BÁO CÁO THỰC HÀNH

Lab 04: Reverse Engineering

Môn học: Lập trình hệ thống

Tên chủ đề: Kỹ thuật dịch ngược

GVHD: Đỗ Thị Thu Hiền

- **THÔNG TIN CHUNG:**
  (Liệt kê tất cả các thành viên trong nhóm)
  Lớp: NT334.M21.ANTN

STT	Họ và tên	MSSV	Email
1	Nguyễn Văn Tài	19520250	19520250@gm.uit.edu.vn
2	Trần Hoàng Khang	19521671	19521671@gm.uit.edu.vn

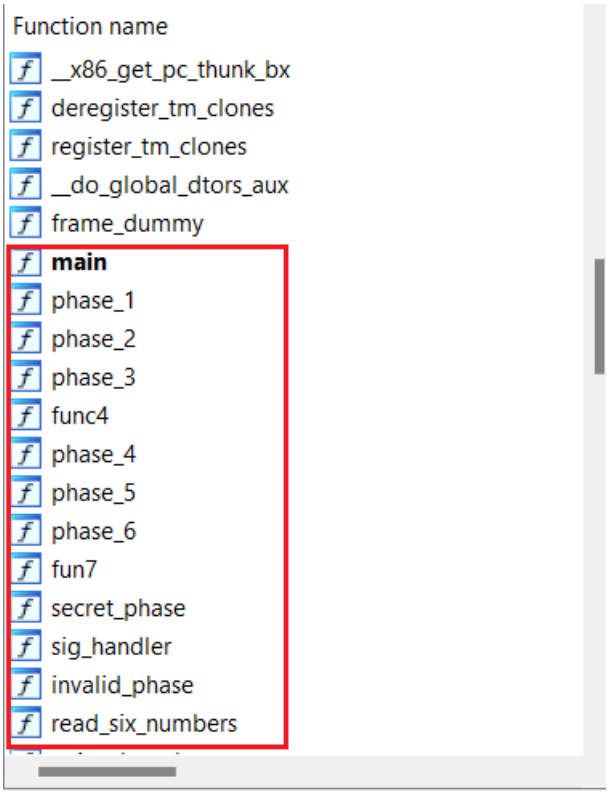
- **NỘI DUNG THỰC HIỆN:**[1]

STT	Công việc	Kết quả tự đánh giá
1	Phase 1	100%
2	Phase 2	100%
3	Phase 3	100%
4	Phase 4	100%
5	Phase 5	100%
6	Phase 6	100%
7	Secret Phase	

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

BÁO CÁO CHI TIẾT

Sử dụng IDA Pro để phân tích file **bomp**, và chương trình bao gồm các hàm chính sau đây:



Phân tích từng phase và tìm ra các flag cần thiết để vượt qua các yêu cầu

1. Phase_1

Xem mã giả của phase_1:

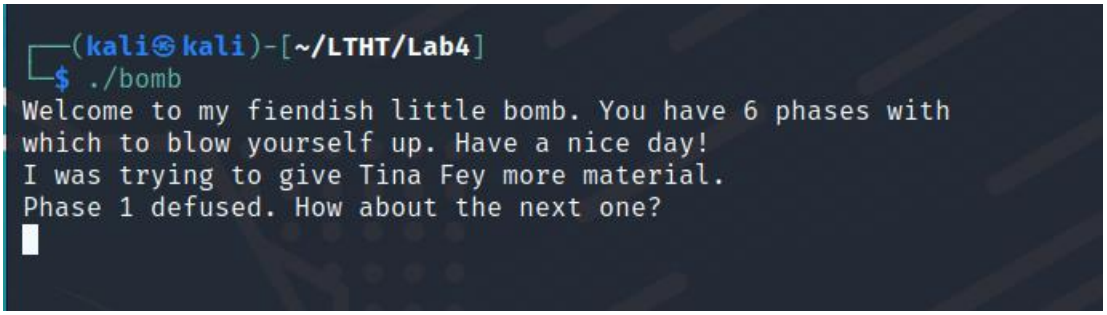
```
int __cdecl phase_1(int a1) {
    int result; // eax

    result = strings_not_equal(a1, "I was trying to give Tina Fey more
material.");
    if (result)
        explode_bomb();
    return result;
}
```

Đầu vào của hàm phase_1 là biến a1 và so sánh với một chuỗi được gán sẵn trong hệ thống:

- Nếu chuỗi nhập vào giống nhau, thì sẽ vượt qua được phase_1
- Ngược lại, nhập chuỗi sai sẽ khiến quả bom kích hoạt và thất bại

Vậy flag phase_1 là: **I was trying to give Tina Fey more material.**

Kết quả:



2. Phase_2

Xem mã giả phase_2

```
unsigned int __cdecl phase_2(int a1)
{
  int i; // [esp+10h] [ebp-28h]
  int v3[6]; // [esp+14h] [ebp-24h] BYREF
  unsigned int v4; // [esp+2Ch] [ebp-Ch]

  v4 = __readgsdword(0x14u);
  read_six_numbers(a1, v3);
  if ( v3[0] != 1 )
    explode_bomb();
  for ( i = 1; i <= 5; ++i )
  {
    if ( v3[i] != 2 * v3[i - 1] )
      explode_bomb();
  }
  return __readgsdword(0x14u) ^ v4;
}
```

Nhìn trông cũng khá easy, chưa tăng đô được bao nhiêu, hàm thực hiện lấy 6 số từ chuỗi nhập vào **read_six_numbers(a1, v3);** với a1 là chuỗi input có dạng **num1 num2 num3 num4 num5 num6** và đưa 6 số này vào mảng **v3[6]**.

- **v3[0] != 1** thì bomb nổ => v3[0] = 1
- Đưa vào vòng lặp *5 lần*, với mỗi *số phía trước gấp 2 lần số sau*, nếu không sẽ nổ

```
if ( v3[i] != 2 * v3[i - 1] )
      explode_bomb();
```

Vậy các số mình nhập vào chỉ cần thỏa mã điều kiện này và số đầu tiên phải bằng 1.

