
| | |
|--|----|
| PHẦN I. ĐÁP ÁN..... | 2 |
| Bài tập 1. | 2 |
| Bài tập 2. | 2 |
| Bài tập 3. | 3 |
| Bài tập 4. | 4 |
| Bài tập 5. | 5 |
| Bài tập 6. | 6 |
| Bài tập 7. | 6 |
| Bài tập 8. | 7 |
| <i>Bài tập 9.</i> | 8 |
| Bài tập 10. | 9 |
| Bài tập 11. | 11 |
| Bài tập 12. | 12 |
| Bài tập 13. | 12 |
| Bài tập 14. | 13 |
| Bài tập 15. | 14 |
| Bài tập 16. | 15 |
| Bài tập 17. | 15 |
| PHẦN II. HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT | 17 |
| Bài tập 1. | 17 |
| Bài tập 2. | 17 |
| Bài tập 3. | 19 |
| Bài tập 4. | 21 |
| Bài tập 5. | 21 |
| Bài tập 6. | 22 |
| Bài tập 7. | 23 |
| Bài tập 8. | 24 |
| <i>Bài tập 9.</i> | 25 |
| Bài tập 10. | 26 |
| Bài tập 11. | 28 |
| Bài tập 12. | 30 |
| Bài tập 13. | 31 |
| Bài tập 14. | 33 |
| Bài tập 15. | 35 |
| Bài tập 16. | 37 |
| Bài tập 17. | 38 |

PHẦN I. ĐÁP ÁN

Bài tập 1. Thực hiện các phép chuyển đổi và tính toán sau:

- a. Chuyển các số hexan sang hệ nhị phân:

0x39A7F8₁₆ = 0011 1001 1010 0111 1111 1000 2

0xD5E4C₁₆ = 1101 0101 1110 0100 11002

- b. Chuyển số nhị phân sang hệ hexan (16):**

$$110010010111011_2 = 64BB \dots$$

$$100110111001110110101_2 = \textcolor{blue}{1373B5}_{16} \dots \quad 16$$

- c. Thực hiện tính toán:

$$0x506 + 0x12 = 0x518$$

0x503C – 0x42 = 0x4FFA

0x6653 + 98 = 0x66B5

Bài tập 2. Byte ordering

a) Cho đoạn chương trình:

```
/* Biến val gồm 4 byte đánh thứ tự từ 1 đến 4 từ địa chỉ bắt đầu */
int val = 0x87654321;
/* pointer trả đến ô nhớ lưu trữ biến val */
byte_pointer valp = (byte_pointer) &val;
/* A. hàm trả về byte thứ 1 kể từ địa chỉ bắt đầu */
show_bytes(valp, 1);
/* B. hàm trả về byte thứ 2 kể từ địa chỉ bắt đầu */
show_bytes(valp, 2);
```

Kết quả trả về của 2 hàm **show_bytes()** sẽ khác nhau như thế nào trong trường hợp chạy trên hệ thống sử dụng little-endian và big-endian?

| Hệ thống | <code>show_bytes(valp,1)</code> | <code>show_bytes(valp,2)</code> |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Little-endian | 0x21 | 0x43 |
| Big-endian | 0x87 | 0x65 |

b) Cho các byte đang nằm trong một số ô nhớ có địa chỉ tương ứng như bên dưới

Mỗi ô tương ứng với 1 byte trong bộ nhớ. Biết hệ thống đang xét là Linux 32 bit.

| | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Giá trị</i> | 0x1 | 0x2 | 0x56 | 0xAB | 0x0 | 0x12 | 0x23 | 0x16 | 0x10 |
| <i>Địa chỉ</i> | 0x102 | 0x103 | 0x104 | 0x105 | 0x106 | 0x107 | 0x108 | 0x109 | 0x10A |

Cho trước địa chỉ lưu trữ của một số biến sau, xác định giá trị cụ thể của chúng?

| Biến | Địa chỉ | Giá trị |
|----------|---------|--------------------|
| char a | 0x10A | 0x10 |
| int b | 0x104 | 0x1200AB56 |
| short c | 0x106 | 0x1200 |
| double d | 0x102 | 0x16231200AB560201 |
| char * e | 0x106 | 0x16231200 |

c) Cho các biến có giá trị và địa chỉ như bên dưới

| Biến | Địa chỉ | Giá trị (hệ 10) |
|---------|---------|-----------------|
| int a | 0x200 | -10 |
| short b | 0x206 | 258 |
| char c | 0x208 | 'e' |

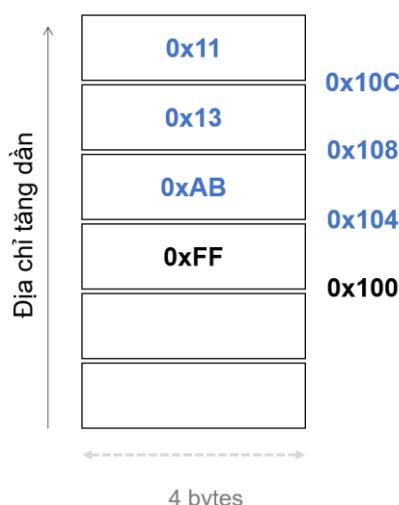
Hãy điền các giá trị tương ứng vào các ô nhớ bên dưới (Little-endian)?

| | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Giá trị | 0xF6 | 0xFF | 0xFF | 0xFF | | | 0x02 | 0x01 | 0x65 |
| Địa chỉ | 0x200 | 0x201 | 0x202 | 0x203 | 0x204 | 0x205 | 0x206 | 0x207 | 0x208 |

Bài tập 3. Giả sử có các giá trị sau đang được lưu trong các ô nhớ và các thanh ghi:

| Địa chỉ | Giá trị | Thanh ghi | Giá trị |
|---------|---------|-----------|---------|
| 0x100 | 0xFF | %eax | 0x100 |
| 0x104 | 0xAB | %ecx | 0x1 |
| 0x108 | 0x13 | %edx | 0x3 |
| 0x10C | 0x11 | | |

a) Hãy điền vào hình bên dưới các địa chỉ và giá trị tương ứng của các ô nhớ.



b) Xác định giá trị lấy được ở lệnh mov

Giả sử ta có câu lệnh **movl [toán hạng x], %ebx** để lấy giá trị dựa trên toán hạng x và đưa vào thanh ghi %ebx. Dựa vào các giá trị trong ô nhớ và thanh ghi ở trên, điền các giá trị sẽ lấy được nếu sử dụng các toán hạng sau:

| Toán hạng x | Giá trị lấy được |
|-----------------|---|
| %eax | Giá trị lưu trong thanh ghi eax: 0x100 |
| 0x104 | 0xAB |
| \$0x108 | 0x108 |
| (%eax) | 0xFF |
| 4(%eax) | 0xAB |
| 9(%eax, %edx) | 0x11 |
| 0xFC(%ecx, 4) | 0xFF |
| (%eax, %edx, 4) | 0x11 |

Lưu ý: Câu c và d bên dưới có giá trị các thanh ghi/ô nhớ ở mỗi câu lệnh lấy từ bảng trên, các lệnh thực thi riêng biệt không liên quan đến nhau, hệ thống đang xét là 32bit.

c) Tác động của một số lệnh

Điền vào chỗ trống ảnh hưởng của những câu lệnh dưới đây, bao gồm thanh ghi/ô nhớ nào bị thay đổi giá trị và giá trị đó là bao nhiêu?

| Câu lệnh | Thanh ghi/ô nhớ bị thay đổi | Giá trị |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| addl %ecx, (%eax) | Ô nhớ có địa chỉ 0x100 | 0xFF + 0x1 = 0x100 |
| imull \$16, (%eax, %edx, 4) | Ô nhớ có địa chỉ 0x10C | 0x110 |
| subl %edx, %eax | Thanh ghi %eax | 0xFD |
| movl (%eax, %edx, 4), %eax | Thanh ghi %eax | 0x11 |
| leal (%eax, %edx, 4), %eax | Thanh ghi %eax | 0x10C |

d) Viết một số lệnh hiện thực các ý tưởng sau

| Tác vụ | Lệnh assembly |
|---|---|
| Tăng giá trị thanh ghi %eax lên 1 đơn vị | incl %eax / addl \$1, %eax |
| Nhân giá trị đang lưu trong %ecx với 8 | imull \$8, %ecx / sall \$3, %ecx / leal (, %ecx, 8), %ecx |
| Tính toán địa chỉ ở ô nhớ nằm trên địa chỉ đang lưu trong %eax 20 byte. Kết quả lưu trong %ecx | leal 20(%eax), %ecx |
| Trừ giá trị của %eax cho giá trị trong ô nhớ có địa chỉ 0x104, lưu kết quả vào thanh ghi đó. | subl (0x104), %edx / subl 0x104, %edx |
| Tắt 4 bit thấp nhất của giá trị %edx, các bit còn lại giữ nguyên. | andl \$0xFFFFFFFF0, %ecx |
| Chỉ lấy 2 byte từ ô nhớ nằm trên địa chỉ đang lưu trong %eax 4 byte, kết quả lưu trong thanh ghi 2 byte của %ecx. | movw 4(%eax), %cx |

Bài tập 4. Cho trước các giá trị đang lưu tại các địa chỉ và thanh ghi tương ứng:

| Địa chỉ | Giá trị | Thanh ghi | Giá trị |
|---------|---------|-----------|---------|
| 0x100 | 0x1 | %eax | 0x100 |
| 0x104 | 0x2 | %ecx | 0x1 |
| 0x108 | 0x4 | %edx | 0x3 |
| 0x10C | 0x1234 | | |

Cho đoạn mã assembly bên dưới:

```

1   movl 8(%eax), %ebx
2   leal   (%eax, %ebx), %ebx
3   addl  (%ebx), %ecx
4   imull %ecx, %edx
5   movb  %dl, 12(%eax)
6   movl  %ecx, 4(%eax)
7   movl  %ebx, 8(%eax)
8   movl  %eax, (%eax)
9   xorl  %eax, %eax

```

Sau khi thực hiện đủ 9 lệnh trên, xác định giá trị mới tại các địa chỉ ô nhớ và thanh ghi tương ứng dưới bảng sau:

| Địa chỉ/Thanh ghi | Giá trị mới | Giải thích |
|-------------------|-------------|----------------|
| 0x100 | 0x100 | Kết quả lệnh 8 |
| 0x104 | 0x3 | Kết quả lệnh 6 |
| 0x108 | 0x104 | Kết quả lệnh 7 |
| 0x10C | 0x1209 | Kết quả lệnh 5 |
| %eax | 0x0 | Kết quả lệnh 9 |
| %ebx | 0x104 | Kết quả lệnh 2 |
| %ecx | 0x3 | Kết quả lệnh 3 |
| %edx | 0x9 | Kết quả lệnh 4 |

Bài tập 5. Giả sử 1 lập trình viên muốn viết 1 đoạn mã thực hiện chức năng sau:

```

1 int req_fun(int a, int b){
2     int val = 0;
3     int x = a & 0xFFFF0000;
4     int y = b & 0xFFFF;
5     val = x | y;
6     return val;
7 }

```

a. Hoàn thành đoạn mã assembly bên dưới để có chức năng tương tự, kết quả val lưu trong %eax.

```

1 movl 8(%ebp), %ebx
2 movl 12(%ebp), %ecx
3 andl $0xFFFF0000, %ebx
4 andl $0xFFFF, %ecx
5 orl %ecx, %ebx
6 movl %ebx, %eax

```

b. Một lập trình viên khác có ý tưởng khác với đoạn code tối ưu hơn, hãy hoàn thành đoạn code assembly bên dưới?

```

1 movl 8(%ebp), %ebx
2 movl 12(%ebp), %ecx
3 movl %ebx, %eax
4 movw %cx, %ax

```

Bài tập 6. Cho đoạn mã assembly như bên dưới:

x, y, z là các tham số thứ nhất, thứ 2 và thứ ba của hàm arith

```

1  movl 8(%ebp), %ecx
2  movl 12(%ebp), %eax
3  imull %ecx, %eax
4  subl %ecx, %eax
5  leal  (%eax,%eax,4), %eax
6  addl  16(%ebp), %eax
7  sarl  $2, %eax

```

Dựa vào mã assembly, điền vào những phần còn trống trong các hàm C tương ứng:

a. Hàm arith() phiên bản 1

```

1  int arith(int x, int y, int z)
2  {
3      int t1 = x * y;
4      int t2 = t1 - x;
5      int t3 = 5*t2;
6      int t4 = t3 + z;
7      int t5 = t4 >> 2;
8      return t5;
9  }

```

b. Hàm arith() phiên bản 2 (rút gọn)

```

1  int arith(int x, int y, int z)
2  {
3      int t1 = [(x * y - x) * 5 + z] >> 2;
4      return t1;
5  }

```

Bài tập 7. Cho một chuỗi số str, một ký tự số n và 1 đoạn mã assembly xử lý như bên dưới:

```

1  movl $str, %eax          # $str: address of str
2  xorl %ebx, %ebx
3  xorl %ecx, %ecx
4  movb (%eax), %bl
5  subl $48, %ebx
6  imull $100, %ebx
7  movb 1(%eax), %cl
8  subl $48, %ecx
9  imull $10, %ecx
10  addl %ecx, %ebx
11  xorl %ecx, %ecx
12  movb 2(%eax), %cl
13  subl $0x30, %ecx
14  addl %ecx, %ebx
15  xorl %eax, %eax
16  movb (n), %al
17  subl $0x30, %eax
18  andl %ebx, %eax        # return

```

a. Hoàn thành đoạn mã C tương ứng với đoạn mã assembly trên.

```

1 int func(char* str, char n) {
2     int a = (str[0] - '0')*100;
3     int b = (str[1] - '0')*10;
4     int c = (str[2] - '0');
5     int num = a + b + c;
6     int n_num = n - '0';
7     return num & n_num;
8 }
```

b. Ý nghĩa các lệnh xorl ở dòng 2, 3, 11, 15? Nếu không có thì tác động gì có thể xảy ra?

