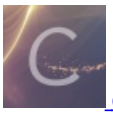
Dark CTF 2020-Rev/c_maths-writeup

原创

y4ung 于 2020-10-23 19:22:22 发布 158 收藏

分类专栏： ctf 文章标签： ctf

本文链接：https://blog.csdn.net/qq_35056292/article/details/109248210



1. 介绍

本题是dark ctf Reverse的第四题： `c_maths` ， 网址：https://ctf.darkarmy.xyz/challs

题目描述：

> Clearly u know some C programming and a bit of maths right…? Note:Enclose the flag within darkCTF{} There are 3 parts to the flag.
> nc cmaths.darkarmy.xyz 7001

题目中提到了 `There are 3 parts to the flag.` ，有三个部分的flag。那么这道题应该将代码可以划分为三个部分来分析。

并且提示了 `nc cmaths.darkarmy.xyz 7001` 。看来可能需要跟目标服务器进行交互才能拿flag。

2. 分析

```
$ file c_maths
c_maths: ELF 64-bit LSB shared object, x86-64, version 1 (SYSV), dynamically linked, interpreter /lib64/ld-linux
-x86-64.so.2, BuildID[sha1]=d60c7a548fe6574179ed9b312304268dc221ceab, for GNU/Linux 3.2.0, not stripped
$ chmod +x c_maths
$ ./c_maths
123
```

输入了以后没反应啊。

2.1 静态分析

在main函数中，可以看出用户需要输入三次。并且调用了system函数： `system("cat small_chunk.txt");` 和 `system("cat big_chunk.txt");` ，因此，结合题目描述中提示的 `nc cmaths.darkarmy.xyz 7001` ，题目的意思应该是让我们运行该nc命令以后，输入三次，然后服务器会从文件中返回flag的信息。

2.2 动态分析

2.2.1 用户的第一个输入

让我们继续看。字符串 `3h8t1e` 赋值给s，s经过变换，然后赋值给v16，v16给s1，接下来用户的输入必须要和s1相同才会继续往下运行。
因此，第一个输入，我们直接在本地debug，把s1的值找到就行。

根据cutter中的地址和gdb调试时的地址差值，由本地cutter中的地址计算出gdb中第一个scanf前面的地址，打断点，动态调试。可以看出，用户的输入必须等于 `p1e8s3` 。

```
37  int i; // [rsp+CCh] [rbp-14h]
38
39  setbuf(_bss_start, 0LL);
40  setbuf(stdin, 0LL);
41  setbuf(stderr, 0LL);
42  v3 = time(&timer);
43  srand(v3);                                  // 根据时间设置随机数种子
44  time(&v19);
45  v4 = time(0LL);
46  srand(v4);
47  strcpy(s, "3h8t1e");
48  for ( i = 0; ; ++i )
49  {
50    v5 = i;
51    if ( v5 >= strlen(s) )
52      break;
53    if ( s[i] <= 96 || s[i] > 122 )
54    {
55      v16[i] = s[i];
56    }
57    else
58    {
59      v23 = s[i] + 11;
60      if ( v23 > 122 )
61      {
62        v22 = 122 - s[i];
63        v21 = v22 + 95;
64        v16[i] = v22 + 95;
65      }
66      else
67      {
68        v16[i] = v23;
69      }
70    }
71  }
72  for ( j = 0; v16[j]; ++j )                  // 获取v16的长度
73    ;
74  v36 = j - 1;
75  for ( k = 0; k < j; ++k )                   // v16[::-1]
76    s1[k] = v16[v36--];
77  s1[j] = 0;
78  __isoc99_scanf("%[^\n]%*c", &s2);
79  v6 = strlen(s1);
80  if ( strncmp(s1, &s2, v6) )                 // s1的值为p1e8s3
81    exit(1);
82
```


ok，现在用户的第一个输入找到了，我们执行程序，输入 `p1e8s3` ，发现打印出一堆数字。

```
$ ./c_maths
p1e8s3
9801
1378
2999
1278
4140
7704
6351
1574
2549
```

2.2.2 用户的第二个输入

看一下IDA中的代码。由于这道题随机数是以当前时间（距离1970年那个时间的秒数）作为种子的，因此，生成的随机数是会变化的。在下图的第一个for循环里一共生成了9个随机数并打印出来。

直接往后面看，可以看到，用户的输入v12必须与v28相同。其中v28 <- v32 <- v8 <- v13, v29 <- v34 <- v7（随机数）。
因此，为了得到v28的值，我们可以写个python脚本，将这部分的算法重写一遍，输入为生成的随机数，输出即为v28。