Ví dụ một chuỗi input hợp lệ cho phase 2: **1 2 4 8 16 32**

Test thực nghiệm:

```
┌──(virus㉿virus)-[~/Desktop]
└─$ ./bomb
Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with
which to blow yourself up. Have a nice day!
I was trying to give Tina Fey more material.
Phase 1 defused. How about the next one?
1 2 4 8 16 32
That's number 2.  Keep going!
```

Ngoài ra hàm không kiểm tra gì thêm mà chỉ kiểm tra với 6 số đầu, vậy nên nếu ta có nhập thêm thì cũng chả bị sao, hihi 😊

Ví dụ như: **1 2 4 8 16 32 64 128** cũng là một chuỗi hợp lệ

Vậy valid input có dạng tổng quát: **1 2 4 8 16 32 (64 128 ... 2^n)**

```
┌──(virus㉿virus)-[~/Desktop]
└─$ ./bomb
Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with
which to blow yourself up. Have a nice day!
I was trying to give Tina Fey more material.
Phase 1 defused. How about the next one?
1 2 4 8 16 32 64 128 256 512 1024
That's number 2.  Keep going!
```

3. Phase_3

Xem psedocode của phase_3:

```
unsigned int __cdecl phase_3(int a1)
{
  unsigned int result; // eax
  int v2; // [esp+1Ch] [ebp-1Ch] BYREF
  int v3; // [esp+20h] [ebp-18h] BYREF
  int v4; // [esp+24h] [ebp-14h]
  int v5; // [esp+28h] [ebp-10h]
  unsigned int v6; // [esp+2Ch] [ebp-Ch]

  v6 = __readgsdword(0x14u);
  v4 = 0;
  v5 = 0;
  v5 = __isoc99_sscanf(a1, "%d %d", &v2, &v3);
  if (v5 <= 1 )
    explode_bomb();
  switch (v2)
  {
    case 0:
```

```
      v4 += 431;
      goto LABEL_5;
    case 1:
LABEL_5:
      v4 -= 858;
      goto LABEL_6;
    case 2:
LABEL_6:
      v4 += 437;
      goto LABEL_7;
    case 3:
LABEL_7:
      v4 -= 578;
      goto LABEL_8;
    case 4:
LABEL_8:
      v4 += 578;
      goto LABEL_9;
    case 5:
LABEL_9:
      v4 -= 578;
      goto LABEL_10;
    case 6:
LABEL_10:
      v4 += 578;
      break;
    case 7:
      break;
    default:
      explode_bomb();
      return result;
  }
  v4 -= 578;
  if ( v2 > 5 || v4 != v3 )
    explode_bomb();
    return __readgsdword(0x14u) ^ v6;
}
```

Ở phase này, chương trình sẽ đọc vào 2 số nguyên (v2 và v3).

- v2 nằm trong khoảng giá trị từ [0, 5], nếu không sẽ kích hoạt quả bom
- v4 sẽ được tính toán tương ứng với từng giá trị của v2 và so sánh với giá trị của v3 (nếu khác nhau thì bom sẽ nổ)

Như vậy thì ứng với mỗi giá trị của v2 thì sẽ có một cặp kết quả {v2, v3} hợp lệ

⇨ Có tất cả 6 input đầu vào hợp lệ để bypass qua phase_3 này

Các input hợp lệ:

v2	v4	{v2, v3}
0	-568	0 -568
1	-999	1 -999
2	-141	2 -141
3	-578	3 -578
4	0	4 0
5	-578	5 -578

Kết quả:

```
┌──(kali㉿kali)-[~/LTHT/Lab4]
└─$ ./bomb
Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with
which to blow yourself up. Have a nice day!
I was trying to give Tina Fey more material.
Phase 1 defused. How about the next one?
1 2 4 8 16 32
That's number 2.  Keep going!
1 -999
Halfway there!
```

4. Phase_4

Xem mã giả phase_4

```
unsigned int __cdecl phase_4(int a1)
{
  int v2; // [esp+18h] [ebp-20h] BYREF
  int v3; // [esp+1Ch] [ebp-1Ch] BYREF
  int v4; // [esp+20h] [ebp-18h]
  int v5; // [esp+24h] [ebp-14h]
  int v6; // [esp+28h] [ebp-10h]
  unsigned int v7; // [esp+2Ch] [ebp-Ch]

  v7 = __readgsdword(0x14u);
  v4 = __isoc99_sscanf(a1, "%d %d", &v2, &v3);
  if ( v4 != 2 || v2 < 0 || v2 > 14 )
    explode_bomb();
  v5 = 15;
```

```
  v6 = func4(v2, 0, 14);
  if ( v6 != v5 || v3 != v5 )
    explode_bomb();
  return __readgsdword(0x14u) ^ v7;
}
```

Tại phase_4, hàm __isoc99_sscanf(a1, "%d %d", &v2, &v3) có chức năng tương tự như trong phase_3 -> Đọc 2 số input đầu vào:

```
if ( v4 != 2 || v2 < 0 || v2 > 14 )
    explode_bomb();
```

- Kiểm tra số lượng input đầu vào != 2 => Bomb nổ
- v2 nằm trong khoảng 0 <= v2 <= 14

```
v5 = 15;
v6 = func4(v2, 0, 14);
```

- Set giá trị v5 = 15
- v6 là giá trị trả về của hàm func4(v2, 0, 14) với các giá trị truyền vào như trên

```
if ( v6 != v5 || v3 != v5 )
    explode_bomb();
```

Nếu giá trị trả về v6 != 15 (v5) và v3 != 15 => Nổ

Xem hàm ***func4()***

```
int __cdecl func4(int a1, int a2, int a3)
{
  int v4; // [esp+Ch] [ebp-Ch]

  v4 = (a3 - a2) / 2 + a2;
  if ( v4 > a1 )
    return func4(a1, a2, v4 - 1) + v4;
  if ( v4 >= a1 )
    return (a3 - a2) / 2 + a2;
  return func4(a1, v4 + 1, a3) + v4;
}
```

Cơ bản thì *func4* là một hàm có liên quan đến giải thuật đệ quy, nhưng ta không quan tâm lắm, mục đích là tìm giá trị **v2** đầu vào ứng với tham số thứ 1 (**int a1**) của hàm *func4* để đầu ra giá trị trả về là 15 và được gán vào v6, còn điều kiện **v3 = 15** mình có thể set bằng tay. Vì giá trị của v2 hữu hạn, số nguyên và nhỏ - trong khoảng [0, 14]. Vậy ta có thể chạy chương trình vét cạn và xem trường hợp khả thi. Code solve:

```
def func4(a1, a2, a3):
    v4 = (a3 - a2) / 2 + a2
    if v4 > a1:
        return func4(a1, a2, v4 - 1) + v4
    if v4 >= a1:
        return (a3 - a2) / 2 + a2
    return func4(a1, v4 + 1, a3) + v4

for v2 in range(15):
    print(str(func4(v2, 0, 14)) + " " + str(v2))
```

Giá trị output:

```
16:58:11 Lab4 38ms
→python .\solve.py
11.0 0
11.0 1
13.0 2
10.0 3
19.0 4
15.0 5
21.0 6
7.0 7
35.0 8
10.0 3
19.0 4
15.0 5
21.0 6
7.0 7
35.0 8
27.0 9
37.0 10
18.0 11
43.0 12
31.0 13
45.0 14
```

Có giá trị *v2 = 5* thì output bằng *15*, tức là *v6 = 15*. Vậy cặp giá trị này thỏa điều kiện, *v3* thì mình set bằng input luôn là *15*. Vậy giá trị input hợp lệ cho phase 4 là: **5 15**

Test thực nghiệm:

```
┌──(virus㉿virus)-[~/Desktop]
└─$ ./bomb
Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with
which to blow yourself up. Have a nice day!
I was trying to give Tina Fey more material.
Phase 1 defused. How about the next one?
1 2 4 8 16 32 64 128 256 512 1024
That's number 2.  Keep going!
0 -568
Halfway there!
5 15
So you got that one.  Try this one.
```

5. Phase_5

Xem psudocode của phase_5:

```
int __cdecl phase_5(int a1)
{
  int result; // eax
  int i; // [esp+4h] [ebp-14h]
  int v3; // [esp+8h] [ebp-10h]

  result = string_length(a1);
  if ( result != 6 )
    explode_bomb();
  v3 = 0;
  for ( i = 0; i <= 5; ++i )
  {
    result = array_2705[*(_BYTE *)(i + a1) & 0xF];
    v3 += result;
  }
  if ( v3 != 48 )
    explode_bomb();
  return result;
}
```

Ở phase này, input đầu vào là một chuỗi gồm 6 ký tự để thỏa mãn câu lệnh **if** đầu tiên.