Xóa giá trị của các thanh ghi 4 byte %eax, %ebx, %ecx (đưa về 0). Nếu không có có thể gây sai lệch khi tính toán.

c. Dự đoán chức năng của đoạn mã trên?

Chuyển str và n thành số nguyên, sau đó thực hiện str & n.

d. Giả sử str = '125', n = '7'. Xác định giá trị được trả về ở cuối hàm?

5

Bài tập 8. Cho đoạn mã assembly dưới đây được tạo bởi GCC:

x, y lần lượt là các tham số thứ nhất và thứ hai của hàm test

```

1      movl 8(%ebp), %eax
2      movl 12(%ebp), %edx
3      cmpl $-3, %eax
4      jge .L2
5      cmpl %edx, %eax
6      jle .L3
7      imull %edx, %eax
8      jmp .L4
9 .L3:
10     leal (%edx,%eax), %eax
11     jmp .L4
12 .L2:
13     cmpl $2, %eax
14     jg .L5
15     xorl %edx, %eax
16     jmp .L4
17 .L5:
18     subl %edx, %eax
19 .L4:
20     // return val
```

- a. Hoàn thành đoạn mã C tương ứng với đoạn mã assembly trên, trong đó giá trị cuối cùng của **val** được lưu trong **%eax** để trả về tại **.L4**.

(Bài tập có nhiều đáp án, SV chỉ cần ánh xạ đúng các điều kiện – đoạn code tương ứng)

```

1 int test(int x, int y) {
2     int val = x * y;
3     if ( x >= -3 ) {
4         if ( x > 2 )
5             val = x - y;
6         else
7             val = x ^ y;
8     } else if ( x <= y )
9         val = x + y;
10    return val;
11 }
```

Sinh viên chỉ cần tìm được các nhánh logic đúng với các trường hợp so sánh x, y khớp với đáp là được. Các trường hợp đúng:

- TH1: $x < -3$ và $x > y$: $val = x * y$
- TH2: $x < -3$ và $x \leq y$: $val = x + y$
- TH3: $x \geq -3$ và $x \leq 2$: $val = x ^ y$
- TH4: $x \geq -3$ và $x > 2$: $val = x - y$

- b. Giả sử với tham số **x = 4, y = 2**. Xác định giá trị **val** và giải thích?

val = 2, thuộc TH4

- c. Giả sử với tham số **x = 1, y = 9**. Xác định giá trị **val** và giải thích?

val = 8, thuộc TH3

Bài tập 9. Cho đoạn mã assembly như bên dưới:

x là tham số thứ nhất của hàm fun_b

```

1      movl 8(%ebp), %ebx
2      movl $0, %eax
3      movl $0, %ecx
4      jmp   .L2
5      .L1:
6          leal   (%eax,%eax), %edx
7          movl  %ebx, %eax
8          andl  $1, %eax
9          orl   %edx, %eax
10         shr1  %ebx
11         addl  $1, %ecx
12     .L2:
13         cmpl  $5, %ecx
14         jle   .L1
```

- a. Hoàn thành đoạn mã C tương ứng với đoạn mã assembly trên. Biết giá trị cuối cùng của **val** lưu trong **%eax** để trả về sau khi thoát vòng lặp **for**.

```

1 int fun_b(unsigned x) {
2     int val = 0;
3     int i;
4     for (i = 0; i <= 5; i++) {
5         val = (x & 1) | (2*val);
6         x >>= 1;
7     }
8     return val;
9 }
```

- b. Với **x = 32**, xác định giá trị của **val**? Giải thích?

val = 1

Bài tập 10. Cho hàm C như sau:

```

1 int my_function()
2 {
3     int first_var = 0;
4     int second_var = 0xdeadbeef;
5     char str[2] = ?;
6
7     char buf[10];
8     gets(buf);
9     return len(buf);
10 }
```

GCC tạo ra mã assembly tương ứng như sau:

```
.section .data
.LC0:
    .byte 0x68,0x69,0x74,0x68,0x75,0x0 # mảng các byte liên tục nhau

.section .text
1 my_function:
2     pushl %ebp
3     movl %esp, %ebp
4     subl $24, %esp
5     movl $0, -4(%ebp)
6     movl $0xdeadbeef, -8(%ebp)
7     movw (.LC0), %dx
8     movw %dx, -12(%ebp)
9     leal -24(%ebp), %eax
10    pushl %eax
11    call gets
12    leal -24(%ebp), %eax
```

```

13    pushl  %eax
14    call   len
15    leave
16    ret

```

Giả sử hàm **my_function** bắt đầu thực thi với những giá trị thanh ghi như sau:

| Thanh ghi | Giá trị |
|-----------|----------|
| %esp | 0x800168 |
| %ebp | 0x800180 |

Biết **.LC0** là label của 1 vùng nhớ.

- a. Giá trị của thanh ghi **%ebp** sau khi thực thi dòng lệnh assembly thứ 3? Giải thích.

%ebp = 0x800164

- b. Giá trị của thanh ghi **%esp** sau khi thực thi dòng lệnh assembly thứ 4? Giải thích.

%esp = 0x80014C

- c. Hàm **my_function** có 1 biến cục bộ **str**, là 1 mảng char gồm 2 ký tự. Quan sát mã assembly, hãy cho biết 2 ký tự được gán cho mảng **str** là gì?

str[0] = 'h', str[1] = 'i'. Hay str = 'hi'.

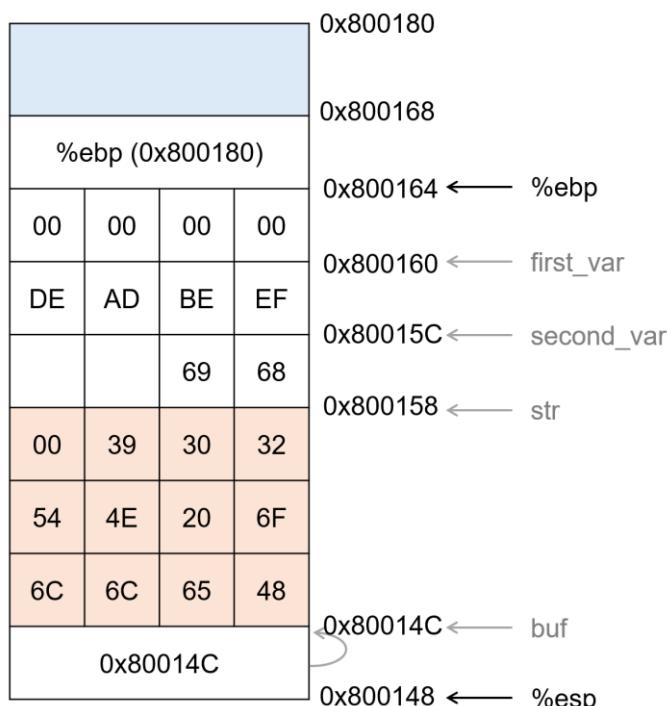
- d. Xác định địa chỉ cụ thể của vị trí sẽ lưu chuỗi input nhận về từ hàm **gets()**? Giải thích?

Vị trí lưu chuỗi input là địa chỉ = 0x80014C.

- e. Giả sử khi gọi **gets** ở dòng code assembly thứ 11, nhận được 1 chuỗi “Hello NT209”.

Vẽ stack frame của **my_function** ngay sau khi hàm **gets** trả về.

Lưu ý: Cần chú thích địa chỉ, giá trị của các ô nhớ trong stack frame của **my_function**, bao gồm cả các ô nhớ chứa biến cục bộ, tham số và chuỗi đã nhập với **gets**.



- f. **gets** không giới hạn độ dài chuỗi mà nó nhận. Dựa vào stack frame của **my_function** đã vẽ, hãy tìm độ dài tối đa của **buf** (số ký tự) sao cho khi nhập vẫn chưa ghi đè lên bất kỳ ô nhớ quan trọng nào trong stack của **my_function** để bị lỗi segmentation fault?

Nếu gõ trực tiếp từng ký tự từ bàn phím, có thể nhập tối đa chuỗi dài 23 ký tự cho buf mà không gây lỗi segmentation fault.

- g. Chương trình có thể có lỗi hỏng buffer overflow. Thử tìm một chuỗi buf sao cho có thể ghi đè lên biến cục bộ **second_var** một giá trị mới là **0x1234ABCD**.

Nhập 1 chuỗi buf dài 20 bytes, trong đó 16 byte đầu tuỳ ý (khác 0x0A), 4 byte cuối là 4 byte hexan CD AB 34 12: “a”*16 + “\xCD\xAB\x34\x12”.

Bài tập 11. Trong hệ thống 32 bit, cho mảng **T A[N]** với **T** và **N** chưa biết. Biết tổng kích thước của mảng A là **28 bytes**, T là 1 kiểu dữ liệu cơ bản.

- a. Xác định **T** và **N**? Giải thích? Liệt kê tất cả các trường hợp thỏa mãn và dạng khai báo của mảng A với mỗi **T** và **N** tìm được.

- `sizeof(T) = 1 → N = 28, ta có char A[28]`
- `sizeof(T) = 2 → N = 14, ta có short A[14]`
- `sizeof(T) = 4 → N = 7, ta có int A[7] hoặc float A[7]...`

- b. Giả sử với 1 trường hợp của **T A[N]** ở trên, ta có đoạn mã C và assembly tương ứng truy xuất các phần tử của mảng như bên dưới (__?__ là giá trị chưa biết)

Code assembly:

```

1   movl  $A, %eax // address of A
2   movw  $0, (%eax)
3   movl  $1, %ecx // chỉ số i
4 .L1:
5   xorl  %ebx, %ebx
6   movw  -2(%eax, %ecx, 2), %bx
7   addl  %ecx, %ebx
8   movw  %bx, (%eax, %ecx, 2)
9   incl  %ecx
10  cmpl  __?, %ecx
11  jl    .L1

```

- Xác định mảng **T A[N]** đang được dùng trong đoạn mã assembly trên? Giải thích? Xác định giá trị __?__ còn thiếu?

T A[N] được sử dụng là **short A[14]**. Từ đó ta có __?__ là \$14.

- Hãy hoàn thành đoạn code C có chức năng tương ứng với đoạn mã assembly?

```

1 short A[14]; // khai báo mảng A
2 A[0] = 0;
3 for (int i = 1; i < 14; i++)
4 {
5     A[i] = A[i-1] + i;
6 }

```

c. Với đoạn mã và **T A[N]** ở câu b, cho biết sau khi thực hiện các đoạn code trên, ta thu được mảng A với các giá trị phần tử như thế nào?

Mảng short A[14] gồm 14 phần tử giá trị: 0, 1, 3, 6, 10, 15, 21, 28, 36, 45, 55, 66, 78, 91

d. Vẫn với mảng **T A[N]** ở câu b, cho địa chỉ của **A[0]** là **0x1010**. Cho biết địa chỉ của phần tử cuối của mảng A?

A[13] có địa chỉ 0x102A

Bài tập 12. Cho mảng **T A[R][C]** với T là kiểu dữ liệu cơ bản, R và C chưa biết.

Xác định T, R và C của mảng A trong các trường hợp sau và viết dạng khai báo tương ứng.

a. **Trường hợp 1:** A là 1 ma trận vuông, mỗi mảng con nằm cách nhau 20 bytes, Kích thước 1 phần tử lớn hơn 1 byte. Trong mảng A không tồn tại phần tử A[6][6].

int A[5][5]

b. **Trường hợp 2:** Biết địa chỉ của A là 0x100C, địa chỉ của phần tử **A[2][2]** là **0x1020** và tổng kích thước của mảng A là **40 bytes**.

short A[5][4]

c. **Trường hợp 3:** Tổng kích thước của A khác nhau trên hệ thống 32 bit hoặc 64 bit, với chênh lệch kích thước là 96 bytes và trong mảng tồn tại phần tử A[4][3].

int* A[6][4] (*tất cả các mảng có kiểu dữ liệu pointer*)

hoặc long A[6][4]

Bài tập 13. Cho 2 đoạn mã C và assembly có chức năng tương đương, trong đó giá trị N chưa biết.

Biết địa chỉ mảng A là tham số thứ nhất, giá trị val là tham số thứ 2

Code C

```

1 # define N ?
2 void matrix_set_val(int A[N][N], int val)
3 {
4     int i;
5     for (i = 0 ; i < N; i++)
6         A[i][i] = val;
7 }
```

Code assembly

```

1    movl  8(%ebp), %ecx
2    movl  12(%ebp), %edx
3    movl  $0, %eax
4    .L14:
5    movl  %edx, (%ecx,%eax)
6    addl  $68, %eax
7    cmpl  $1088, %eax
8    jne   .L14
```

Hãy phân tích đoạn mã assembly trên và xác định giá trị của N?