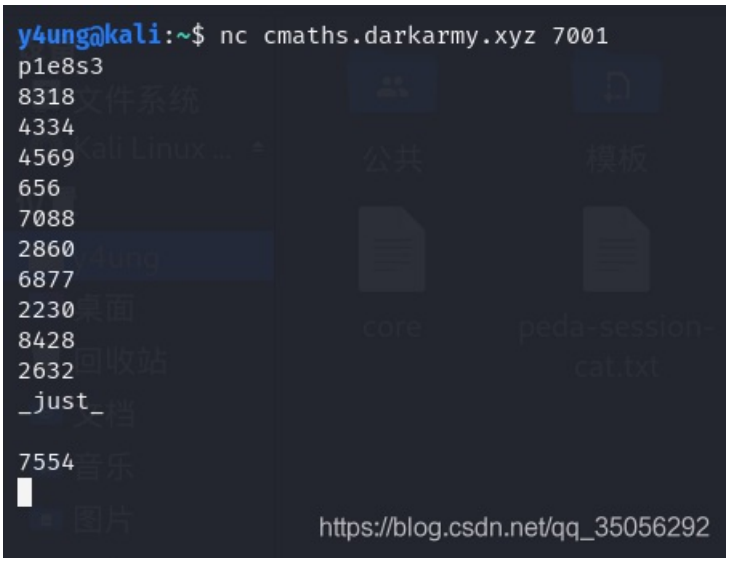
```
v13 = """9527
4857
7110
6633
4008
2344
8538
1877
3069
""".split("\n")
v13 = [int(each) for each in v13[:-1]]
v34 = sum(v13)
v29 = v34 // 9

v32 = 0
for m in range(0, 9):  # [0, 8]
    v8 = pow(v13[m]-v29, 2)
    v32 += v8

import math
v28 = int(math.sqrt(v32/9))
print("第二个输入:{}".format(v28))
```

```
v34 = 0;
for ( l = 0; l <= 8; ++l )
{
  v7 = randomfunc(100, 10000);
  v13[l] = v7;
  printf("%d\n", (unsigned int)v13[l]);
  v34 += v13[l];
}
v29 = v34 / 9;
v32 = 0;
for ( m = 0; m <= 8; ++m )
{
  v8 = pow((double)(v13[m] - v29), 2.0);
  v32 = (signed int)(v8 + (double)v32);
}
v28 = (signed int)sqrt((double)(v32 / 9));
__isoc99_scanf("%d", &v12);
if ( v28 != v12 )
{
  puts("Nothing for u here");
  exit(1);
}
system("cat small_chunk.txt");
putchar(10);
```

现在我们已经得到用户的第二个输入了。我们本地测试一下，发现打印出了`cat: small_chunk.txt: 没有那个文件或目录`和`8644`。

```
$ ./c_maths p1e8s3
p1e8s3
9801
1378
2999
1278
4140
7704
6351
1574
2549
2902
cat: small_chunk.txt: 没有那个文件或目录

8644
```

没有small_chunk.txt应该是我们需要跟服务器去交互。让我们用题目描述里的命令去测试一下：发现small_chunk.txt的内容是`_just_`，看来这是flag的第二部分，第一部分应该是`p1e8s3`



2.2.3 用户的第三个输入

但是第三个flag是啥呢。先分析下代码：

1. 用户的输入v10必须与v25相同
2. 并且解题的时间不能超过5s，这意味着这道题需要写脚本去跟目标服务器交互

v25 <- func3, v11 <- func2, v11, n <- v26 <- v27

v27为随机数，是for循环的边界：[100, v27-1]。在循环中：

1. 首先调用`func1(n)`，赋值给v26。func1的作用是求n每一位数之和。

```
__int64 __fastcall func1(int a1)
{
  int v2; // [rsp+0h] [rbp-14h]
  unsigned int v3; // [rsp+10h] [rbp-4h]

  v2 = a1;
  v3 = 0;
  while ( v2 > 0 )
  {
    v3 += v2 % 10;
    v2 /= 10;
  }
  return v3;
}
```