Ở vòng lặp **for**, ta có luồng hoạt động như sau

- Từng ký tự của chuỗi input đầu vào sẽ được **&** với **0xF**
- Kết quả nhận được sẽ là **index** để truy xuất tới phần tử của mảng **array_2705**

Mảng **array_2705** chứa các giá trị:

```
.data:0804C1C0 ; int array_2705[16]
.data:0804C1C0 array_2705      dd 2, 0Ah, 6, 1, 0Ch, 10h, 9, 3, 4, 7, 0Eh, 5, 0Bh, 8
.data:0804C1C0                                         ; DATA XREF: phase_5+43↑r
.data:0804C1C0                 dd 0Fh, 0Dh
.data:0804C200                 public host_table
```

- Cộng giá trị của phần tử này vào **v3**
- Nếu tổng của các phần tử tìm được bằng 48 (v3 = 48) thì sẽ vượt qua phase_5 này, ngược lại sẽ nổ bom.

Ta viết một đoạn code để tìm chuỗi cần nhập:

```
a = '000000'
while(len(a) == 6):
    v3 = 0
    for i in range(0, 6):
        res = arr[int(a[i]) & 0xF]
        v3 += res
    if v3 == 48:
        print(a)

    a = str(int(a) + 1)
    if(len(a) != 6):
        a = str(0)*(6 - len(a)) + a
```

Kết quả: có rất nhiều kết quả phù hợp với điều kiện của phase_5 này (từ 000000 -> 999999)

```
001254
001414
001425
001441
001452
001505
001524
001542
001550
001566
001656
```

Từ kết quả xuất hiện khi chạy đoạn code trên, ta chỉ cần lấy 1 giá trị là qua được phase này

Vậy flag là: **001414**

6. Phase_6

Xem psedocode của phase_6, khá phức tạp:

```
unsigned int __cdecl phase_6(int a1)
{
  _DWORD *v2; // [esp+1Ch] [ebp-4Ch]
  int v3; // [esp+1Ch] [ebp-4Ch]
  int v4; // [esp+1Ch] [ebp-4Ch]
  int i; // [esp+20h] [ebp-48h]
  int k; // [esp+20h] [ebp-48h]
```

```
  int m; // [esp+20h] [ebp-48h]
  int n; // [esp+20h] [ebp-48h]
  int j; // [esp+24h] [ebp-44h]
  int l; // [esp+24h] [ebp-44h]
  int v11; // [esp+28h] [ebp-40h]
  int v12[6]; // [esp+2Ch] [ebp-3Ch] BYREF
  int v13[6]; // [esp+44h] [ebp-24h]
  unsigned int v14; // [esp+5Ch] [ebp-Ch]

  v14 = __readgsdword(0x14u);
  read_six_numbers(a1, (int)v12);
  for ( i = 0; i <= 5; ++i )
  {
    if ( v12[i] <= 0 || v12[i] > 6 )
      explode_bomb();
    for ( j = i + 1; j <= 5; ++j )
    {
      if ( v12[i] == v12[j] )
        explode_bomb();
    }
  }
  for ( k = 0; k <= 5; ++k )
  {
    v2 = &node1;
    for ( l = 1; v12[k] > l; ++l )
      v2 = (_DWORD *)v2[2];
    v13[k] = (int)v2;
  }
  v11 = v13[0];
  v3 = v13[0];
  for ( m = 1; m <= 5; ++m )
  {
    *(_DWORD *)(v3 + 8) = v13[m];
    v3 = *(_DWORD *)(v3 + 8);
  }
  *(_DWORD *)(v3 + 8) = 0;
  v4 = v11;
  for ( n = 0; n <= 4; ++n )
  {
    if ( *(_DWORD *)v4 > **(_DWORD **)(v4 + 8) )
      explode_bomb();
    v4 = *(_DWORD *)(v4 + 8);
  }
  return __readgsdword(0x14u) ^ v14;
}
```

Phân tích code:

❖ Phần xử lý input:

```
v14 = __readgsdword(0x14u);
  read_six_numbers(a1, (int)v12);
  for ( i = 0; i <= 5; ++i )
  {
    if ( v12[i] <= 0 || v12[i] > 6 )
      explode_bomb();
    for ( j = i + 1; j <= 5; ++j )
    {
      if ( v12[i] == v12[j] )
        explode_bomb();
    }
  }
```

- Chương trình gọi hàm **read_six_numbers ()** như ở phase_2 và lưu vào biến **a1** => Input đầu vào là 6 số
- Ở vòng **for**, chương trình thực hiện các điều kiện input:
  - Giới hạn giá trị input nằm trong khoảng từ [0, 6]
  - Không có biến nào có giá trị giống nhau trong một lần nhập

⇨ Nếu không phù hợp các điều kiện trên thì bom sẽ được kích hoạt

❖ Các phần tiếp theo khá khó hiểu, nên tiến hành phân tích thông qua code assembly

Sử dụng **gdb-peda** để debug.

Theo như đoạn mã psedocode trên, thì gần cuối chương trình mới kiểm tra điều kiện cụ thể.

```
v4 = v11;
  for ( n = 0; n <= 4; ++n )
  {
    if ( *(_DWORD *)v4 > **(_DWORD **)(v4 + 8) )
      explode_bomb();
    v4 = *(_DWORD *)(v4 + 8);
  }
```

Tiến hành debug:

Xem code assembly của phase_6 bằng lệnh **disass phase_6**

```
0x08049036 <+284>:   jmp    0x804905b <phase_6+321>
0x08049038 <+286>:   mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
0x0804903b <+289>:   mov    edx,DWORD PTR [eax]
0x0804903d <+291>:   mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
0x08049040 <+294>:   mov    eax,DWORD PTR [eax+0x8]
0x08049043 <+297>:   mov    eax,DWORD PTR [eax]
0x08049045 <+299>:   cmp    edx,eax
0x08049047 <+301>:   jle    0x804904e <phase_6+308>
0x08049049 <+303>:   call   0x80494ba <explode_bomb>
0x0804904e <+308>:   mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
0x08049051 <+311>:   mov    eax,DWORD PTR [eax+0x8]
0x08049054 <+314>:   mov    DWORD PTR [ebp-0x4c],eax
0x08049057 <+317>:   add    DWORD PTR [ebp-0x48],0x1
0x0804905b <+321>:   cmp    DWORD PTR [ebp-0x48],0x4
0x0804905f <+325>:   jle    0x8049038 <phase_6+286>
0x08049061 <+327>:   nop
0x08049062 <+328>:   mov    eax,DWORD PTR [ebp-0xc]
0x08049065 <+331>:   xor    eax,DWORD PTR gs:0x14
0x0804906c <+338>:   je     0x8049073 <phase_6+345>
0x0804906e <+340>:   call   0x8048830 <__stack_chk_fail@plt>
0x08049073 <+345>:   leave
```