N = 16

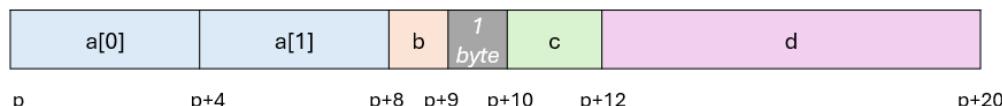
Bài tập 14. Cho định nghĩa struct như bên dưới trong Linux 32 bit, có alignment.

```

1 typedef struct {
2     int* a[2];
3     char b;
4     short c;
5     double d;
6 } str;

```

a. Vẽ hình minh họa việc cấp phát struct **str1** trên bộ nhớ, giả sử địa chỉ bắt đầu là p:8?



b. Có bao nhiêu byte trống được chèn thêm vào struct khi thực hiện căn chỉnh?

1 byte

c. Tổng kích thước của struct trên là bao nhiêu?

20 bytes

d. Giả sử có code assembly của 1 hàm **func** với 2 tham số lần lượt là i và val, thực hiện xử lý các thành phần của 1 struct **str** có tên là **s** như sau.

```

1 func:
2     movl $s, %eax          # address of struct s
3     movq $1, 12(%eax)
4     xorl %ecx, %ecx
5     movl 12(%ebp), %ebx
6     movw 10(%eax), %cx
7     leal 1(%ebx, %ecx), %ebx
8     movl %ebx, 4(%eax)
9     movl 12(%ebp), %ebx
10    andl $0xF, %ebx
11    addb $0x30, %bl
12    movb %bl, 8(%eax)
13    movl 8(%ebp), %ebx
14    movl %ebx, (%eax, %ebx, 4)
15    movl 4(%eax), %eax      # return

```

Hoàn thành đoạn code C có chức năng tương ứng với đoạn mã assembly trên?

```

1 int func(int i, int val)
2 {
3     str_ex1 s;
4     s.d = 1;
5     s.a[1] = val + s.c + 1;
6     s.b = (val & 0xF) + '0';
7     s.a[i] = i;
8     return s.a[1];
9 }

```

- e. Giả sử sử dụng chung khai báo struct **str1** trên hệ thống Linux 64 bit có alignment, chênh lệnh kích thước của struct trên 2 hệ thống là bao nhiêu bytes? Giải thích?

Chênh lệch kích thước là 12 bytes

- f. Giả sử trên Linux 32bit có alignment, cần tối ưu hóa kích thước vùng nhớ được dùng để cấp phát struct **str1**, khi đó cần khai báo lại struct **str1** như thế nào?

```
typedef struct {
    double d;
    int* a[2];
    short c;
    char b;
}
```

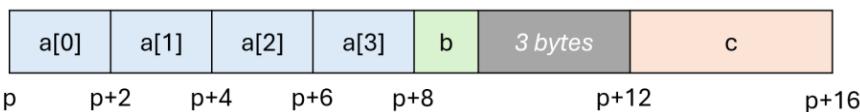
Bài tập 15. Cho struct như bên dưới trong Linux 32-bit, có yêu cầu alignment.

```
1 typedef struct {
2     short a[4];
3     char b;
4     int c;
5 } str2;
```

Một hàm **func1** được dùng để gán giá trị cho thành phần **a[i]** và **c** của struct, kết quả trả về là giá trị của thành phần **c** như bên dưới.

```
1 int func1(int i, int val)
2 {
3     str2 s;
4     s.c = 1;
5     s.a[i] = val;
6     return s.c;
7 }
```

- a. Vẽ hình minh họa việc cấp phát struct **str2** trong bộ nhớ, giả sử địa chỉ bắt đầu là **p:8**?



- b. Tổng kích thước của struct trên là bao nhiêu?

16 bytes

- c. Tìm giá trị trả về của hàm **func** với các tham số sau? Giải thích các thay đổi có trong vùng nhớ của struct?

Giả định compiler chỉ warning khi có truy xuất ngoài mảng, vẫn cho chương trình chạy bình thường.

- **func(2, 2) = 1**, s.c được gán bằng 1, s.a[2] được gán = 2
- **func(4, 2) = 1**, s.c được gán bằng 1, s.a[4] (ngoài mảng) được gán = 2
- **func(6, 2) = 2**, s.c được gán bằng 1, s.a[6] (ngoài mảng) được gán = 2, ghi đè s.c nên s.c = 2

Bài tập 16. Cho 2 định nghĩa struct với 2 giá trị A và B chưa biết.

```

1 typedef struct {
2     short x[A][B];          /* Hàng số A và B chưa biết */
3     int y;
4 } str1;
5
6 typedef struct {
7     char array[B];        /* Hàng số B chưa biết */
8     int t;
9     short s[B];
10    int u;
11 } str2;

```

Cho đoạn code C cùng đoạn mã assembly tương ứng như bên dưới:

```

1 void setVal(str1 *r1, str2 *r2)
2 {
3     int v1 = r2->t;
4     int v2 = r2->u;
5     r1->y = v1+v2;
6 }

```

```

1 setVal:
2     movl 12(%ebp), %eax
3     movl 36(%eax), %edx
4     addl 12(%eax), %edx
5     movl 8(%ebp), %eax
6     movl %edx, 92(%eax)

```

Dựa vào tương quan giữa 2 đoạn mã C và assembly, xác định 2 giá trị **A** và **B**, biết hệ thống 32 bit và có yêu cầu alignment.

A = 5, B = 9.

Bài tập 17. Cho 2 file main.c và fib.c như sau.

```

/* main.c */
1. void fib (int n);
2. int main (int argc, char** argv)
3. {
4.     int n = 0;
5.     sscanf(argv[1], "%d", &n);
6.     fib(n);
7. }

```

```

/* fib.c */
1. #define N 16
2. static unsigned int ring[3][N];
3. void print_bignum(unsigned int* a)
4. {
5.     int i;
6.     ...
7. }
8. void fib (int n) {
9.     int i;
10.    static int carry;
11.    ...

```

Hoàn thành bảng sau về các symbol có trong symbol table có trong 2 mô-đun main.o và fib.o, xác định các symbol là **local/global** hay **external, strong** hay **weak**.

- Ghi ‘-’ ở cả 2 cột nếu tên không có trong symbol table của mô-đun tương ứng.
- Ghi N/A ở cột **Strong hay weak** nếu loại symbol là local.

Symbol table của main.o

| Tên symbol | Loại symbol | Strong hay weak |
|------------|-------------|-----------------|
| main | global | strong |
| fib | external | strong |
| n | - | - |

Symbol table của fib.o

| Tên symbol | Loại symbol | Strong hay weak |
|--------------|-------------|-----------------|
| ring | local | N/A |
| print_bignat | global | strong |
| fib | global | strong |
| canary | local | N/A |

PHẦN II. HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

BÀI TẬP ÔN TẬP LẬP TRÌNH HỆ THỐNG

Bài tập 1. Thực hiện các phép chuyển đổi và tính toán sau:

a. Chuyển các số hexan sang hệ nhị phân:

$$0x39A7F8_{16} = \underline{0011\ 1001\ 1010\ 0111\ 1111\ 1000}_2$$

$$0xD5E4C_{16} = \underline{1101\ 0101\ 1110\ 0100\ 1100}_2$$

b. Chuyển số nhị phân sang hệ hexan (16):

$$110010010111011_2 = \underline{0110\ 0100\ 1011\ 1011}_2 = 0x64BB_{16}$$

$$10011011001110110101_2 = \underline{1.0011\ 0111\ 0011\ 1011\ 0101}_2 = 0x1373B5_{16}$$

c. Thực hiện tính toán:

$$0x506 + 0x12 = \underline{0x518}$$

$$0x503C - 0x42 = \underline{0x4FFA}$$

$$0x6653 + 98 = \underline{0x6653 + 0x62 = 0x66B5}$$

Bài tập 2. Byte ordering

a) Cho đoạn chương trình:

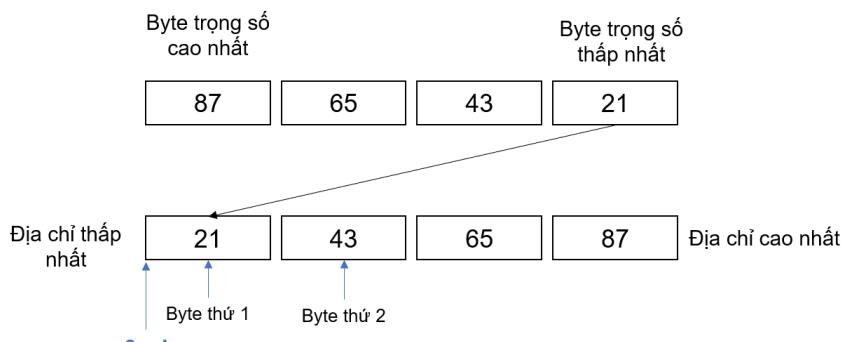
```

/* Biến val gồm 4 byte đánh thứ tự từ 1 đến 4 từ địa chỉ bắt đầu */
int val = 0x87654321;
/* pointer trỏ đến ô nhớ lưu trữ biến val */
byte_pointer valp = (byte_pointer) &val;
/* A. hàm trả về byte thứ 1 kể từ địa chỉ bắt đầu */
show_bytes(valp, 1);
/* B. hàm trả về byte thứ 2 kể từ địa chỉ bắt đầu */
show_bytes(valp, 2);

```

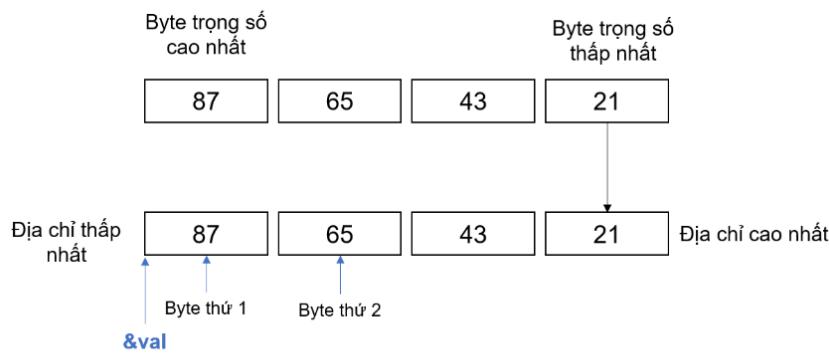
Kết quả trả về của 2 hàm **show_bytes()** sẽ khác nhau như thế nào trong trường hợp chạy trên hệ thống sử dụng little-endian và big-endian?

- Cách lưu biến val trong hệ thống Little Endian:



Little endian: byte thấp nhất ở địa chỉ thấp nhất

- Cách lưu biến val trong hệ thống Big Endian:



| Hệ thống | show_bytes(valp,1) | show_bytes(valp,2) |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Little-endian | 0x21 | 0x43 |
| Big-endian | 0x87 | 0x65 |

b) Cho các byte đang nằm trong một số ô nhớ có địa chỉ tương ứng như bên dưới

Mỗi ô tương ứng với 1 byte trong bộ nhớ. Biết hệ thống đang xét là Linux 32 bit.

| | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Giá trị | 0x1 | 0x2 | 0x56 | 0xAB | 0x0 | 0x12 | 0x23 | 0x16 | 0x10 |
| Địa chỉ | 0x102 | 0x103 | 0x104 | 0x105 | 0x106 | 0x107 | 0x108 | 0x109 | 0x10A |

Cho trước địa chỉ lưu trữ của một số biến sau, xác định giá trị cụ thể của chúng?

Tùy vào kiểu dữ liệu, 1 biến sẽ chiếm một số lượng byte nhất định trong bộ nhớ, mỗi byte đều được đánh địa chỉ. Địa chỉ của biến là địa chỉ thấp nhất trong các địa chỉ của các byte dùng để lưu biến.

Ví dụ: int b có kích thước 4 bytes và địa chỉ là 0x104, như vậy các ô nhớ dùng để lưu biến b gồm 4 byte bắt đầu từ địa chỉ 0x104: 0x104, 0x105, 0x106, 0x107, lần lượt đang lưu các giá trị 0x56, 0xAB, 0x0, 0x12. Do Linux là hệ thống Little Endian, byte ở địa chỉ thấp nhất là byte có trọng số thấp nhất (bên phải nhất), do vậy b = 0x1200AB56.

- Biến a: 1 byte tại 0x10A: 0x10
- Biến b: 4 byte tại 0x104 – 0x107: 0x1200AB56
- Biến c: 2 byte tại 0x106 – 0x107: 0x1200
- Biến d: 8 byte tại 0x102 – 0x109: 0x16231200AB560201
- Biến e (pointer): 4 byte tại 0x106 – 0x109: 0x16231200

| Biến | Địa chỉ | Giá trị |
|----------|---------|--------------------|
| char a | 0x10A | 0x10 |
| int b | 0x104 | 0x1200AB56 |
| short c | 0x106 | 0x1200 |
| double d | 0x102 | 0x16231200AB560201 |
| char * e | 0x106 | 0x16231200 |

c) Cho các biến có giá trị và địa chỉ như bên dưới

| Biến | Địa chỉ | Giá trị (hệ 10) |
|---------|---------|-----------------|
| int a | 0x200 | -10 |
| short b | 0x206 | 258 |
| char c | 0x208 | 'e' |

Hãy điền các giá trị tương ứng vào các ô nhớ bên dưới (Little-endian)?

| | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Giá trị | 0xF6 | 0xFF | 0xFF | 0xFF | | | 0x02 | 0x01 | 0x65 |
| Địa chỉ | 0x200 | 0x201 | 0x202 | 0x203 | 0x204 | 0x205 | 0x206 | 0x207 | 0x208 |

Tùy vào khai báo kiểu dữ liệu mà một biến sẽ chiếm một số lượng byte nhất định trong bộ nhớ, tương ứng với một số lượng các ô nhớ 1 byte được đánh địa chỉ. Trong đó, địa chỉ của biến là địa chỉ ô nhớ thấp nhất trong các ô nhớ được dùng để lưu trữ biến đó. Để hiểu cách lưu biến theo dạng ô nhớ tổ chức theo byte, cần chuyển các giá trị thành dạng hexan.