2. 如果v26满足`!(v26 & 1) && !(v26 % 3)`，则调用`func2(&v11, n);`。v11初始时为0.
   首先，创建了一个qword类型的数组v3，并分配了16字节。一个qword是8个字节，因此v3有两个元素。
   接下来，将a2，也就是main函数中的n赋值给v3[0]。
   1. 如果a1不为0的话，那么将a1的值赋值给v3[1]，然后将v3赋值给a1
   2. 如果a1为0，那么将v3赋值给a1

```
_QWORD *__fastcall func2(_QWORD *a1, int a2)
{
  _QWORD *result; // rax
  _QWORD *v3; // [rsp+18h] [rbp-8h] v3是一个qword类型的数组，分配给v3 16字节
                    //   一个qword为8字节，因此v3有两个元素

  v3 = malloc(0x10uLL);                         // 分配了16字节
  *(_DWORD *)v3 = a2;                           // dword为4字节
  if ( *a1 )
  {
    v3[1] = *a1;
    result = a1;
    *a1 = v3;
  }
  else
  {
    *a1 = v3;
    result = v3;
    v3[1] = 0LL;
  }
  return result;
}
```

在循环外，`v25 = func3(*(_QWORD *)(v11 + 8));`，也就是参数是v11[1]。跟进去func3看看。在函数中首先将a1赋值给v2，然后当v2不为空时，每次取v2[1]，当!(v3 & 1)时，v4+=v2。

看到这里我是有点懵逼的，a1就是v11嘛。不就是个一维数组吗？为什么在func3里要大费周章地用个循环去取v11[1]呢？

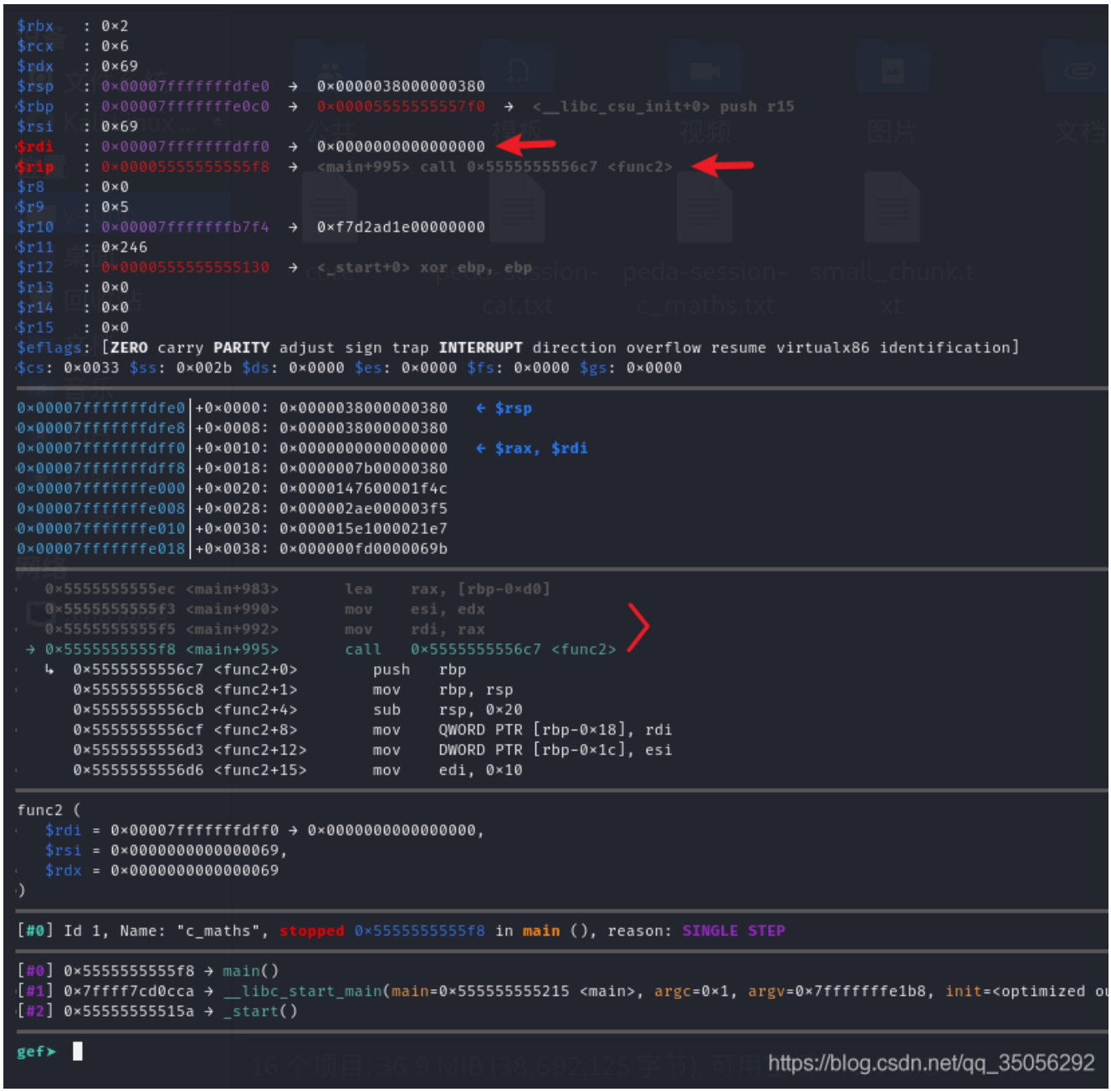
```
__int64 __fastcall func3(__int64 a1)
{
  __int64 v2; // [rsp+0h] [rbp-18h]
  char v3; // [rsp+10h] [rbp-8h]
  unsigned int v4; // [rsp+14h] [rbp-4h]

  v2 = a1;
  v4 = 0;
  v3 = 0;
  while ( v2 )
  {
    if ( !(v3 & 1) )
      v4 += *(_DWORD *)v2;
    v2 = *(_QWORD *)(v2 + 8);
    ++v3;
  }
  return v4;
}
```

```
  v11 = 0LL;
  v27 = randomfunc(5000, 10000);
  printf("%d\n", v27);
  v26 = 0;
  for ( n = 100; n < (signed int)v27; ++n )
  {
    v26 = func1(n);
    if ( !(v26 & 1) && !(v26 % 3) )
      func2(&v11, n);
  }
  v25 = func3(*(_QWORD *)(v11 + 8));            // 用户的第三个输入必须与v25相等，
                                                // v11+8为v11[1]，因为qword为8字节
  __isoc99_scanf("%d", &v10);
  time(&v18);
  v24 = (double)((signed int)v18 - (signed int)v19);// 解题时间必须在5s以内
  if ( v25 != v10 || v24 >= 5.0 )
    puts("Nothing for u here");
  else
    system("cat big_chunk.txt");
  return 0;
}
```