Đây là đoạn chương trình kiểm tra, ta có thể phác họa chương trình hoạt động như sau:

- Các giá trị được đưa vào hai thanh ghi **eax** và **edx**
- So sánh **edx** và **eax**, nếu giá trị **edx** nhỏ hơn **eax** thì sẽ thực hiện tiếp vòng lặp, nếu không thì sẽ kích hoạt quả bom

Đặt breakpoint và debug đoạn chương trình này:

- Truyền vào phase_6 một đoạn input là “1 2 3 4 5 6”

```
[──────────────────────────────────stack──────────────────────────────────]
0000| 0xffffd070 ⟶ 0xf7fa6d20 ⟶ 0xfbad2a84
0004| 0xffffd074 ⟶ 0x804d1a0 ("Good work!  On to the next...\n one.\none?\ny!\n 6 phases wi
th\n")
0008| 0xffffd078 ⟶ 0x1e
0012| 0xffffd07c ⟶ 0x804c5d0 ("1 2 3 4 5 6")
0016| 0xffffd080 ⟶ 0x1
0020| 0xffffd084 ⟶ 0x8048990 (<_start>:       xor    ebp,ebp)
0024| 0xffffd088 ⟶ 0xf7de7e65 (<__ctype_b_loc+5>:     add    eax,0x1be19b)
0028| 0xffffd08c ⟶ 0x804c100 ⟶ 0x124
[──────────────────────────────────────────────────────────────────────────]
Legend: code, data, rodata, value
```

- Thanh ghi **eax** lưu địa chỉ tại **[ebp-0x4c]** sau đó gán giá trị lưu tại **eax** vào **edx**, rồi cho **eax** chứa giá trị được lưu tại địa chỉ **[eax+0x8]** và so sánh hai giá trị lưu trong **eax** và **edx**

```
[-------------------------------------registers-------------------------------------]
EAX: 0x804c100 --> 0x124
EBX: 0xffffd120 --> 0x1
ECX: 0xffffcaf1 --> 0x0
EDX: 0x124
ESI: 0x1
EDI: 0x8048990 (<_start>:       xor    ebp,ebp)
EBP: 0xffffd0d8 --> 0xffffd108 --> 0x0
ESP: 0xffffd070 --> 0xf7fa6d20 --> 0xfbad2a84
EIP: 0x8049040 (<phase_6+294>:  mov    eax,DWORD PTR [eax+0x8])
EFLAGS: 0x297 (CARRY PARITY ADJUST zero SIGN trap INTERRUPT direction overflow)
[-------------------------------------code-------------------------------------]
   0x8049038 <phase_6+286>:     mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
   0x804903b <phase_6+289>:     mov    edx,DWORD PTR [eax]
   0x804903d <phase_6+291>:     mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
=> 0x8049040 <phase_6+294>:     mov    eax,DWORD PTR [eax+0x8]
   0x8049043 <phase_6+297>:     mov    eax,DWORD PTR [eax]
   0x8049045 <phase_6+299>:     cmp    edx,eax
   0x8049047 <phase_6+301>:     jle    0x804904e <phase_6+308>
   0x8049049 <phase_6+303>:     call   0x80494ba <explode_bomb>
[-------------------------------------stack-------------------------------------]
```

- Ta thấy địa chỉ 0x804c100 (**eax** đang giữ) là trỏ đến **node1**

```
gdb-peda$ x/w 0x804c100
0x804c100 <node1>:      0x00000124
```

- Tiếp tục chương trình, lúc này giá trị **eax** đã thay đổi

```
[-------------------------------------registers-------------------------------------]
EAX: 0x804c0f4 --> 0x399
EBX: 0xffffd120 --> 0x1
ECX: 0xffffcaf1 --> 0x0
EDX: 0x124
ESI: 0x1
EDI: 0x8048990 (<_start>:       xor    ebp,ebp)
EBP: 0xffffd0d8 --> 0xffffd108 --> 0x0
ESP: 0xffffd070 --> 0xf7fa6d20 --> 0xfbad2a84
EIP: 0x8049043 (<phase_6+297>:  mov    eax,DWORD PTR [eax])
EFLAGS: 0x297 (CARRY PARITY ADJUST zero SIGN trap INTERRUPT direction overflow)
[-------------------------------------code-------------------------------------]
   0x804903b <phase_6+289>:     mov    edx,DWORD PTR [eax]
   0x804903d <phase_6+291>:     mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
   0x8049040 <phase_6+294>:     mov    eax,DWORD PTR [eax+0x8]
=> 0x8049043 <phase_6+297>:     mov    eax,DWORD PTR [eax]
   0x8049045 <phase_6+299>:     cmp    edx,eax
   0x8049047 <phase_6+301>:     jle    0x804904e <phase_6+308>
   0x8049049 <phase_6+303>:     call   0x80494ba <explode_bomb>
   0x804904e <phase_6+308>:     mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
```

- Và **eax** đang trỏ đến **node2**

```
gdb-peda$ x/w 0x804c0f4
0x804c0f4 <node2>:      0x00000399
```

- Lúc này giá trị **eax** là 0x399 và **edx** là 0x124

```
[-------------------------------------registers-------------------------------------]
EAX: 0x399
EBX: 0xffffd120 --> 0x1
ECX: 0xffffcaf1 --> 0x0
EDX: 0x124
ESI: 0x1
EDI: 0x8048990 (<_start>:       xor    ebp,ebp)
EBP: 0xffffd0d8 --> 0xffffd108 --> 0x0
ESP: 0xffffd070 --> 0xf7fa6d20 --> 0xfbad2a84
EIP: 0x8049047 (<phase_6+301>:  jle    0x804904e <phase_6+308>)
EFLAGS: 0x297 (CARRY PARITY ADJUST zero SIGN trap INTERRUPT direction overflow)
[-------------------------------------code--------------------------------------]
```