Ví dụ: xét biến int a:

- Có kích thước 4 byte, chiếm 4 ô nhớ 1 byte. Địa chỉ là 0x200 là địa chỉ ô nhớ 1 byte thấp nhất, do đó các byte để lưu biến a nằm ở các địa chỉ là 0x200, 0x201, 0x202, 0x203.
- Giá trị -10 trong hệ 10 sẽ tương ứng giá trị hexan là 0xFFFFFFFF6, trong đó byte trọng số thấp nhất là 0xF6.
- Khi lưu giá trị biến trong hệ thống Little Endian, byte có trọng số thấp nhất sẽ nằm ở ô địa chỉ thấp nhất. Do vậy, 0xF6 nằm ở địa chỉ 0x200. Tiếp đến các byte 0xFF nằm ở các ô nhớ địa chỉ cao hơn.

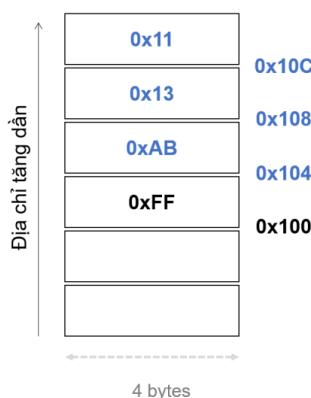
Tương tự với biến short b có kích thước 2 byte, giá trị hexan là 0x102, các byte của nó sẽ nằm lần lượt trong ô nhớ 0x206 và 0x207.

Với biến char c, khi lưu ký tự hệ thống sẽ lưu mã ASCII của ký tự trong hệ thống, 'e' tương ứng với 0x65, được lưu tại ô nhớ 0x208.

Bài tập 3. Giả sử có các giá trị sau đang được lưu trong các ô nhớ và các thanh ghi:

| Địa chỉ | Giá trị | Thanh ghi | Giá trị |
|---------|---------|-----------|---------|
| 0x100 | 0xFF | %eax | 0x100 |
| 0x104 | 0xAB | %ecx | 0x1 |
| 0x108 | 0x13 | %edx | 0x3 |
| 0x10C | 0x11 | | |

a) Hãy điền vào hình bên dưới các địa chỉ và giá trị tương ứng của các ô nhớ.



4 bytes

b) Xác định giá trị lấy được ở lệnh mov

Giả sử ta có câu lệnh **movl [toán hạng x], %ebx** để lấy giá trị dựa trên toán hạng x và đưa vào thanh ghi %ebx. Dựa vào các giá trị trong ô nhớ và thanh ghi ở trên, điền các giá trị sẽ lấy được nếu sử dụng các toán hạng sau:

| Toán hạng x | Giá trị lấy được |
|-----------------|---|
| %eax | Giá trị lưu trong thanh ghi eax: 0x100 |
| 0x104 | Giá trị trong ô nhớ ở địa chỉ 0x104 : 0xAB |
| \$0x108 | Giá trị hằng số 0x108 |
| (%eax) | Giá trị trong ô nhớ có địa chỉ lưu trong %eax = 0x100: 0xFF |
| 4(%eax) | Giá trị trong ô nhớ có địa chỉ %eax + 4 = 0x100 + 4 = 0x104: 0xAB |
| 9(%eax, %edx) | Giá trị trong ô nhớ có địa chỉ %eax + %edx + 9 = 0x100 + 0x3 + 9 = 0x10C: 0x11 |
| 0xFC(%ecx, 4) | Giá trị trong ô nhớ có địa chỉ 4 * %ecx + 0xFC = 4 + 0xFC = 0x100: 0xFF |
| (%eax, %edx, 4) | Giá trị trong ô nhớ có địa chỉ %eax + 4 * %edx = 0x100 + 4 * 0x3 = 0x10C: 0x11 |

Lưu ý: Câu c và d bên dưới có giá trị các thanh ghi/ô nhớ ở mỗi câu lệnh lấy từ bảng trên, các lệnh thực thi riêng biệt không liên quan đến nhau, hệ thống đang xét là 32bit.

c) Tác động của một số lệnh

Điền vào chỗ trống ảnh hưởng của những câu lệnh dưới đây, bao gồm thanh ghi/ô nhớ nào bị thay đổi giá trị và giá trị đó là bao nhiêu?

| Câu lệnh | Thanh ghi/ô nhớ bị thay đổi | Giá trị |
|------------------------------------|--|---|
| addl %ecx, (%eax) | Ô nhớ có địa chỉ 0x100 | 0xFF + 0x1 = 0x100 |
| imull \$16, (%eax, %edx, 4) | Ô nhớ có địa chỉ %eax + %edx * 4 = 0x100 + 4 * 0x3 = 0x10C | 0x11 * 16 = 0x110 (Giá trị tại ô nhớ 0x10C được nhân với 16) |
| subl %edx, %eax | Thanh ghi %eax | 0x100 - 0x3 = 0xFD (Giá trị trong %eax bị trừ đi giá trị trong %edx) |
| movl (%eax, %edx, 4), %eax | Thanh ghi %eax | 0x11 (Giá trị tại ô nhớ có địa chỉ %eax + 4 * %edx = 0x100 + 4 * 0x3 = 0x10C là 0x11 được gán vào %eax) |
| leal (%eax, %edx, 4), %eax | Thanh ghi %eax | 0x10C (Tính địa chỉ %eax + 4 * %edx = 0x100 + 4 * 0x3 = 0x10C, địa chỉ tính được sau đó được gán vào %eax) |

d) Viết một số lệnh hiện thực các ý tưởng sau

Lưu ý: Giá trị các thanh ghi/ô nhớ ở mỗi câu lệnh vẫn lấy từ bảng trên, các lệnh thực thi riêng biệt không liên quan đến nhau. Hệ thống đang xét là 32bit

| Tác vụ | Lệnh assembly |
|--|---|
| Tăng giá trị thanh ghi %eax lên 1 đơn vị | incl %eax addl \$1, %eax |
| Nhân giá trị đang lưu trong %ecx với 8 | imull \$8, %ecx sall \$3, %ecx leal (, %ecx, 8), %ecx |
| Tính toán địa chỉ ở ô nhớ nằm trên địa chỉ đang lưu trong %eax 20 byte. Kết quả lưu trong %ecx | leal 20(%eax), %ecx |

| | |
|---|--|
| Trừ giá trị của %eax cho giá trị trong ô nhớ có địa chỉ 0x104, lưu kết quả vào thanh ghi đó. | <code>subl (0x104), %edx subl 0x104, %edx</code> |
| Tắt 4 bit thấp nhất của giá trị %edx, các bit còn lại giữ nguyên. | <code>andl \$0xFFFFFFFF0, %ecx</code> |
| Chỉ lấy 2 byte từ ô nhớ nằm trên địa chỉ đang lưu trong %eax 4 byte, kết quả lưu trong thanh ghi 2 byte của %ecx. | <code>movw 4(%eax), %cx</code> |

Bài tập 4. Cho trước các giá trị đang lưu tại các địa chỉ và thanh ghi tương ứng:

| Địa chỉ | Giá trị | Thanh ghi | Giá trị |
|---------|---------|-----------|---------|
| 0x100 | 0x1 | %eax | 0x100 |
| 0x104 | 0x2 | %ecx | 0x1 |
| 0x108 | 0x4 | %edx | 0x3 |
| 0x10C | 0x1234 | | |

Cho đoạn mã assembly bên dưới:

```

1  movl 8(%eax), %ebx      # %ebx = Giá trị ô nhớ 8(%eax) = giá trị tại 0x108 = 0x4
2  leal   (%eax, %ebx), %ebx # %ebx = %eax + %ebx = 0x100 + 0x4 = 0x104
3  addl   (%ebx), %ecx      # %ecx += Giá trị tại (%ebx) → %ecx = Giá trị tại 0x104 + 1 = 3
4  imull  %ecx, %edx      # %edx = %edx * %ecx = 0x3 * 3 = 0x9
5  movb   %dl, 12(%eax)    # Đưa 1 byte trong %dl (0x9) vào byte thấp tại 0x10C → 0x1209
6  movl   %ecx, 4(%eax)    # Gán giá trị %ecx (3) cho ô nhớ 4(%eax), tức ô nhớ 0x104
7  movl   %ebx, 8(%eax)    # Gán giá trị %ebx (0x104) cho ô nhớ 8(%eax), tức ô nhớ 0x108
8  movl   %eax, (%eax)     # Gán giá trị %eax (0x100) cho ô nhớ (%eax), tức ô nhớ 0x100
9  xorl   %eax, %eax      # Xóa giá trị của %eax thành 0

```

Sau khi thực hiện đủ 9 lệnh trên, xác định giá trị mới tại các địa chỉ ô nhớ và thanh ghi tương ứng dưới bảng sau:

| Địa chỉ/Thanh ghi | Giá trị mới | Giải thích |
|-------------------|-------------|----------------------|
| 0x100 | 0x100 | Xem chú thích lệnh 8 |
| 0x104 | 0x3 | Xem chú thích lệnh 6 |
| 0x108 | 0x104 | Xem chú thích lệnh 7 |
| 0x10C | 0x1209 | Xem chú thích lệnh 5 |
| %eax | 0x0 | Xem chú thích lệnh 9 |
| %ebx | 0x104 | Xem chú thích lệnh 2 |
| %ecx | 0x3 | Xem chú thích lệnh 3 |
| %edx | 0x9 | Xem chú thích lệnh 4 |

Bài tập 5. Giả sử 1 lập trình viên muốn viết 1 đoạn mã thực hiện chức năng sau:

```

1 int req_fun(int a, int b){
2     int val = 0;
3     int x = a & 0xFFFF0000;
4     int y = b & 0xFFFF;
5     val = x | y;
6     return val;
7 }

```

- a. Hoàn thành đoạn mã assembly bên dưới để có chức năng tương tự, kết quả val lưu trong %eax.

```

1  movl  8(%ebp), %ebx
2  movl  12(%ebp), %ecx
3  andl  $0xFFFF0000, %ebx
4  andl  $0xFFFF, %ecx
5  orl   %ecx, %ebx
6  movl  %ebx, %eax

```

Lưu ý: Lệnh 5 có thể thay đổi thứ tự 2 thanh ghi, khi đó cần điều chỉnh thanh ghi source ở lệnh 6 tương ứng.

- b. Một lập trình viên khác có ý tưởng khác với đoạn code tối ưu hơn, hãy hoàn thành đoạn code assembly bên dưới?

```

1  movl  8(%ebp), %ebx
2  movl  12(%ebp), %ecx
3  movl  %ebx, %eax
4  movw  %cx, %ax

```

Ý tưởng: đoạn code C thực hiện lấy 2 byte cao của a và 2 byte thấp của b ghép lại tạo thành 2 byte cao và thấp của val.

Đoạn code của phần b ban đầu gán toàn bộ 4 byte của số a vào thanh ghi %eax (val), sau đó đè 2 byte thấp của b (%cx trong %ecx) vào %ax. Như vậy 2 byte cao của %eax vẫn giữ nguyên là 2 byte cao của a, còn 2 byte thấp của %eax được gán bằng 2 byte thấp của b.