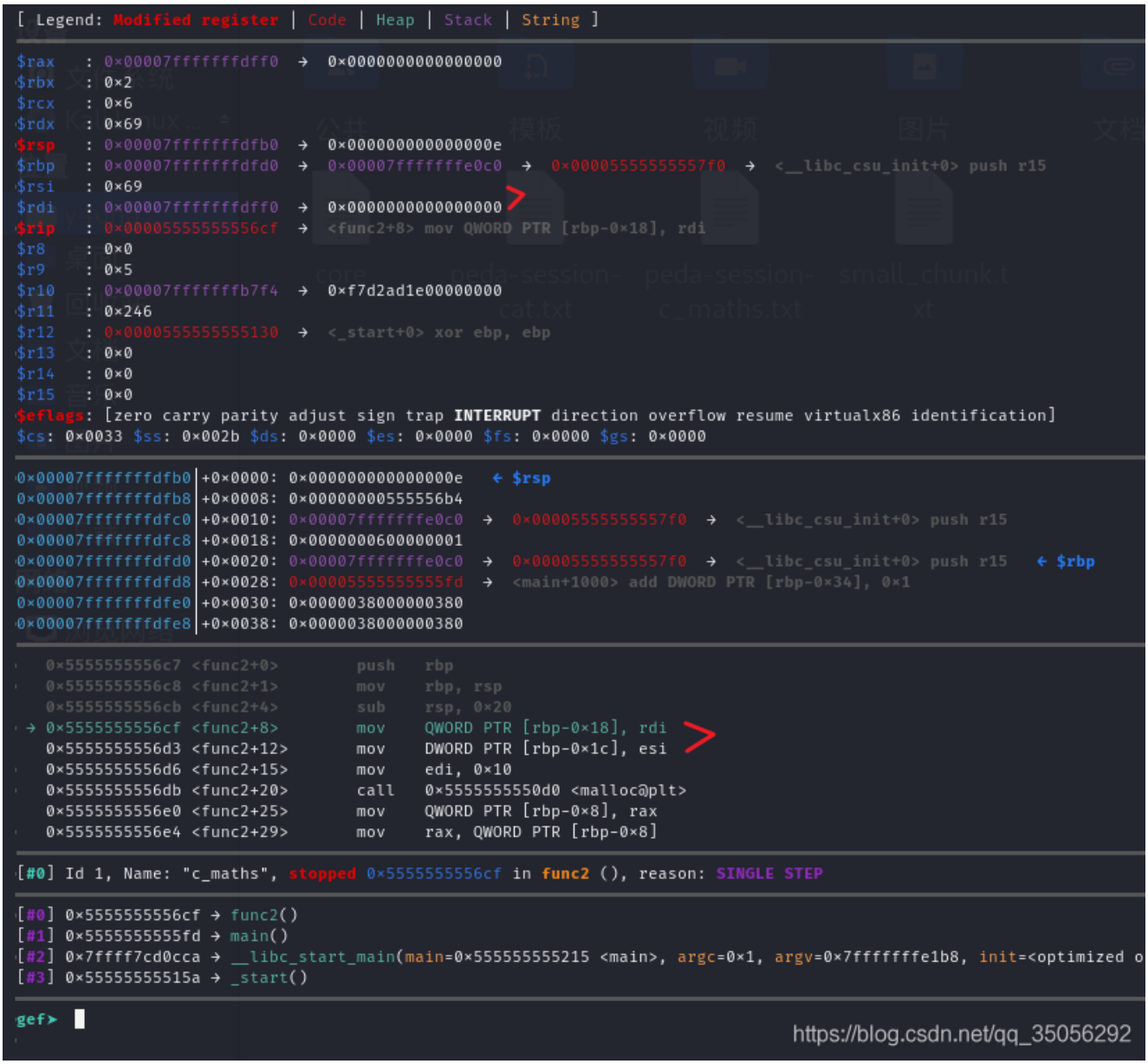

决定用gdb调试看看，我关注的是func3，因此在这之前的部分我能跳过就跳过。

- 第一个输入是固定的，运行了以后直接复制进去即可。
- 第二个输入由于涉及到生成的随机数，并且debug的时候我发现当你运行到printf后面的指令时，是看不到输出的随机数内容的。因此在运行到第二个scanf时，随便输入一个数字，然后在比较之前，先看一下要比较的内容：`x/16xb $rbp-0x3c` 比如输出是`0b 25 00 00 ...`，那么就设置rax的值为：`set $rax=0x250b`。在这之后会调用system函数，一调用，gdb调试就结束了。所以在调用之前，将指令寄存器的值修改为system的下一条指令的地址：`set $rip=call systm的下一条指令地址`