Vì **edx** < **eax** nên chương trình tiếp tục chạy

- Tiếp theo, chương trình sẽ gán cho **eax** giá trị lưu tại node3 và edx giá trị tại **node2**

```
EAX: 0x804c0e8 --> 0x22c
EBX: 0xffffd120 --> 0x1
ECX: 0xffffcaf1 --> 0x0
EDX: 0x399
ESI: 0x1
EDI: 0x8048990 (<_start>:       xor    ebp,ebp)
EBP: 0xffffd0d8 --> 0xffffd108 --> 0x0
ESP: 0xffffd070 --> 0xf7fa6d20 --> 0xfbad2a84
EIP: 0x8049043 (<phase_6+297>:  mov    eax,DWORD PTR [eax])
EFLAGS: 0x293 (CARRY parity ADJUST zero SIGN trap INTERRUPT direction overflow)
[-------------------------------------code--------------------------------------]
   0x804903b <phase_6+289>:     mov    edx,DWORD PTR [eax]
   0x804903d <phase_6+291>:     mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
   0x8049040 <phase_6+294>:     mov    eax,DWORD PTR [eax+0x8]
=> 0x8049043 <phase_6+297>:     mov    eax,DWORD PTR [eax]
   0x8049045 <phase_6+299>:     cmp    edx,eax
   0x8049047 <phase_6+301>:     jle    0x804904e <phase_6+308>
   0x8049049 <phase_6+303>:     call   0x80494ba <explode_bomb>
   0x804904e <phase_6+308>:     mov    eax,DWORD PTR [ebp-0x4c]
[-------------------------------------stack-------------------------------------]
0000| 0xffffd070 --> 0xf7fa6d20 --> 0xfbad2a84
0004| 0xffffd074 --> 0x804d1a0 ("Good work!  On to the next...\n one.\none?\ny!\n 6 phases wi
th\n")
0008| 0xffffd078 --> 0x1e
0012| 0xffffd07c --> 0x804c5d0 ("1 2 3 4 5 6")
0016| 0xffffd080 --> 0x1
0020| 0xffffd084 --> 0x8048990 (<_start>:       xor    ebp,ebp)
0024| 0xffffd088 --> 0xf7de7e65 (<__ctype_b_loc+5>:     add    eax,0x1be19b)
0028| 0xffffd08c --> 0x804c0f4 --> 0x399
[-----------------------------------------------------------------------------]
Legend: code, data, rodata, value
0x08049043 in phase_6 ()
gdb-peda$ x/w $eax
0x804c0e8 <node3>:      0x0000022c
gdb-peda$
```

- Vì **eax=0x22c** < **edx=0x399** nên quả bom đã được kích hoạt

Sau khi phân tích trên, ta rút được các kết luận:

- Giá trị nhập vào sẽ liên quan đến **node** được sử dụng
- Để không kích hoạt quả bom, ta cần sắp xếp giá trị các **node** theo giá trị tăng dần

Sau một hồi debug, ta tìm được giá trị của các **node** lần lượt là:

node1 có giá trị **124**

node2 có giá trị **399**

node3 có giá trị **22c**

node4 có giá trị **0ed**

node5 có giá trị **1c1**

node6 có giá trị **15d**

Như vậy thứ tự sắp xếp lần lượt là: **node4 -> node1 -> node6-> node5-> node3 -> node2**

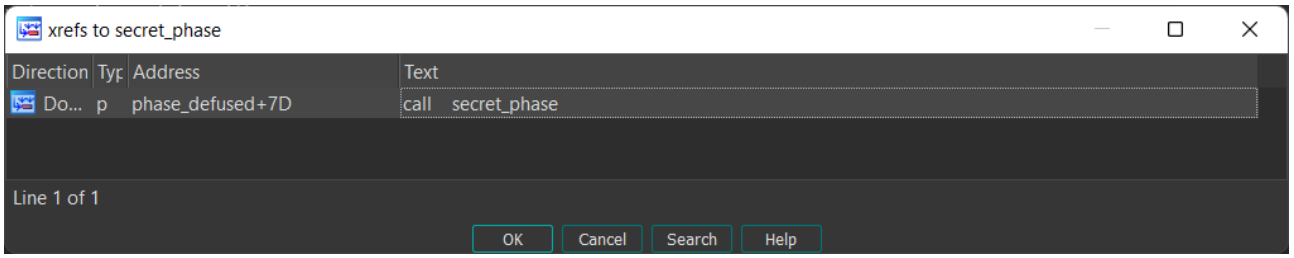
Tương tự, flag cần nhập là: **4 1 6 5 3 2**

Kết quả:

```
┌──(kali㉿kali)-[~/LTHT/Lab4]
└─$ ./bomb
Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with
which to blow yourself up. Have a nice day!
I was trying to give Tina Fey more material.
Phase 1 defused. How about the next one?
1 2 4 8 16 32
That's number 2.  Keep going!
1 -999
Halfway there!
5 15
So you got that one.  Try this one.
021815
Good work!  On to the next ...
4 1 6 5 3 2
Congratulations! You've defused the bomb!
```

7. Secret Phase:

Ta thấy có hàm secret_phase có vẻ là hàm ẩn của chương trình. Tìm các vị trí có sử dụng hàm này -> *Chuột phải -> Jump to xref ...*



Ta thấy hàm được gọi ở một nơi duy nhất, vào xem thử. Ta thấy hàm được xuất hiện trong hàm phase_defused():

```
unsigned int phase_defused()
{
  char v1; // [esp+0h] [ebp-68h] BYREF
  char v2; // [esp+4h] [ebp-64h] BYREF
  int v3; // [esp+8h] [ebp-60h]
  char v4[80]; // [esp+Ch] [ebp-5Ch] BYREF
  unsigned int v5; // [esp+5Ch] [ebp-Ch]

  v5 = __readgsdword(0x14u);
  if ( num_input_strings == 6 )
  {
    v3 = __isoc99_sscanf(&unk_804C530, "%d %d %s", &v1, &v2, v4);
    if ( v3 == 3 && !strings_not_equal(v4, "DrEvil") )
    {
      puts("Curses, you've found the secret phase!");
      puts("But finding it and solving it are quite different...");
      secret_phase();
    }
    puts("Congratulations! You've defused the bomb!");
  }
  return __readgsdword(0x14u) ^ v5;
}
```

Và hàm phase_defused() này được sử dụng xuyên suốt chương trình trong hàm main.

```
initialize_bomb();
puts("Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with");
puts("which to blow yourself up. Have a nice day!");
v3 = read_line();
phase_1(v3);
phase_defused();
puts("Phase 1 defused. How about the next one?");
v4 = read_line();
phase_2(v4);
phase_defused();
puts("That's number 2.  Keep going!");
v5 = read_line();
phase_3(v5);
phase_defused();
puts("Halfway there!");
v6 = read_line();
phase_4(v6);
phase_defused();
puts("So you got that one.  Try this one.");
v7 = read_line();
phase_5(v7);
phase_defused();
puts("Good work!  On to the next...");
input = (char *)read_line();
phase_6(input);
phase_defused();
return 0;
```

Xem lại đoạn chương trình trong hàm này. Ta thấy để vào được hàm secret_phase() ta cần phải thỏa 2 điều kiện sau:

- num_input_strings = 6
- v3 = 3 && v4 = "DrEvil"

Và không có chuỗi chúng ta nhập vào rõ ràng. Giá trị truyền vào biến v1, v2 ,v4 lấy từ một biến lạ unk_804C530 . Click vào thì thấy đây là *biến toàn cục* (nằm ở vùng ***.bss***) chưa được khởi tạo giá trị.

```
.bss:0804C52C                 db    ? ;
.bss:0804C52D                 db    ? ;
.bss:0804C52E                 db    ? ;
.bss:0804C52F                 db    ? ;
.bss:0804C530 unk_804C530     db    ? ;               ; DATA XREF: phase_defused+2F↑o
.bss:0804C531                 db    ? ;
.bss:0804C532                 db    ? ;
.bss:0804C533                 db    ? ;
.bss:0804C534                 db    ? ;
.bss:0804C535                 db    ? ;
.bss:0804C536                 db    ? ;
.bss:0804C537                 db    ? ;
```

Vậy ta có thể mong muốn bằng một cách nào đó, với việc input vào các biến ở các phase trước, "có thể" dẫn đến việc ghi đè biến unk_804C530 tại vùng nhớ này.