Bài tập 6. Cho đoạn mã assembly như bên dưới:

x, y, z là các tham số thứ nhất, thứ 2 và thứ ba của hàm arith

```

1  movl  8(%ebp), %ecx          // %ecx = x
2  movl  12(%ebp), %eax         // %eax = y
3  imull %ecx, %eax            // %eax = %eax * %ecx = x * y (t1)
4  subl  %ecx, %eax            // %eax = %eax - %ecx = x * y - x = t1 - x (t2)
5  leal   (%eax,%eax,4), %eax  // %eax = %eax* 4 + %eax = 5*%eax = 5*t2 (t3)
6  addl  16(%ebp), %eax         // %eax = %eax + z = t3 + z (t4)
7  sarl  $2, %eax              // %eax = %eax >> 2 = t4 >> 2 (t5)

```

Dựa vào mã assembly, điền vào những phần còn trống trong các hàm C tương ứng:

- a. Hàm arith() phiên bản 1

```

1  int arith(int x, int y, int z)
2  {
3      int t1 = x * y;
4      int t2 = t1 - x;
5      int t3 = 5*t2;
6      int t4 = t3 + z;
7      int t5 = t4 >> 2;
8      return t5;
9  }

```

- b. Hàm arith() phiên bản 2 (rút gọn)

```

1  int arith(int x, int y, int z)
2  {
3      int t1 = [(x * y - x) * 5 + z] >> 2;
4      return t1;
5  }

```

Bài tập 7. Cho một chuỗi số str, một ký tự số n và 1 đoạn mã assembly xử lý như bên dưới:

```

1  movl $str, %eax          # $str: address of str
2  xorl %ebx, %ebx          # %ebx = 0
3  xorl %ecx, %ecx          # %ecx = 0
4  movb (%eax), %bl         # Lấy 1 byte từ vị trí bắt đầu của str, tức ký tự str[0]
5  subl $48, %ebx           # str[0] – '0'
6  imull $100, %ebx         # %ebx = (str[0] – '0')*100
7  movb 1(%eax), %cl        # Lấy 1 byte từ vị trí cách vị trí bắt đầu str 1 byte, tức str[1]
8  subl $48, %ecx           # str[1] – '0'
9  imull $10, %ecx          # %ecx = (str[1] – '0')*10
10 addl %ecx, %ebx          # %ebx += %ecx = (str[0] – '0')*100 + (str[1] – '0')*10
11 xorl %ecx, %ecx          # %ecx = 0
12 movb 2(%eax), %cl        # Lấy 1 byte từ vị trí cách vị trí bắt đầu str 2 byte, tức str[2]
13 subl $0x30, %ecx         # str[2] – '0'
14 addl %ecx, %ebx          # %ebx += %ecx = (str[0] – '0')*100 + (str[1] – '0')*10 + str[2] – '0'
15 xorl %eax, %eax          # %eax = 0
16 movb (n), %al             # n chỉ có 1 ký tự, lấy 1 byte tương ứng với duy nhất của n
17 subl $0x30, %eax          # n – '0'
18 andl %ebx, %eax          # return %eax = %eax & %ebx = ((str[0] – '0')*100 + (str[1] – '0')*10
                           + str[2] – '0') & (n – '0')

```

a. Hoàn thành đoạn mã C tương ứng với đoạn mã assembly trên.

```

1 int func(char* str, char n) {
2     int a = (str[0] – '0')*100;
3     int b = (str[1] – '0')*10;
4     int c = (str[2] – '0');
5     int num = a + b + c;
6     int n_num = n – '0';
7     return num & n_num;
8 }

```

b. Ý nghĩa các lệnh xorl ở dòng 2, 3, 11, 15? Nếu không có thì tác động gì có thể xảy ra?

Xóa giá trị của các thanh ghi 4 byte %eax, %ebx, %ecx (đưa về 0) trước khi sử dụng chúng để lưu các giá trị lấy từ chuỗi str và n. Do khi lần lượt xử lý các ký tự của str và n, ta chỉ xử lý 1 byte, khi movb chỉ thay đổi 1 byte thấp đó của các thanh ghi 4 byte, nên nếu không xóa giá trị trước đó, giá trị còn lại không bị đè của các byte cao hơn có thể gây sai lệch khi tính toán.

c. Dự đoán chức năng của đoạn mã trên?

str là 1 ‘số’ gồm 3 chữ số, n là số 1 chữ số. Đoạn mã thực hiện chuyển đổi các ‘chuỗi số’ str và n thành số nguyên 3 chữ số và 1 chữ số tương ứng, sau đó thực hiện str & n.

d. Giả sử str = ‘125’, n = ‘7’. Xác định giá trị được trả về ở cuối hàm?

str = ‘125’ được chuyển thành 125. n = ‘7’ được chuyển thành 7. Sau đó thực hiện 125 & 7 = 5.

Bài tập 8. Cho đoạn mã assembly dưới đây được tạo bởi GCC:

x, y lần lượt là các tham số thứ nhất và thứ hai của hàm test

```

1   movl 8(%ebp), %eax      // %eax = x
2   movl 12(%ebp), %edx      // %edx = y
3   cmpl $-3, %eax          + So sánh %eax (x) với -3: x ? -3 (if 1)
4   jge  .L2                 - nhảy đến .L2 nếu x >= -3
5   cmpl %edx, %eax          - Vé 1 của if 1: So sánh %eax (x) với %edx (y): x ? y (if 2)
6   jle  .L3                 // nhảy đến .L3 nếu x <= y
7   imull %edx, %eax          // Vé 1 của if 2: %eax = %eax * %edx = x * y
8   jmp  .L4                 // nhảy k điều kiện đến .L4 -> thoát if/else
9   .L3:                     // Vé 2 của if 2: nhảy đến từ lệnh số 6
10  leal  (%edx,%eax), %eax // %eax = %eax + %edx = x + y
11  jmp  .L4                 // nhảy k điều kiện đến .L4 -> thoát if/else
12  .L2:                     - Vé 2 của if 1: nhảy đến từ lệnh số 4
13  cmpl $2, %eax            // so sánh %eax (x) với 2: x ? 2 (if 3)
14  jg   .L5                 // nhảy đến .L5 nếu x > 2
15  xorl %edx, %eax          // Vé 1 của if 3: %eax = %eax ^ %edx = x ^ y
16  jmp  .L4                 // nhảy k điều kiện đến .L4 -> thoát if/else
17  .L5:                     // Vé 2 của if 3: nhảy đến từ lệnh 14
18  subl %edx, %eax          // %eax = %eax - %edx = x - y
19  .L4:                     // thoát if/else
20  // return val

```

Từ các đoạn mã phân biệt bằng màu sắc (cùng màu là cùng khối if/else), ta thấy có 1 số if/else lồng nhau như sau: if 1 có 1 vé chứa if 2 và 1 vé chứa if 3. Cụ thể, vé 1 màu đỏ của if 1 chứa if 2 màu xanh lá, vé 2 màu đỏ của if 1 chứa if 3 màu xanh dương.

Ở đoạn code bên dưới, có thể viết bất kỳ vé nào của if 1 ở dòng lệnh 4 – 7. Vé còn lại sẽ từ dòng 8 – 9. Tuy nhiên, if 2 và if 3 đều có 2 vé true/false, chỉ có dòng lệnh 4 – 7 đủ chỗ để điền 2 vé. Vé được viết ở dòng 8 - 9 của if 1 chỉ có thể ghi 1 vé, như vậy ta sẽ tận dụng dòng code 2 để ghi giá trị của vé còn thiếu như giá trị mặc định. Nếu tất cả các điều kiện if/else bên dưới đều sai, ta sẽ thu được val là giá trị của vé còn thiếu.

- Hoàn thành đoạn mã C tương ứng với đoạn mã assembly trên, trong đó giá trị cuối cùng của **val** được lưu trong **%eax** để trả về tại **.L4**.

(Bài tập có nhiều đáp án, SV chỉ cần ánh xạ đúng các điều kiện – đoạn code tương ứng)

Ví dụ: Chọn ghi vé if 3 trước, ghi vé if 2 sau. Có 1 vé của if 2 bị thiếu sẽ được điền ở dòng lệnh 2.

```

1 int test(int x, int y) {
2     int val = x * y;           // vé còn thiếu của if 2 -> điền cuối cùng
3     if ( x >= -3 ) {          // cmp dòng 3 và jge dòng 4
4         if ( x > 2 )          // .L2: cmp dòng 13 và jg dòng 14
5             val = x - y;        // .L5
6         else
7             val = x ^ y;        // dòng 15 khi điều kiện dòng 14 không đúng
8     } else if ( x <= y )       // Dòng 5 khi điều kiện dòng 4 không đúng, jle dòng 6
9         val = x + y;          // .L3
10    return val;                // .L4
11 }

```

Một trường hợp khác, ghi vé if 2 trước, ghi vé if 3 sau. Có 1 vé của if 3 bị thiếu ghi lên dòng lệnh 2.

```

1 int test(int x, int y) {
2     int val = x - y;           // vé còn thiếu của if 3 → điền cuối cùng
3     if (x < -3) {            // cmp dòng 3 và jge dòng 4
4         if (x > y)          // .L2: cmp dòng 13 và jg dòng 14
5             val = x * y;      // .L5
6         else
7             val = x + y;      // dòng 15 khi điều kiện dòng 14 không đúng
8     } else if (x <= 2)       // Dòng 5 khi điều kiện dòng 4 không đúng, jle dòng 6
9         val = x ^ y;          // .L3
10    return val;              // .L4
11 }
```

Sinh viên chỉ cần tìm được các nhánh logic đúng với các trường hợp so sánh x, y khớp với đáp là được. Các trường hợp đúng:

- TH1: $x < -3$ và $x > y$: $val = x * y$
- TH2: $x < -3$ và $x \leq y$: $val = x + y$
- TH3: $x \geq -3$ và $x \leq 2$: $val = x ^ y$
- TH4: $x \geq -3$ và $x > 2$: $val = x - y$

b. Giả sử với tham số $x = 4$, $y = 2$. Xác định giá trị **val** và giải thích?

$x = 4$, $y = 2$, thuộc TH 4: do vậy $val = x - y = 4 - 2 = 2$

c. Giả sử với tham số $x = 1$, $y = 9$. Xác định giá trị **val** và giải thích?

$x = 1$, $y = 9$, thuộc TH3: do vậy $val = x ^ y = 1 ^ 9 = 00012 ^ 10012 = 10002 = 8$

Bài tập 9. Cho đoạn mã **assembly** như bên dưới:

x là tham số thứ nhất của hàm fun_b

```

1   movl 8(%ebp), %ebx // %ebx = x
2   movl $0, %eax // %eax = 0 = val
3   movl $0, %ecx // %ecx = 0
4   jmp .L2
5 .L1:
6   leal (%eax,%eax), %edx // %edx = 2 * %eax = 2 * val → sử dụng %eax lần đầu ở mỗi vòng
                           // lặp → là val của vòng lặp trước
7   movl %ebx, %eax // %eax = %ebx = x
8   andl $1, %eax // %eax = %eax & 1 = x & 1
9   orl %edx, %eax // %eax = %eax | %edx = (x & 1) | 2 * val → lần thay đổi %eax
                     // cuối cùng của mỗi vòng lặp → val sau mỗi vòng lặp
10  shr1 %ebx // %ebx >> 1 = x >> 1
11  addl $1, %ecx // %ecx ++ → i được cập nhật
12 .L2:
13  cmpl $5, %ecx // So sánh %ecx ? 5
14  jle .L1 // %ecx <= 5 thì quay về .L1 → còn thực hiện vòng lặp
```

- Dòng lệnh 13 so sánh %ecx với 5, nếu chưa lớn hơn 5 thì nhảy về nhãn .L1, thực thi đoạn code sau đó lại kiểm tra điều kiện → đoạn code từ .L1 liên quan đến vòng lặp (dòng 5 – 14).
- %eax chứa val, khởi tạo là 0, %ecx có thể chứa giá trị biến còn lại là i, được khởi tạo là 0.

- Đoạn code trên thực hiện khởi tạo giá trị, sau đó nhảy đến .L2 kiểm tra điều kiện rồi mới thực thi đoạn code liên quan đến vòng lặp → nên chuyển về for hoặc while.

- Các thông tin cần xác định:

- + Khởi tạo: dòng 2, 3, gán val = 0, i = 0;
- + Điều kiện kiểm tra: dòng 13 – 14: kiểm tra nếu $i \leq 5$ thì quay về .L1, không thì thoát.
- + Cập nhật: cập nhật biến dùng trong điều kiện kiểm tra là i → dòng 11, tăng i (%ecx) lên 1.
- + Phần thân: các lệnh còn lại (6 – 10).

a. Hoàn thành đoạn mã C tương ứng với đoạn mã assembly trên. Biết giá trị cuối cùng của val lưu trong %eax để trả về sau khi thoát vòng lặp for.

```

1 int fun_b(unsigned x) {
2     int val = 0;
3     int i;
4     for (i = 0; i <= 5; i++) {
5         val = (x & 1) | (2*val);
6         x >>= 1;
7     }
8     return val;
9 }
```

b. Với x = 32, xác định giá trị của val? Giải thích?

| | |
|---|---|
| i = 0: val = (32 & 1) (2*0) = 0 0 = 0. x = 16 | i = 4: val = (2 & 1) (2*0) = 0 0 = 0. x = 1 |
| i = 1: val = (16 & 1) (2*0) = 0 0 = 0. x = 8 | i = 5: val = (1 & 1) (2*0) = 1 0 = 1. x = 0 |
| i = 2: val = (8 & 1) (2*0) = 0 0 = 0. x = 4 | i = 6: dừng |
| i = 3: val = (4 & 1) (2*0) = 0 0 = 0. x = 2 | Vậy val = 1 |

Bài tập 10. Cho hàm C như sau:

```

1 int my_function()
2 {
3     int first_var = 0;
4     int second_var = 0xdeadbeef;
5     char str[2] = ?;
6
7     char buf[10];
8     gets(buf);
9     return len(buf);
10 }
```

GCC tạo ra mã assembly tương ứng như sau:

```

.section .data
.LC0:
    .byte 0x68,0x69,0x74,0x68,0x75,0x0 # mảng các byte liên tục nhau

.section .text
1 my_function:
2     pushl  %ebp
3     movl  %esp, %ebp
4     subl  $24, %esp
5     movl  $0, -4(%ebp)
```

```

6   movl    $0xdeadbeef, -8(%ebp)
7   movw    (.LC0), %dx
8   movw    %dx, -12(%ebp)
9   leal    -24(%ebp), %eax
10  pushl   %eax
11  call    gets
12  leal    -24(%ebp), %eax
13  pushl   %eax
14  call    len
15  leave
16  ret

```

Giả sử hàm **my_function** bắt đầu thực thi với những giá trị thanh ghi như sau:

| Thanh ghi | Giá trị |
|-----------|----------|
| %esp | 0x800168 |
| %ebp | 0x800180 |

Biết **.LC0** là label của 1 vùng nhớ.

a. Giá trị của thanh ghi **%ebp** sau khi thực thi dòng lệnh assembly thứ 3? Giải thích.