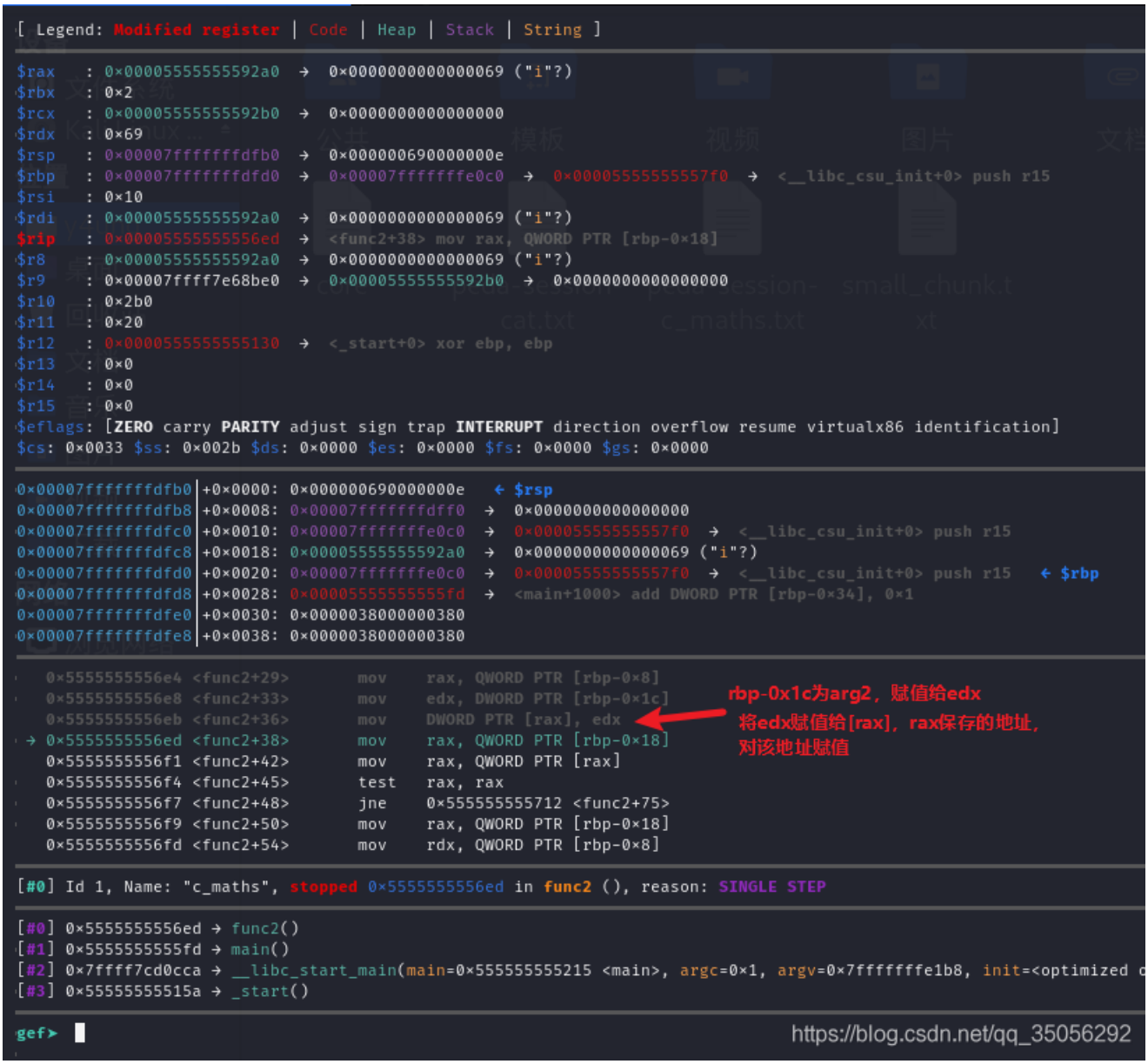
  下面为func2的一些调试过程：



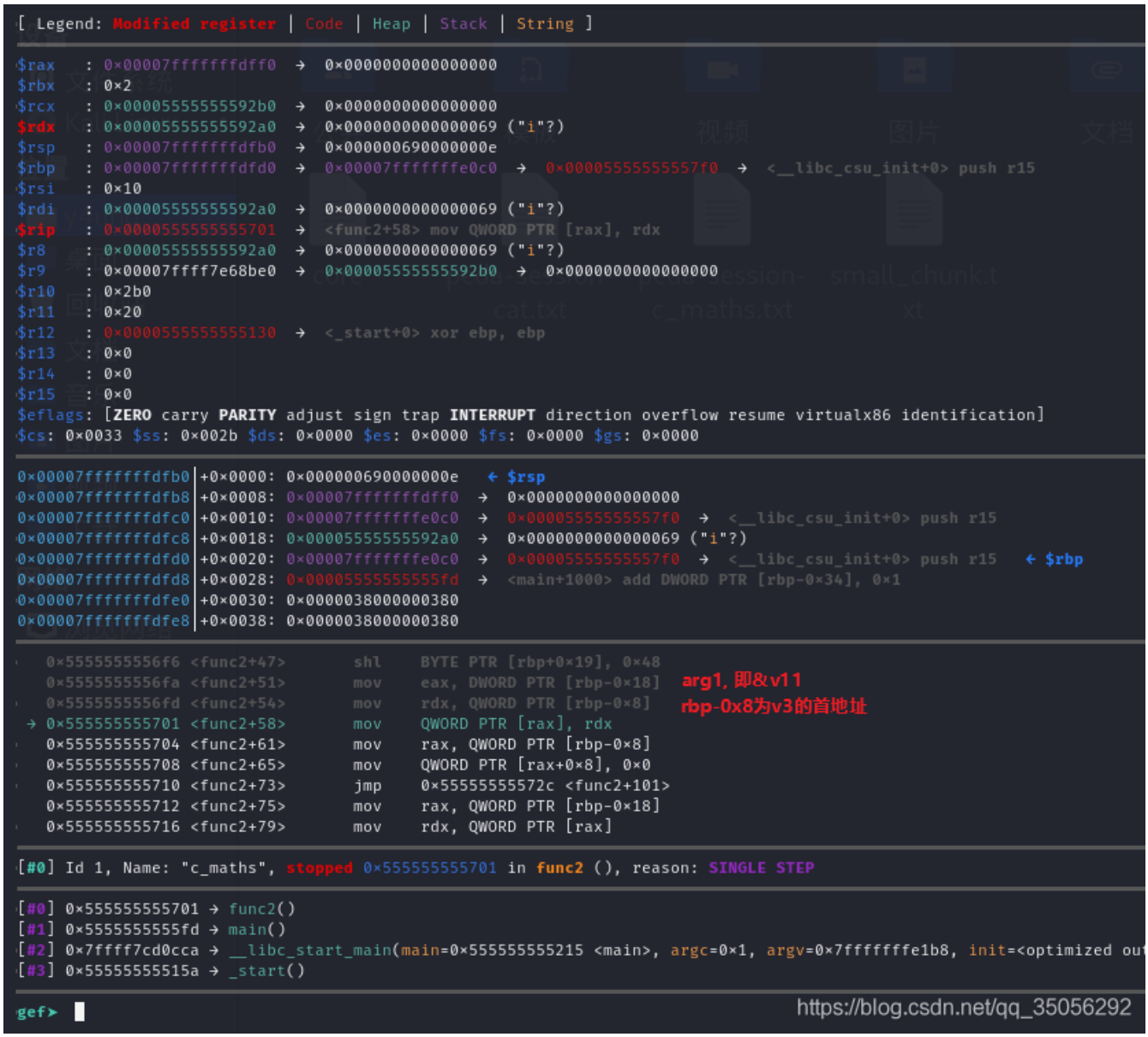
rbp-0x18为arg1，也就是&v11，地址为0x00007fffffffdff0；rbp-0x1c为arg2，也就是n