Vậy ta làm từng bước nhẹ nhàng nhưng kỹ càng:

- num_input_strings = 6

Để điều kiện này thỏa, tương tự ta xem biến num_input_strings -> Click:

```
.bss:0804C429                 align 4
.bss:0804C42C                 public num_input_strings
.bss:0804C42C num_input_strings dd ?                  ; DATA XREF: skip+C↑r
.bss:0804C42C                                         ; read_line:loc_8049404↑r ...
.bss:0804C430                 public infile
.bss:0804C430 ; FILE *infile
.bss:0804C430 infile          dd ?                    ; DATA XREF: main+1E↑w
.bss:0804C430                                         ; main+43↑w ...
.bss:0804C434                 align 10h
.bss:0804C440                 public input_strings
.bss:0804C440 input_strings   db    ? ;
```

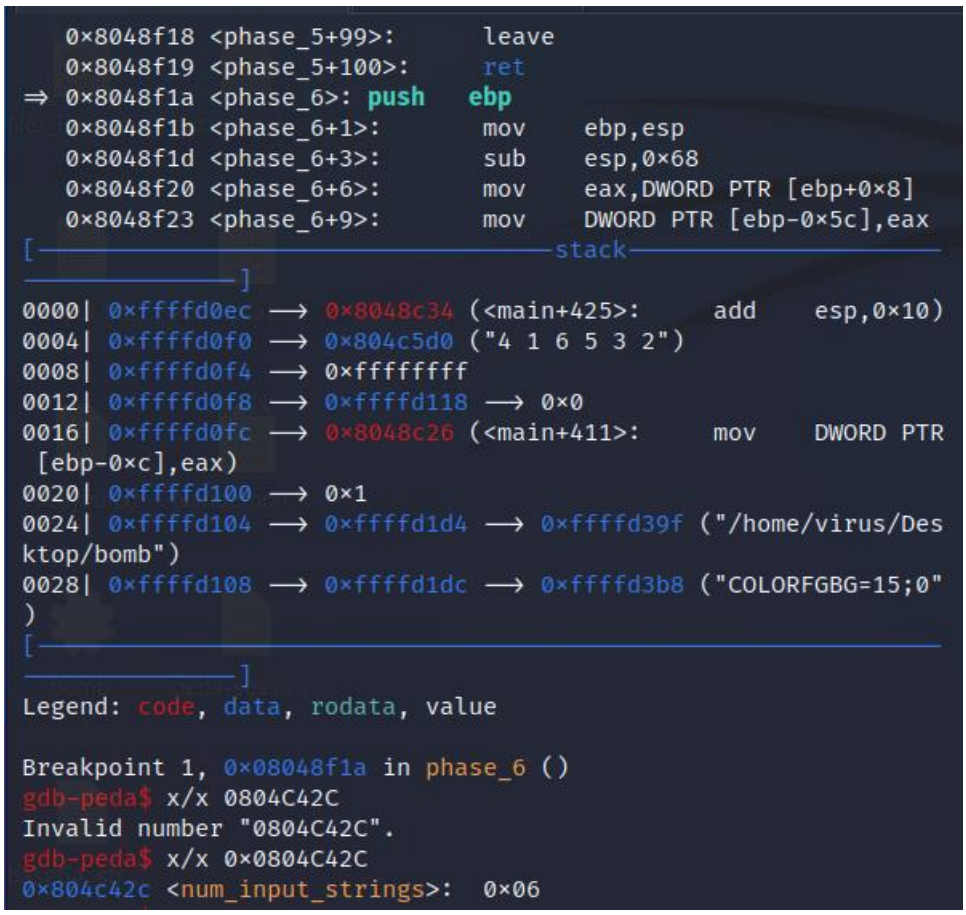
Vậy đây cũng là biến toàn cục nằm ở phân vùng **.bss**. Debug chương trình bằng gdb và đoán thử xem biến này được thay đổi theo điều kiện nào (vì đây là biến toàn cục nên mình có thể tùy ý xem giá trị bất cứ lúc nào). Hơn nữa tính năng random địa chỉ (PIE) của file này cũng bị tắt, nên địa chỉ của biến *num_input_strings (0x0804c42c)* và *unk_804C530(0x0804c530)* là cố định và theo như trên:

```
gdb-peda$ checksec
CANARY    : ENABLED
FORTIFY   : disabled
NX        : ENABLED
PIE       : disabled
RELRO     : Partial
```

Debug chương trình và set breakpoints (tại đầu phase_6):

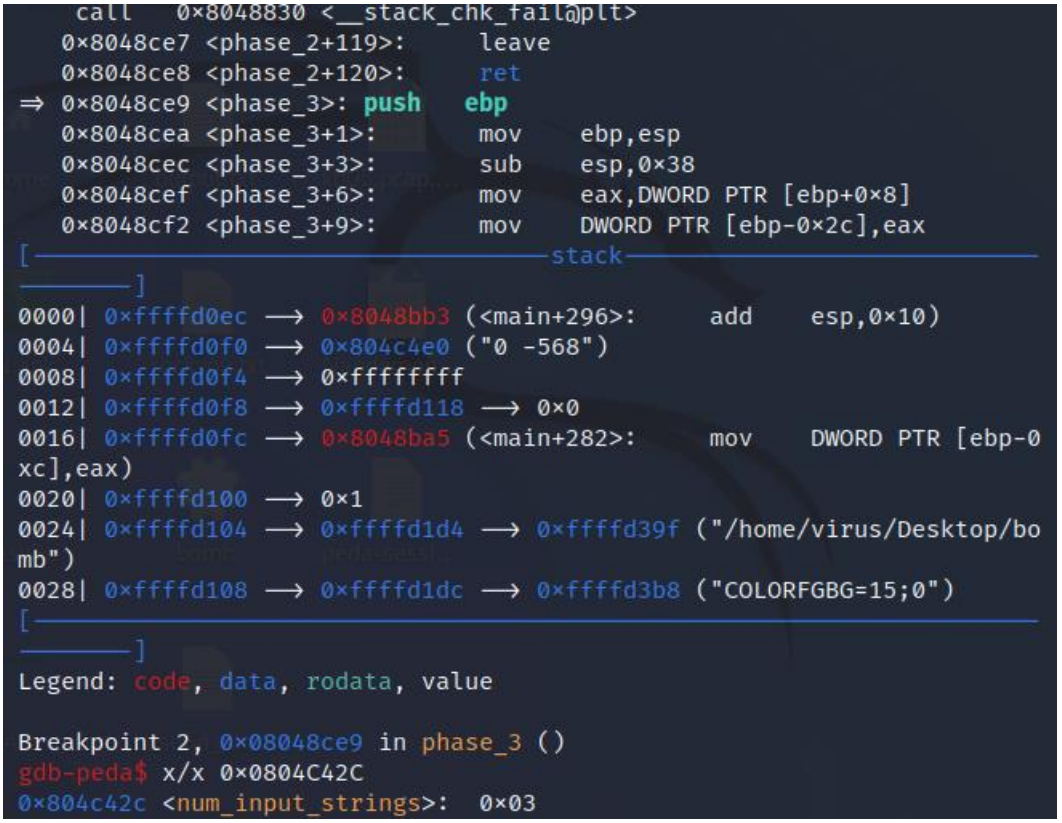
```
┌──(virus㉿virus)-[~]
└─$ gdb bomb
gdb-peda$ b*phase_6 + 0
gdb-peda$ run
gdb-peda$ x/x 0x0804C42C
```