- Sau dòng lệnh số 2, %esp bị giảm xuống 4: $%esp = %esp - 4 = 0x800168 - 4 = 0x800164$.
- Sau dòng lệnh số 3, %ebp được gán bằng %esp, do đó $%ebp = %esp = 0x800164$.

b. Giá trị của thanh ghi **%esp** sau khi thực thi dòng lệnh assembly thứ 4? Giải thích.

- Từ câu a, sau dòng lệnh 2, %esp = 0x800164.
- Dòng lệnh 3 không làm thay đổi %esp.
- Dòng lệnh 4 trừ %esp xuống 24 đơn vị, do vậy $%esp = 0x800164 - 24 = 0x800164 - 0x18 = 0x80014C$.

c. Hàm **my_function** có 1 biến cục bộ **str**, là 1 mảng char gồm 2 ký tự. Quan sát mã assembly, hãy cho biết 2 ký tự được gán cho mảng **str** là gì?

- Tại dòng lệnh assembly 5, 6: giá trị 0 ở vị trí $-4(%ebp)$ → đây là **first_var**, giá trị **0xdeadbeef** ở $-8(%ebp)$ → đây là **second_var**.
- Tại dòng lệnh thứ 7-8: chương trình lấy 1 số giá trị từ chuỗi các byte ở ô nhớ có nhãn **.LC0** đưa vào vị trí $-12(%ebp)$ → đây là mảng **str[2]**.
 - Dòng 7: Lệnh **movw** lấy 2 byte từ vị trí ô nhớ **.LC0** đưa vào **%dx**, ta được **0x68** và **0x69** → **%dx** sẽ có giá trị **0x6968** (Little Endian)
 - Dòng 8: Lệnh **movw** đưa 2 byte trong **%dx** (**0x6968**) vào vị trí $-12(%ebp)$ của **str[2]**. Theo Little Endian, **0x68** được lưu trước ở địa chỉ thấp hơn, **0x69** lưu sau → **str[0] = 'h'**, **str[1] = 't'**.

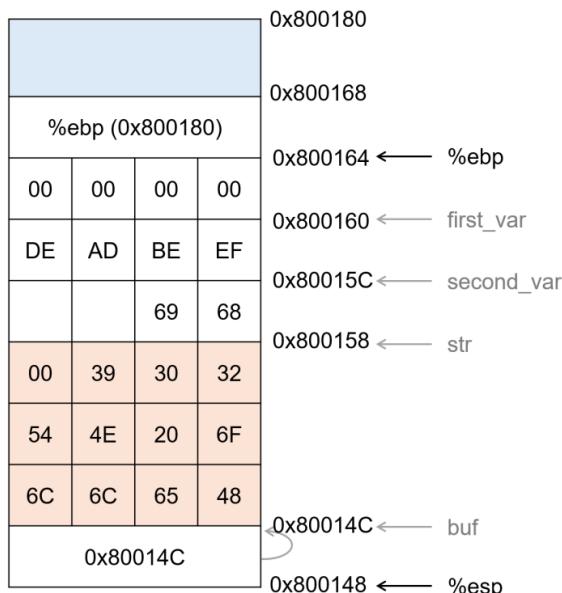
d. Xác định địa chỉ cụ thể của vị trí sẽ lưu chuỗi input nhận về từ hàm **gets()**? Giải thích?

- Hàm **gets()** cần 1 tham số là vị trí sẽ lưu chuỗi input. Trong assembly, đó là địa chỉ được đẩy vào stack ở dòng 9 - 10 (truyền tham số) trước khi call **gets** ở dòng assembly thứ 11.
- Dòng 9 tính toán địa chỉ $%ebp - 24 = 0x800164 - 0x18 = 0x80014C$ lưu vào **%eax** sau đó **push %eax** vào stack để làm tham số và gọi **gets**. Vậy vị trí lưu chuỗi input là **0x80014C**.

e. Giả sử khi gọi **gets** ở dòng code assembly thứ 13, nhận được 1 chuỗi “Hello NT209”.

Vẽ stack frame của **my_function** ngay sau khi hàm **gets** trả về.

Lưu ý: Cần chú thích địa chỉ, giá trị của các ô nhớ trong stack frame của **my_function**, bao gồm cả các ô nhớ chứa biến cục bộ, tham số và chuỗi đã nhập với **gets**.



- f. **gets** không giới hạn độ dài chuỗi mà nó nhận. Dựa vào stack frame của **my_function** đã vẽ, hãy tìm độ dài tối đa của **buf** (số ký tự) sao cho khi nhập vẫn chưa ghi đè lên bất kỳ ô nhớ quan trọng nào trong stack của **my_function** để bị lỗi segmentation fault?

Ô nhớ quan trọng có thể gây lỗi segmentation fault khi ghi đè ngẫu nhiên là ô nhớ chứa %ebp cũ của hàm mẹ hoặc địa chỉ trả về trong stack. Dựa vào stack đã vẽ, có thể nhập tối đa chuỗi dài 23 ký tự cho buf. Khi lưu hệ thống sẽ cộng thêm 1 byte của ký tự NULL kết thúc chuỗi, thành chuỗi dài 24 bytes, sử dụng tối đa vùng nhớ của buf mà chưa ghi đè lên các ô nhớ lưu giá trị %ebp cũ của hàm mẹ để gây lỗi segmentation fault.

- g. Chương trình có thể có lỗi hỏng buffer overflow. Thử tìm một chuỗi buf sao cho có thể ghi đè lên biến cục bộ **second_var** một giá trị mới là **0x1234ABCD**.

Dựa vào stack đã vẽ, khoảng cách từ vị trí của buf đến biến **second_var** là $12 + 4 = 16$ bytes. Thêm vào đó để ghi đè được hết **second_var**, còn thêm 4 byte biểu diễn giá trị 0x1234ABCD, dưới dạng Little Endian là CD AB 34 12.

Vậy ta có thể nhập 1 chuỗi buf dài 20 bytes, trong đó 16 byte đầu tuỳ ý (khác 0xA), 4 byte cuối là 4 byte hexan CD AB 34 12: “a”*16 + “xCD\xAB\x34\x12”.

Bài tập 11. Trong hệ thống 32 bit, cho mảng **T A[N]** với **T** và **N** chưa biết. Biết tổng kích thước của mảng A là **28 bytes**, **T** là 1 kiểu dữ liệu cơ bản.

- a. Xác định **T** và **N**? Giải thích? Liệt kê tất cả các trường hợp thỏa mãn và dạng khai báo của mảng A với mỗi **T** và **N** tìm được.

Ta có $\text{sizeof}(T)*N = 28$, trong đó N là 1 số nguyên dương và $\text{sizeof}(T) \in \{1, 2, 4, 8\}$

Ta lập luận các trường hợp có thể có:

| | | | | |
|-----------|----|----|---|-------------|
| Sizeof(T) | 1 | 2 | 4 | 8 |
| N | 28 | 14 | 7 | 28/8 (loại) |

Như vậy ta có các trường hợp:

- $\text{sizeof}(T) = 1 \rightarrow N = 28$, ta có char A[28]
- $\text{sizeof}(T) = 2 \rightarrow N = 14$, ta có short A[14]
- $\text{sizeof}(T) = 4 \rightarrow N = 7$, ta có int A[7] hoặc float A[7]...

b. Giả sử với 1 trường hợp của **T A[N]** ở trên, ta có đoạn mã C và assembly tương ứng truy xuất các phần tử của mảng như bên dưới (__?__ là giá trị chưa biết)

Code assembly:

```

12  movl  $A, %eax // address of A
13  movw  $0, (%eax)
14  movl  $1, %ecx // chỉ số i
15 .L1:
16  xorl  %ebx, %ebx
17  movw  -2(%eax, %ecx, 2), %bx
18  addl  %ecx, %ebx
19  movw  %bx, (%eax, %ecx, 2)
20  incl  %ecx
21  cmpl  __?, %ecx
22  jl   .L1

```

- Xác định mảng **T A[N]** đang được dùng trong đoạn mã assembly trên? Giải thích? Xác định giá trị __?__ còn thiếu?

Từ đoạn mã assembly, %eax là địa chỉ của mảng A, truy xuất các phần tử của mảng A sẽ cần tới các biểu thức tính toán địa chỉ dựa trên %eax.

- Dòng lệnh 2: gán 0 vào vị trí (%eax) → phần tử A[0], sử dụng lệnh movw tức sẽ gán giá trị cho 2 bytes trong ô nhớ.

- Dòng lệnh 6: sử dụng %eax là địa chỉ của A, %ecx là chỉ số i trong biểu thức để tính địa chỉ là &A + 2*i - 2 = &A + 2*(i-1), cũng sử dụng movw

- Dòng lệnh 8: tương tự dòng 6, địa chỉ tính được là &A + 2*i, cũng sử dụng movw.

Từ biểu thức tính địa chỉ phần tử và lệnh movw, nhận định kích thước của 1 phần tử mảng A là 2 byte

→ T A[N] được sử dụng là short A[14].

Tùy đó ta có __?__ cần điền 1 giá trị phù hợp để kiểm tra chỉ số i hợp lệ trong mảng A[14].

Dựa trên lệnh jl, nếu %ecx < __?__ thì còn thực hiện vòng lặp. Từ đó suy ra __?__ là \$14.

- Hãy hoàn thành đoạn code C có chức năng tương ứng với đoạn mã assembly?

```

7 short A[14]; // khai báo mảng A
8 A[0] = 0;
9 for (int i = 1; i < 14; i++)
10 {
11     A[i] = A[i-1] + i;
12 }

```

c. Với đoạn mã và **T A[N]** ở câu b, cho biết sau khi thực hiện các đoạn code trên, ta thu được mảng A với các giá trị phần tử như thế nào?

A[0] = 0. Từ i = 1, A[i] = A[i-1] + i.

Vậy ta có mảng A[14] gồm 14 phần tử có giá trị là 0, 1, 3, 6, 10, 15, 21, 28, 36, 45, 55, 66, 78, 91

d. Vẫn với mảng **T A[N]** ở câu b, cho địa chỉ của **A[0]** là **0x1010**. Cho biết địa chỉ của phần tử cuối của mảng A?

Mảng A là short A[14], phần tử cuối của mảng A là A[13]. Với địa chỉ mảng A = địa chỉ A[0] = 0x1010, ta có địa chỉ phần tử cuối là &A[13] = &A + 13*sizeof(T) = 0x1010 + 13*2 = 0x1010 + 26 (0x1A) = 0x102A.

Bài tập 12. Cho mảng **T A[R][C]** với T là kiểu dữ liệu cơ bản, R và C chưa biết.

Xác định T, R và C của mảng A trong các trường hợp sau và viết dạng khai báo tương ứng.

a. **Trường hợp 1:** A là 1 ma trận vuông, mỗi mảng con nằm cách nhau 20 bytes, kích thước 1 phần tử lớn hơn 1 byte. Trong mảng A không tồn tại phần tử A[6][6].

- Do A là ma trận vuông nên R = C.
- Mỗi mảng con cách nhau 20 bytes, tức là kích thước của 1 mảng con cũng là 20 bytes. Do đó ta có C*sizeof(T) = 20 và sizeof(T) > 1.

Với C là số nguyên dương, sizeof(T) ∈ {2, 4, 8} (bỏ trường hợp sizeof(T) = 1), ta có các trường hợp:

| | | | |
|-----------|-----------|----------|------------|
| sizeof(T) | 2 | 4 | 8 |
| C | 10 (nhận) | 5 (nhận) | 2,5 (loại) |

- Mặt khác, mảng A không tồn tại phần tử A[6][6], tức là R ≤ 6, C ≤ 6 nên loại trường hợp C = 10.
- Do đó ta có C = R = 5, khi đó sizeof(T) = 4.

Vậy mảng A có thể là: int A[5][5] hoặc float A[5][5]

(Do đề bài không cho dữ kiện về hệ thống 32 bit hay 64 bit, với các trường hợp khác của mảng A như mảng pointer char* A[5][5], sinh viên cần kết luận đi kèm với điều kiện trong hệ thống 32bit).

b. Biết địa chỉ của phần tử **A[2][2]** là **0x1020** và tổng kích thước của mảng A là **40 bytes**.

- Ta có công thức tính địa chỉ phần tử trong mảng 2 chiều:

$$\&A[2][2] = \&A + 2*C*sizeof(T) + 2*sizeof(T)$$

$$\Leftrightarrow 0x1020 = 0x100C + 2*sizeof(T)*(C + 1)$$

$$\Leftrightarrow sizeof(T)*(C + 1) = 10$$

- Với C là số nguyên dương, sizeof(T) ∈ {1, 2, 4, 8}, ta có các trường hợp:

| | | | | |
|-----------|----------|----------|------------|-------------|
| sizeof(T) | 1 | 2 | 4 | 8 |
| C | 9 (nhận) | 4 (nhận) | 1,5 (loại) | 0,25 (loại) |

- Ta có kích thước mảng A = 40 bytes = sizeof(T)*C*R, trong đó R cũng là số nguyên dương

Với C = 9, sizeof(T) = 1 → R = 4,44 (loại)

Với C = 4, sizeof(T) = 2 → R = 5 (nhận)

Vậy mảng A có thể là short A[5][4].

c. Tổng kích thước của A thay đổi tùy vào hệ thống 32 bit hoặc 64 bit, trong đó chênh lệch kích thước là 96 bytes và tồn tại phần tử A[4][3].