rbp-0x8 为v3的首地址，地址为0x00005555555592a0

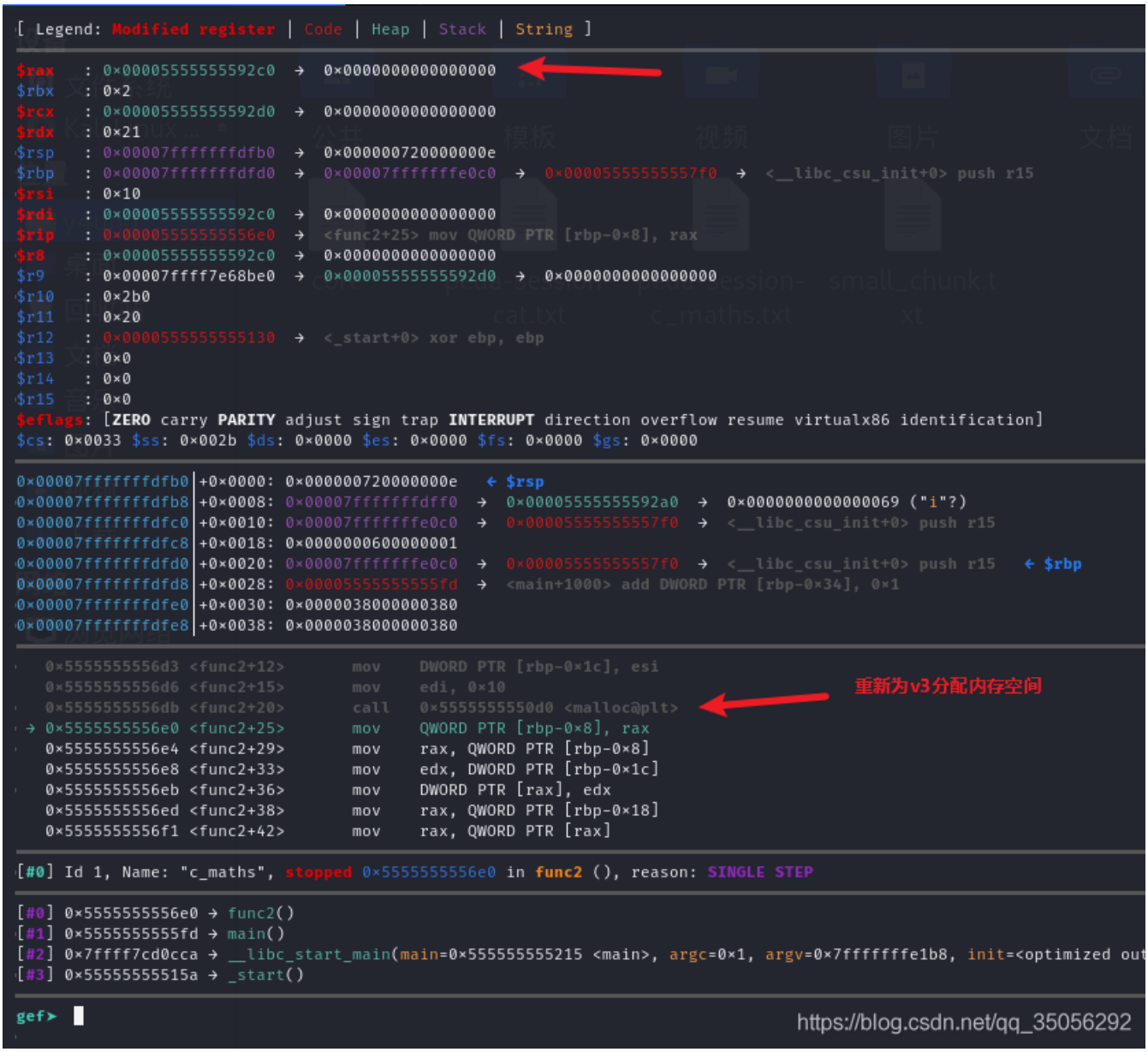