Chạy chương trình cho kết quả sau:



Giá trị của *num_input_strings* là 6 (thỏa điều kiện). Thử đặt breakpoint tại các vị trí khác. Debug chương trình và set breakpoints (tại đầu phase_3):

```
gdb-peda$ del breakpoints
gdb-peda$ b*phase_3 + 0
gdb-peda$ run
gdb-peda$ x/x 0x0804C42C
```



Lúc này giá trị của *num_input_strings* là 3. Vậy là giá trị của biến này là con số phase của bomb mà mình đang gỡ. Vậy ngay *phase_6* là mình đã có giá trị thỏa mãn. Set debug với ngay tại đầu phase_6 như trên và kiểm tra điều kiện thứ 2:

- v3 = 3 && v4 = "DrEvil"

Examine giá trị biến *unk_804C530* :

```
gdb-peda$ del breakpoints
gdb-peda$ b*phase_6 + 0
gdb-peda$ run
gdb-peda$ x/x 0x0804c530
```

```
   0x8048f17 <phase_5+98>:      nop
   0x8048f18 <phase_5+99>:      leave
   0x8048f19 <phase_5+100>:     ret
⇒ 0x8048f1a <phase_6>: push   ebp
   0x8048f1b <phase_6+1>:       mov    ebp,esp
   0x8048f1d <phase_6+3>:       sub    esp,0x68
   0x8048f20 <phase_6+6>:       mov    eax,DWORD PTR [ebp+0x8]
   0x8048f23 <phase_6+9>:       mov    DWORD PTR [ebp-0x5c],eax
[-------------------------------------stack-------------------------------------]
0000| 0xffffd0ec --> 0x8048c34 (<main+425>:     add    esp,0x10)
0004| 0xffffd0f0 --> 0x804c5d0 ("4 1 6 5 3 2")
0008| 0xffffd0f4 --> 0xffffffff
0012| 0xffffd0f8 --> 0xffffd118 --> 0x0
0016| 0xffffd0fc --> 0x8048c26 (<main+411>:     mov    DWORD PTR [ebp-0xc],eax)
0020| 0xffffd100 --> 0x1
0024| 0xffffd104 --> 0xffffd1d4 --> 0xffffd39e ("/home/virus/Desktop/bomb")
0028| 0xffffd108 --> 0xffffd1dc --> 0xffffd3b7 ("COLORFGBG=15;0")
[-------------------------------------------------------------------------------]
Legend: code, data, rodata, value

Breakpoint 3, 0x08048f1a in phase_6 ()
gdb-peda$ x/x 0x0804c530
0x804c530 <input_strings+240>:  0x35
gdb-peda$ x/w 0x0804c530
0x804c530 <input_strings+240>:  0x35312035
```

Ta thấy giá trị của biến *unk_804C530* là **0x35312035**. Và giá trị này được viết dưới dạng Little-Endian(ie386-x86) nên giá trị là: "5 15". Và rõ ràng đây là giá trị được nhập ở phase_4. Xem các giá trị ở sau:

```
Breakpoint 3, 0x08048f1a in phase_6 ()
gdb-peda$ x/x 0x0804c530
0x804c530 <input_strings+240>:  0x35
gdb-peda$ x/w 0x0804c530
0x804c530 <input_strings+240>:  0x35312035
gdb-peda$ x/2w 0x0804c530
0x804c530 <input_strings+240>:  0x35312035      0x00000000
gdb-peda$
```

Vậy là input của phase_4 hoàn toàn được ghi hết vào địa chỉ tại vùng nhớ này.

```
v3 = __isoc99_sscanf(&unk_804C530, "%d %d %s", &v1, &v2, v4);
    if ( v3 == 3 && !strings_not_equal(v4, "DrEvil") )
```

Chúng ta phải có 3 giá trị từ biến *unk_804C530* để thỏa điều kiện, một điều đáng mừng là ở các chương trình trên hoàn toàn không kiểm tra số lượng nhập vào nên ta có thể nhập thêm tham số thứ 3 tùy ý trong *phase_4*. Tuy nhiên để thỏa điều kiện thì *tham số thứ 3(v4)* phải bằng với chuỗi "DrEvil"

Thực nghiệm chương trình:

```
┌──(virus㉿virus)-[~/Desktop]
└─$ ./bomb
Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with
which to blow yourself up. Have a nice day!
I was trying to give Tina Fey more material.
Phase 1 defused. How about the next one?
1 2 4 8 16 32
That's number 2.  Keep going!
0 -568
Halfway there!
5 15 DrEvil
So you got that one.  Try this one.
123457
Good work!  On to the next...
4 1 6 5 3 2
Curses, you've found the secret phase!
But finding it and solving it are quite different...
```

Ok vậy là mình đã vào được secret_phase. Xem mã giả chương trình:

```
unsigned int secret_phase()
{
  char *nptr; // [esp+4h] [ebp-14h]
  int v2; // [esp+8h] [ebp-10h]

  nptr = (char *)read_line();
  v2 = atoi(nptr);
  if ( v2 <= 0 || v2 > 1001 )
    explode_bomb();
  if ( fun7(&n1, v2) != 4 )
    explode_bomb();
  puts("Wow! You've defused the secret stage!");
  return phase_defused();
}
```

Chương trình khá đơn giản, nhập vào một chuỗi và hàm atoi() sẽ convert chuỗi đó thành số và đưa vào v2 -> Chuỗi nhập vào phải là định dạng số. Sau đó phải thỏa 2 điều kiện sau:

- 0 < v2 <=1001
- fun7(&n1, v2) = 4

n1 là biến toàn cục được khởi tạo sẵn giá trị *(nằm trong phân vùng .data)* .

```
.data:0804C1B4 n1                db  24h ; $
.data:0804C1B5                   db    0
.data:0804C1B6                   db    0
.data:0804C1B7                   db    0
.data:0804C1B8                   db 0A8h
.data:0804C1B9                   db 0C1h
.data:0804C1BA                   db    4
.data:0804C1BB                   db    8
.data:0804C1BC                   db  9Ch
.data:0804C1BD                   db 0C1h
.data:0804C1BE                   db    4
.data:0804C1BF                   db    8
```

Vào hàm func7 :

```
int __cdecl fun7(_DWORD *a1, int a2)
{
  if ( !a1 )
    return -1;
  if ( *a1 > a2 )
    return 2 * fun7((_DWORD *)a1[1], a2);
  if ( *a1 == a2 )
    return 0;
  return 2 * fun7((_DWORD *)a1[2], a2) + 1;
}
```

Một hàm có sử dụng đệ quy "cũ rích" 🙃. Giá trị của v2 cũng không nhiều (0 < v2 <=1001) . Vậy đoạn này thì giống y đúc phase_4. Chú ý tham số đầu vào thứ 1 là _DWORD *a1 (kiểu dữ liệu _DWORD chiếm 4 bytes) sẽ lấy giá trị từ địa chỉ *n1* và lấy *4 byte* tại đó (tức là *0x00024*). Các tham số ta đã xác định được, nếu giá trị trả về bằng 4 là thỏa điều kiện. Tuy nhiên code trên trong hàm fun7 khó hơn mình tưởng.

Phân tích: Việc truy cập vào giá trị như **_DWORD *)a1[1]** làm rối đoạn code và nhảy tới nhiều ô địa chỉ như biến n1, ngoài ra còn có các biến n21, n22, … như sau nằm liền kề

```
.data:0804C190 n32              db  16h
.data:0804C191                  db    0
.data:0804C192                  db    0
.data:0804C193                  db    0
.data:0804C194                  db  24h ; $
.data:0804C195                  db 0C1h
.data:0804C196                  db    4
.data:0804C197                  db    8
.data:0804C198                  db  3Ch ; <
.data:0804C199                  db 0C1h
.data:0804C19A                  db    4
.data:0804C19B                  db    8
.data:0804C19C                  public n22
.data:0804C19C n22              db  32h ; 2
.data:0804C19D                  db    0
.data:0804C19E                  db    0
.data:0804C19F                  db    0
.data:0804C1A0                  db  84h
.data:0804C1A1                  db 0C1h
.data:0804C1A2                  db    4
.data:0804C1A3                  db    8
.data:0804C1A4                  db  6Ch ; l
.data:0804C1A5                  db 0C1h
.data:0804C1A6                  db    4
.data:0804C1A7                  db    8
.data:0804C1A8                  public n21
.data:0804C1A8 n21              db    8
```

Cụ thể tại n1 sẽ lưu giá trị của một số địa chỉ trỏ tới các biến ở trên (n21, n22, ...) và tương tự các biến n21, n22, ... cũng lưu các địa chỉ tới các biến khác.

Ở đây điều kiện ta mong muốn lớn nhất là

- fun7(&n1, v2) = 4

Để có được giá trị 4, ta có flow chương trình sau:

Gọi giá trị của các dòng return theo thứ tự các dòng từ trên xuống dưới là ret1, ret2, ret3, ret4

Để có giá trị trả về là 4 ta suy nghĩ ra flow sau: ret2 -> ret2 -> ret4 -> ret3 -> ret1

Sau khi thực hiện đệ quy ta sẽ có giá trị trả về là từ sau lên trước (thứ tự ngược lại so với trên) là : *-1 -> 0 (+1) -> 1 (+1) -> 2 (*2) -> 4(*2)*

Vậy ta lần lượt pass theo các điều kiện:

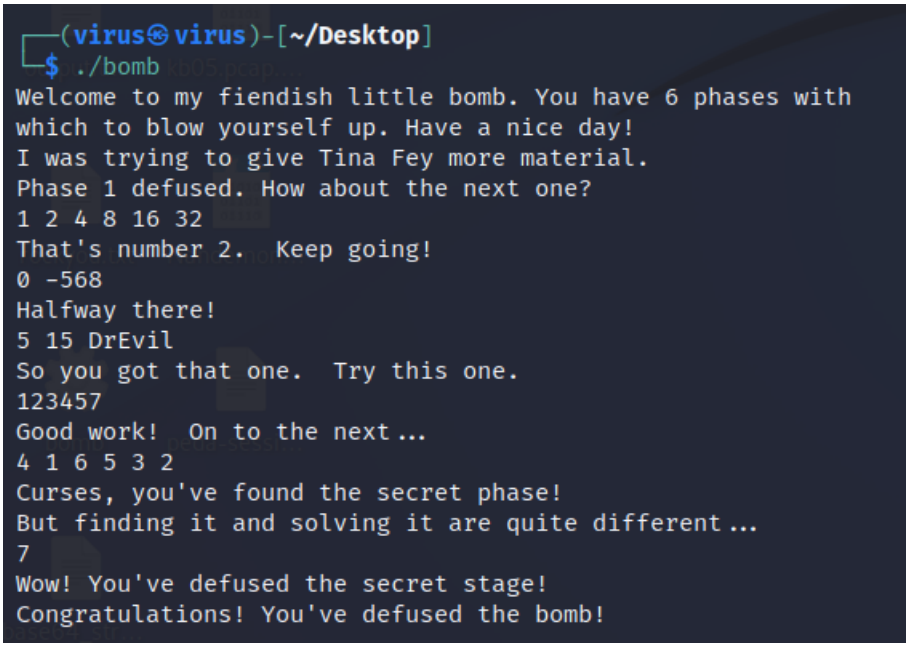
- **Mong muốn vào ret2** => Mới vào **a1 > a2 => a1 = 0x24* => a2 nằm trong khoảng [1, 0x24] => Lấy giá trị a1[1] , tức là n21[0]

- **Mong muốn vào ret2** => Lúc này **a1 > a2 => a1 = 8* => a2 nằm trong [1, 8]

- **Vào ret4** => Tương tự a2 khác 6

- **Vào ret1** => Nhảy đến các trường hợp còn lại cho đến khi *địa chỉ bị văng ra ngoài => NULL*. Vậy ta có thể chọn 1 giá trị. Ví dụ như 7 cho a2 là thỏa điều kiện

Kiểm nghiệm:


(virus㉿virus)-[~/Desktop]
$ ./bomb
Welcome to my fiendish little bomb. You have 6 phases with
which to blow yourself up. Have a nice day!
I was trying to give Tina Fey more material.
Phase 1 defused. How about the next one?
1 2 4 8 16 32
That's number 2. Keep going!
0 -568
Halfway there!
5 15 DrEvil
So you got that one. Try this one.
123457
Good work! On to the next...
4 1 6 5 3 2
Curses, you've found the secret phase!
But finding it and solving it are quite different...
7
Wow! You've defused the secret stage!
Congratulations! You've defused the bomb!