- Tổng kích thước của mảng A phụ thuộc vào kiểu dữ liệu, R và C. Do R và C cố định, việc chênh lệch kích thước ở 2 hệ thống 32bit và 64 bit là do kiểu dữ liệu → Các kiểu dữ liệu khác kích thước ở 2 hệ thống là pointer hoặc long, đều có kích thước lần lượt là 4 byte và 8 byte ở 32 bit và 64 bit.
- Do đó dù là kiểu dữ liệu nào ở trên, chênh lệch đều là $8*R*C - 4*R*C = 4*R*C = 96 \rightarrow R*C = 24$.
- Với R, C là các số nguyên dương, ta có các trường hợp:

| | | | | | | | | |
|---|----|----|---|---|---|---|----|----|
| R | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 |
| C | 24 | 12 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 |

- Mặt khác, A có tồn tại phần tử A[4][3] do đó R > 4, C > 3, ta nhận trường hợp R = 6, C = 4. Vậy mảng A có thể là int* A[6][4] (tất cả các mảng có kiểu dữ liệu pointer) hoặc long A[6][4].

Bài tập 13. Cho các định nghĩa sau trong code C, với giá trị N chưa biết.

```

1 # define N ?
2 void matrix_set_val(int A[N][N], int val)
3 {
4     int i;
5     for (i = 0 ; i < N; i++)
6         A[i][i] = val;
7 }
```

Và đoạn code assembly tương ứng được tạo bởi GCC:

Địa chỉ mảng A là tham số thứ nhất, giá trị val là tham số thứ 2

```

1    movl  8(%ebp), %ecx
2    movl  12(%ebp), %edx
3    movl  $0, %eax
4 .L14:
5    movl  %edx, (%ecx,%eax)
6    addl  $68, %eax
7    cmpl  $1088, %eax
8    jne   .L14
```

Hãy phân tích đoạn mã assembly trên và xác định giá trị của N?

Trong vòng lặp có truy xuất phần tử A[i][i] thì trong code assembly sẽ có dòng code tính toán địa chỉ của phần tử này trong mảng A dựa trên i.

Từ các dòng code assembly 1, ta có **%ecx = A** là địa chỉ của mảng, dòng 4 – 8 là vòng lặp truy xuất các phần tử của mảng A[N][N].

- Dòng lệnh 5: Địa chỉ của phần tử **A[i][i] = %ecx + %eax = A + distance**, sau mỗi vòng lặp distance sẽ được cập nhật

→ Code assembly tính địa chỉ của phần tử thông qua khoảng cách giữa phần tử đó đến đầu mảng, không trực tiếp dùng chỉ số i. (Xem slide 11 trong Tuần Array-Structure).

Có 2 cách để tìm kích thước N của mảng A[N][N]

- **Cách 1: dựa trên khoảng cách được cập nhật qua từng vòng lặp**

- Từ code C ta có, mỗi vòng lặp sẽ truy xuất 1 phần tử của 1 mảng con khác nhau trong A.

Vòng lặp 0: Phần tử thứ 0 của mảng con $A[0]: A[0][0]$

Vòng lặp 1: Phần tử thứ 1 của mảng con $A[1]: A[1][1]$

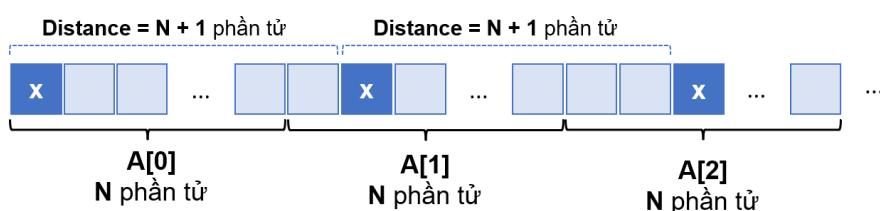
Vòng lặp 2: Phần tử thứ 2 của mảng con $A[2]: A[2][2]$

...

Vòng lặp i: Phần tử thứ i của mảng con $A[i]: A[i][i]$

Vòng lặp i+1: Phần tử thứ i+1 của mảng con $A[i+1]: A[i+1][i+1]$

Ta có thể vẽ minh họa vị trí của những phần tử này trong mảng A như bên dưới, các phần tử được truy xuất sẽ được đánh dấu x.



- Xác định distance sau mỗi vòng lặp được cập nhật lên bao nhiêu, chính là khoảng cách giữa 2 phần tử cần truy xuất liên tiếp là $A[i][i]$ và $A[i+1][i+1]$:

Từ hình minh họa, có thể thấy, distance giữa các vị trí của các phần tử cần truy xuất liên tiếp bằng **kích thước của ($N + 1$) phần tử = $4*(N + 1)$** → đây là khoảng được cập nhật thêm vào distance sau mỗi vòng lặp để đi đến địa chỉ của phần tử tiếp theo cần truy xuất.

- Mặt khác ở dòng lệnh 6, giá trị distance được cập nhật tăng thêm 68, vậy ta có $4*(N+1) = 68 \rightarrow N = 16$ hay $A[16][16]$.

- Có thể kiểm chứng lại với dòng lệnh 7, phần tử cuối cùng có thể truy xuất trong mảng A là $A[15][15]$, khi đó distance lớn nhất sẽ là $15*16*4 + 15*4 = 1020$, là hợp lệ. Giá trị distance cập nhật ngay sau đó $1020 + 68 = 1088$ sẽ là điều kiện dừng.

- **Cách 2: dựa trên điều kiện dừng**

- Từ code C, ta có mỗi vòng lặp truy xuất phần tử $A[i][i]$ của ma trận. Với định nghĩa $A[N][N]$, ta có phần tử cuối cùng có thể truy xuất được sẽ là $A[N-1][N-1]$, ở vòng lặp kế tiếp sẽ là $A[N][N]$, tuy nhiên điều kiện kiểm tra sẽ dừng khi gặp phần tử này.

- Sau mỗi vòng lặp, distance sẽ được cập nhật thành khoảng cách từ địa chỉ của A đến phần tử cần truy xuất. Với khai báo mảng integer, ta có distance hợp lệ lớn nhất tương ứng với phần tử $A[N-1][N-1]$, và phần tử ngay tiếp theo $A[N][N]$ sẽ không hợp lệ, do đó distance của $A[N][N]$ cũng sẽ không hợp lệ.

- Từ dòng assembly 7, ta thấy distance này nếu **bằng 1088** thì sẽ dừng vòng lặp, các trường hợp nhỏ hơn vẫn truy xuất phần tử bình thường, có thể thấy 1088 là giá trị distance không hợp lệ đầu tiên, theo logic sẽ ứng với $A[N][N]$ nên $distance_{A[N][N]} = 1088$.

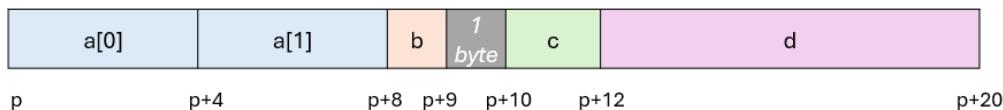
Ta có $distance_{A[N][N]} = 4*N*N + 4*N = 1088$ (cách đầu mảng N mảng 1 chiều N phần tử integer + N phần tử)

→ **N = 16.**

Bài tập 14. Cho định nghĩa struct như bên dưới trong Linux 32 bit, có alignment.

```
1 typedef struct {
2     int* a[2];
3     char b;
4     short c;
5     double d;
6 } str1;
```

- a. Vẽ hình minh họa việc cấp phát struct **str1** trên trong bộ nhớ, giả sử địa chỉ bắt đầu là $p:8$?



Khi tính alignment trong Linux 32 bit:

- **Bước 1: Căn chỉnh từng thành phần của struct**

- Các phần tử của mảng a là **int*** (4 bytes trong hệ thống 32 bit), K = 4 nên cần đặt ở vị trí địa chỉ (offset) chia hết cho 4. p là 1 địa chỉ thỏa chia hết cho 4 nên có thể cấp phát a tại p, a nằm từ p đến p+8.

- b là **char** (1 byte), K = 1 nên có thể đặt tùy ý. Cấp phát xong a thì đang dừng ở p+8, b có thể được cấp phát ngay tại vị trí này, b nằm từ p+8 đến p+9.

- c là **short** (2 byte), K = 2 nên cần đặt ở vị trí địa chỉ chia hết cho 2. Địa chỉ (offset) sau khi cấp phát xong b là p+9, chưa chia hết cho 2 nên cần chèn thêm 1 byte trống để đi đến vị trí gần nhất chia hết cho 2 là p+10, tại đây có thể lưu c. c nằm từ p+10 đến p+12.

- d là **double** (8 byte), tuy nhiên trong Linux 32bit, double là trường hợp ngoại lệ chỉ cần K = 4 nên cần đặt ở vị trí địa chỉ chia hết cho 4. Sau khi cấp phát c thì đang dừng ở p+12 chia hết cho 4 nên có thể cấp phát d tại đây. d nằm từ p+12 đến p+20.

- **Bước 2: Căn chỉnh toàn bộ struct**

Trong Linux 32 bit, yêu cầu căn chỉnh chung K của struct này là 4 (K lớn nhất của các thành phần), tổng kích thước cần chia hết cho 4. Khi cấp phát xong d, tổng kích thước là 20 bytes, đã chia hết cho 4 nên không cần thêm byte trống.

- b.** Có bao nhiêu byte trống được chèn thêm vào struct khi thực hiện căn chỉnh?

Từ hình minh họa, các byte màu xám là các byte chèn thêm, có tổng cộng 1 byte.

- c. Tổng kích thước của struct trên là bao nhiêu?**

Từ hình minh họa, ta được kích thước của struct là 20 bytes.

- d. Giả sử có code assembly của 1 hàm **func** với 2 tham số lần lượt là *i* và *val*, thực hiện xử lý các thành phần của 1 struct **str1** có tên là **s** như sau.

Từ hình vẽ minh họa, ta xác định được offset của các thành phần trong struct s. Với %eax chứa địa chỉ của s, ta hình dung được biểu thức tính địa chỉ khi cần truy xuất chúng và suffix câu lệnh xử lý:

- s.a[0] có offset 0 → địa chỉ s + 0 → (%eax), hậu tố l
- s.a[1] có offset 4 → địa chỉ s + 4 → 4(%eax), hậu tố l
- s.b có offset 8 → địa chỉ s + 8 → 8(%eax), hậu tố b
- s.c có offset 10 → địa chỉ s + 10 → 10(%eax), hậu tố w
- s.d có offset 12 → địa chỉ s + 12 → 12(%eax), hậu tố q

1 **func:**

```

2      movl $s, %eax          # address of struct s
3      movq $1, 12(%eax)      # Gán giá trị 1 cho ô nhớ tại s + 12 (d) → s.d = 1
4      xorl %ecx, %ecx      # Xóa giá trị %ecx (gán bằng 0)
5      movl 12(%ebp), %ebx   # Lấy tham số thứ 2 là val đưa vào %ebx
6      movw 10(%eax), %cx    # Lấy 2 byte từ s + 10 (c) → lấy giá trị của s.c
7      leal 1(%ebx, %ecx), %ebx # Tính toán %ebx = %ebx + %ecx + 1 = val + s.c + 1
8      movl %ebx, 4(%eax)     # Gán val + s.c + 1 vừa tính cho s + 4, tức s.a[1]
9      movl 12(%ebp), %ebx   # Lấy tham số thứ 2 là val đưa vào %ebx
10     andl $0xF, %ebx       # and giá trị với 0xF: val & 0xF
11     addb $0x30, %bl       # Cộng với 0x30, tương đương '0': val & 0xF + '0'
12     movb %bl, 8(%eax)     # Gán kết quả val & 0xF + '0' vào s + 8, tức s.b
13     movl 8(%ebp), %ebx   # Lấy tham số thứ nhất là i đưa vào %ebx
14     movl %ebx, (%eax, %ebx, 4) # Gán %ebx (i) cho vị trí s + 4*i, tức s.a[i]
15     movl 4(%eax), %eax    # return giá trị tại s + 4 là s.a[1]
```

Hoàn thành đoạn code C có chức năng tương ứng với đoạn mã assembly trên?

```

1 int func(int i, int val)
2 {
3     str_ex1 s;
4     s.d = 1;
5     s.a[1] = val + s.c + 1;
6     s.b = (val & 0xF) + '0';
7     s.a[i] = i;
8     return s.a[1];
9 }
```

- e. Giả sử sử dụng chung khai báo struct **str1** trên hệ thống Linux 64 bit có alignment, chênh lệnh kích thước của struct trên 2 hệ thống là bao nhiêu bytes? Giải thích?

Khi khai báo trên hệ thống Linux 64 bit, có alignment, việc cấp phát struct str1 sẽ như sau:

| | | | | | |
|------|------|----------------|------|---------|------|
| a[0] | a[1] | b 1 byte | c | 4 bytes | d |
| p | p+8 | p+16 | p+18 | p+24 | p+32 |

Nhìn hình ta có kích thước mới là 32 bytes. So với kích thước trên Linux 32bit có alignment là 20 bytes, chênh lệch kích thước là 12 bytes.

