp 1 file .cpp chứa tất cả các hàm giải các câu đố với tên theo quy tắc:**

**LabX-MSSV1-MSSV2-HọTênSV1-HọTênSV2.cpp**

Ví dụ: *Lab1-19520901-20520111-NguyenVanA-TranVanC.cpp*

## E. THAM KHẢO

[1] Basics of Bit Manipulation [Online] Available at:

<https://www.hackerearth.com/fr/practice/basic-programming/bit-manipulation/basics-of-bit-manipulation/tutorial/>

[2] Randal E. Bryant, David R. O'Hallaron (2011). *Computer System: A Programmer's Perspective (CSAPP)*

**HẾT**