- f. Giả sử trên Linux 32bit có alignment, cần tối ưu hóa kích thước vùng nhớ được dùng để cấp phát struct **str1**, khi đó cần khai báo lại struct **str1** như thế nào?

Để tối ưu hóa kích thước vùng nhớ được cấp phát cho struct, ta sắp xếp lại các thành phần trong struct sao cho thành phần có kích thước kiểu dữ liệu lớn nhất sẽ ở khai báo trước, sau đó lần lượt các thành phần có kích thước dữ liệu giảm dần.

```
typedef struct {
    double d;      // Kích thước dữ liệu 8 bytes
    int* a[2];    // Kích thước dữ liệu 4 bytes (xét thành phần con nếu là mảng)
    short c;       // Kích thước dữ liệu 2 bytes
    char b;        // Kích thước dữ liệu 1 byte
}
```

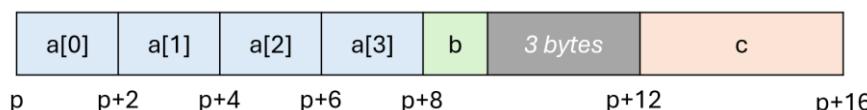
Bài tập 15. Cho struct như bên dưới trong Linux 32-bit, có yêu cầu alignment.

```
1 typedef struct {
2     short a[4];
3     char b;
4     int c;
5 } str2;
```

Một hàm func1 được dùng để gán giá trị cho thành phần a[i] và c của struct, kết quả trả về là giá trị của thành phần c như bên dưới.

```
1 int func1(int i, int val)
2 {
3     str1 s;
4     s.c = 1;
5     s.a[i] = val;
6     return s.c;
7 }
```

- a. Vẽ hình minh họa việc cấp phát struct **str2** trong bộ nhớ, giả sử địa chỉ bắt đầu là p:8?



Khi tính alignment trong Linux 32 bit:

- **Bước 1: Căn chỉnh từng thành phần của struct**

- Các phần tử của mảng a là short (2 bytes), K = 2 nên cần đặt ở địa chỉ chia hết cho 2. p là một địa chỉ chia hết cho 8, nên cũng chia hết cho 2, do đó có thể cấp phát a. a nằm từ p đến p+8.

- b là char (1 byte), K = 1 nên có thể đặt tùy ý. Sau khi cấp phát a thì đang dừng ở p+8, có thể cấp phát b tại đây. b nằm từ p+8 đến p+9.

- c là int (4 byte), K = 4 nên cần đặt ở vị trí địa chỉ chia hết cho 4. Sau khi cấp phát xong b thì đang dừng ở p+9, chưa chia hết cho 4 nên cần chèn thêm 3 bytes trống để đi đến vị trí gần nhất chia hết cho 4 là p+12, tại đây có thể lưu c. c nằm từ p+12 đến p+16.

- **Bước 2: Căn chỉnh toàn bộ struct**

Trong Linux 32 bit, yêu cầu căn chỉnh chung K của struct là 4, tổng kích thước cần chia hết cho 4. Cấp phát xong c, tổng kích thước là 16 bytes, đã chia hết cho 4 nên không thêm byte trống.

b. Tổng kích thước của struct trên là bao nhiêu?

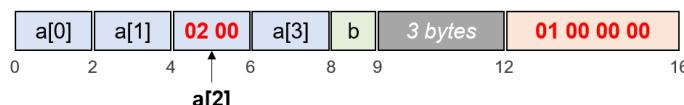
Từ hình minh họa, ta được kích thước của struct là 16 bytes

c. Tìm giá trị trả về của hàm **func** với các tham số sau? Giải thích các thay đổi có trong vùng nhớ của struct?

Giả định compiler chỉ warning khi có truy xuất ngoài mảng, vẫn cho chương trình chạy bình thường.

- **func(2, 2)**

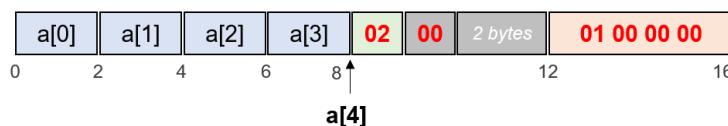
Hàm **func(2,2)** gán giá trị cho c và a[2] trong str1. Cụ thể gán c = 1, sau đó gán a[2] = 2, các byte được lưu trữ dưới bộ nhớ như bên dưới (Little Endian).



Hàm trả về s.c, đọc 4 byte từ vị trí của c được giá trị 1, nên func(2,2) = 1.

- **func(4, 2)**

Hàm **func(4,2)** gán giá trị cho c và a[4] trong str1, cụ thể gán c = 1, sau đó gán a[4] = 2. Tuy nhiên mảng a có 4 phần tử, index lớn nhất là 3, với index = 4, hệ thống sẽ truy xuất ra vùng nhớ bên ngoài phía sau mảng. Cụ thể, offset của a[4] = offset của a + 2*4 = 8, do chiếm 2 bytes nên ứng với vị trí của thành phần b và 1 byte trong 3 byte trống được chèn thêm. Khi gán giá trị, các byte được lưu trữ dưới bộ nhớ như bên dưới (Little Endian).

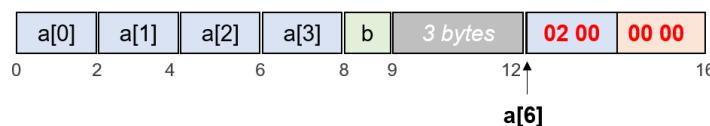


Hàm trả về s.c, đọc 4 byte từ vị trí của c được giá trị 1, nên func(4,2) = 1.

- **func(6, 2)**

Hàm **func(6,2)** gán giá trị cho c và a[6] trong str1, cụ thể c = 1, gán a[6] = 2. Tuy nhiên mảng a có 4 phần tử, index lớn nhất là 3, với index = 6, hệ thống sẽ truy xuất ra vùng nhớ bên ngoài phía sau mảng. Cụ thể, offset của a[4] = offset của a + 2*6 = 12, chiếm 2 bytes nên sẽ ứng với vị trí của 2 byte ở địa chỉ thấp của thành phần c (xem hình dưới).

Do c được gán trước, a[6] được gán sau nên giá trị gán cho a[6] sẽ ghi đè lên vùng nhớ của thành phần c, làm thay đổi giá trị của c như hình dưới.



Hàm trả về s.c, đọc 4 byte từ vị trí của c được giá trị 2, nên func(6,2) = 2.

Bài tập 16. Cho 2 định nghĩa struct với 2 giá trị A và B chưa biết.

```

1 typedef struct {
2     short x[A][B];           /* Hàng số A và B chưa biết */
3     int y;
4 } str1;
5
6 typedef struct {
7     char array[B];         /* Hàng số B chưa biết */
8     int t;
9     short s[B];
10    int u;
11 } str2;

```

Cho đoạn code C cùng đoạn mã assembly tương ứng như bên dưới:

```

1 void setVal(str1 *r1, str2 *r2)
2 {
3     int v1 = r2->t;
4     int v2 = r2->u;
5     r1->y = v1+v2;
6 }

```

| |
|---|
| setVal: 1 movl 12(%ebp), %eax 2 movl 36(%eax), %edx 3 addl 12(%eax), %edx 4 movl 8(%ebp), %eax 5 movl %edx, 92(%eax) |
|---|

Dựa vào tương quan giữa 2 đoạn mã C và assembly, xác định 2 giá trị **A** và **B**, biết hệ thống 32 bit và có yêu cầu alignment.

Trong code C có dòng lệnh truy xuất các phần tử q->t và q->u (kiểu str2) và phần tử p->y (kiểu str1) thì trong code assembly sẽ có dòng tính toán địa chỉ của các phần tử này (lưu ý có alignment).

- Xét truy xuất phần tử của **r2** kiểu **str2**:

- + **str2 *r2** (địa chỉ của **r2**) là tham số thứ 2 trong hàm **setVal** nên ở vị trí 12(%ebp), sau đó lưu vào %eax ở dòng assembly thứ 2 → 2 dòng code assembly 3 và 4 có truy xuất các ô nhớ dựa trên địa chỉ của **r2** đang lưu %eax là 36(%eax) và 12(%eax), chính là truy xuất t và u.
- + Trong định nghĩa **str2** của **r2**, t khai báo trước u → t có offset nhỏ hơn u → 12(%eax) là t, 36(%eax) là u.
- + Khoảng cách (hay offset) của t trong **str2** sẽ phụ thuộc vào kích thước thành phần phía trước là mảng **array** gồm **B** ký tự. Từ code assembly, t có địa chỉ cách địa chỉ của struct 12 byte nên ta có: $B + x = 12$, với **B** là số phần tử của mảng char array, **x** có thể là các byte trống chèn thêm để đảm bảo căn chỉnh cho t. Số byte trống được chèn thêm sẽ luôn nhỏ hơn yêu cầu căn chỉnh của t, do đó t kiểu int có yêu cầu alignment là 4 nên $0 \leq x < 4$ nên $8 < B \leq 12$ (9, 10, 11 hoặc 12).
- + t có offset 12, chiếm 4 byte đến offset 16, phù hợp cho kiểu short nên mảng **short s[B]** bắt đầu từ offset 16. Tiếp đó u có offset là 36 nên ta có $16 + 2*B + y = 36$ hay $2*B + y = 20$, với **y** là các byte trống cần thêm để đảm bảo căn chỉnh cho u có kiểu dữ liệu int 4 byte. Ta cũng có $0 \leq y < 4$ nên $16 + 2*B \leq 20 \rightarrow 8 < B \leq 10$. Vậy **B = 9** hoặc **B = 10**.

- Xét truy xuất phần tử của **r1** kiểu **str1**:

- + **str1 * r1** (địa chỉ của **r1**) là tham số thứ 1 trong **setVal** nằm ở vị trí 8(%ebp), sau đó lưu trong %eax ở dòng assembly thứ 5 → dòng code assembly thứ 6 truy xuất ô nhớ dựa trên địa chỉ của **r1** (kiểu str1) đang lưu %eax là 92(%eax), chính là truy xuất y.
- + Trong định nghĩa str1, offset của y trong struct sẽ phụ thuộc vào kích thước mảng 2 chiều **short x[A][B]** phía trước. Ta có kích thước của mảng x sẽ bằng $2^A \cdot B$.
- + Để đảm bảo vị trí offset của y sẽ bắt đầu ở vị trí địa chỉ chia hết cho yêu cầu alignment là 4 của int thì offset của y sẽ có dạng $2^A \cdot B + z$ với $0 \leq z < 4$.
- + Từ dòng lệnh assembly 6 ta có $2^A \cdot B + z = 92$ với $B = 9$ hoặc $B = 10$. Thay thế lần lượt 2 giá trị B vào biểu thức sao cho $0 \leq z < 4$ và A nguyên dương.
 - o Với $B = 9$: $18A + z = 92$.
 - $z = 0 \rightarrow A = 5.11$ (loại)
 - $z = 1 \rightarrow A = 5.05$ (loại)
 - $z = 2 \rightarrow A = 5$**
 - $z = 3 \rightarrow A = 4.94$ (loại)
 - o Với $B = 10$: $20A + z = 92$, không có trường hợp nào của z để $0 \leq z < 4$ và A nguyên.
- + Như vậy, chỉ tìm được 1 trường hợp duy nhất với $B = 9$ và $A = 5$ thì thỏa $0 \leq z < 4$ để đảm bảo căn chỉnh và offset tính toán được phù hợp với đề bài.

Vậy **A = 5, B = 9**.

Bài tập 17. Cho 2 file **main.c** và **fib.c** như sau.

| | |
|---|--|
| <pre>/* main.c */ 1. void fib (int n); 2. int main (int argc, char** argv) 3. { 4. int n = 0; 5. sscanf(argv[1], "%d", &n); 6. fib(n); 7. }</pre> | <pre>/* fib.c */ 1. #define N 16 2. static unsigned int ring[3][N]; 3. void print_bignum(unsigned int* a) 4. { 5. int i; 6. ... 7. } 8. void fib (int n) { 9. int i; 10. static int carry; 11. ... 12. }</pre> |
|---|--|

Hoàn thành bảng sau về các symbol có trong symbol table có trong 2 mô-đun main.o và fib.o, xác định các symbol là **local/global** hay **external, strong** hay **weak**.

- Ghi '-' ở cả 2 cột nếu tên không có trong symbol table của mô-đun tương ứng.
- Ghi N/A ở cột **Strong hay weak** nếu loại symbol là local.

Cách xác định symbol từ source code:

- Hàm và biến toàn cục (có static hoặc không).
- Biến cục bộ của hàm có từ khóa static.

Phân loại symbol:

- Có từ khóa static trong định nghĩa (hàm hoặc biến): local symbol

- Nếu không có static: nếu symbol được định nghĩa tại file .o đang xét thì là global symbol, ngược lại là external symbol.

Phân loại strong hoặc weak symbol: khi có nhiều global hoặc external symbol cùng tên

- Hàm hoặc biến toàn cục đã gán giá trị: strong
- Biến chưa gán giá trị: weak

Symbol table của main.o

| Tên symbol | Loại symbol | Strong hay weak |
|------------|-------------|-----------------|
| main | global | strong |
| fib | external | strong |
| n | - | - |

Symbol table của fib.o

| Tên symbol | Loại symbol | Strong hay weak |
|--------------|-------------|-----------------|
| ring | local | N/A |
| print_bignum | global | strong |
| fib | global | strong |
| canary | local | N/A |