由于一开始v11为空，因此进入else块。用v3对v11赋值：

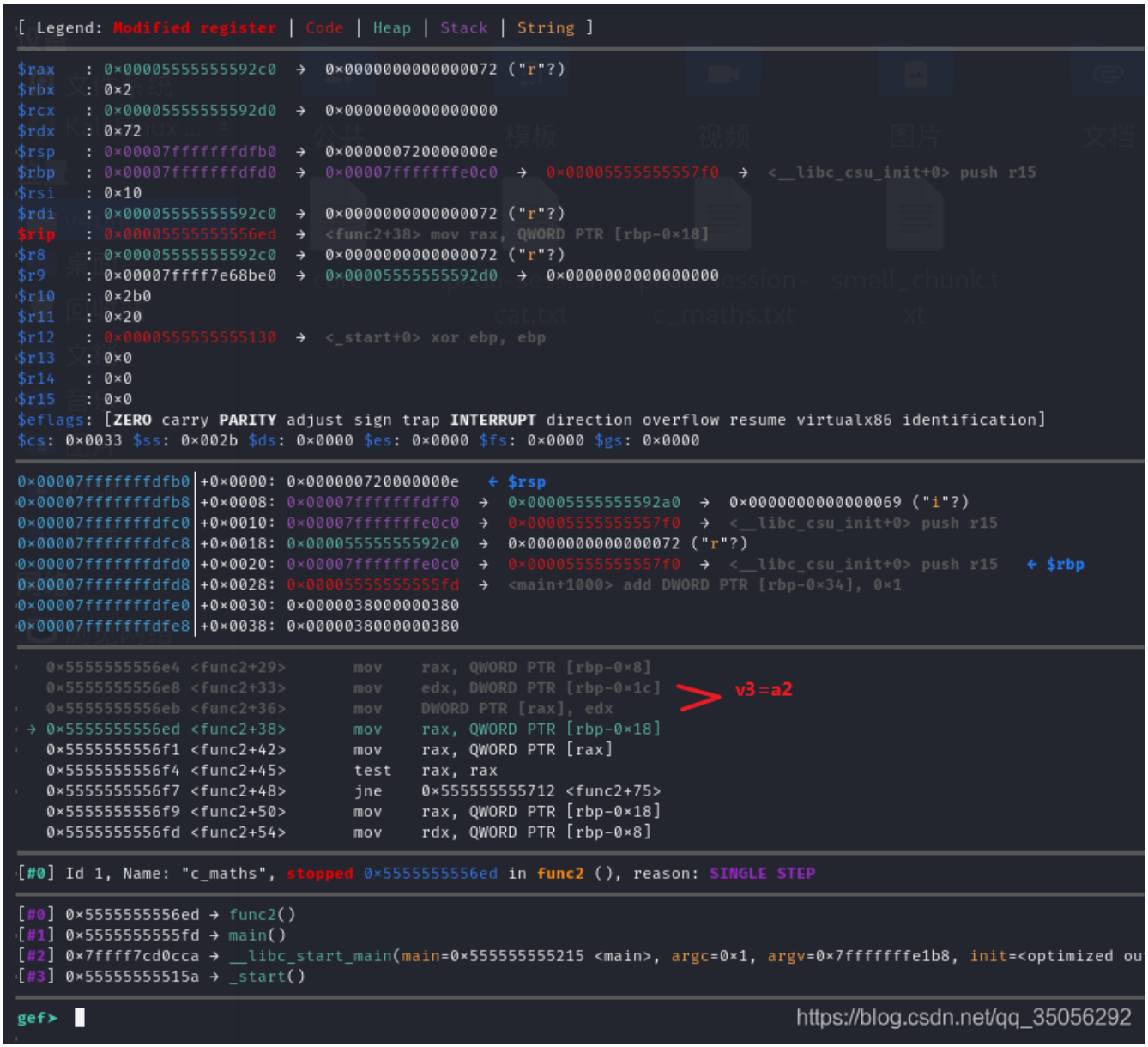


第一次进入func2以后，v11的内容为0x64

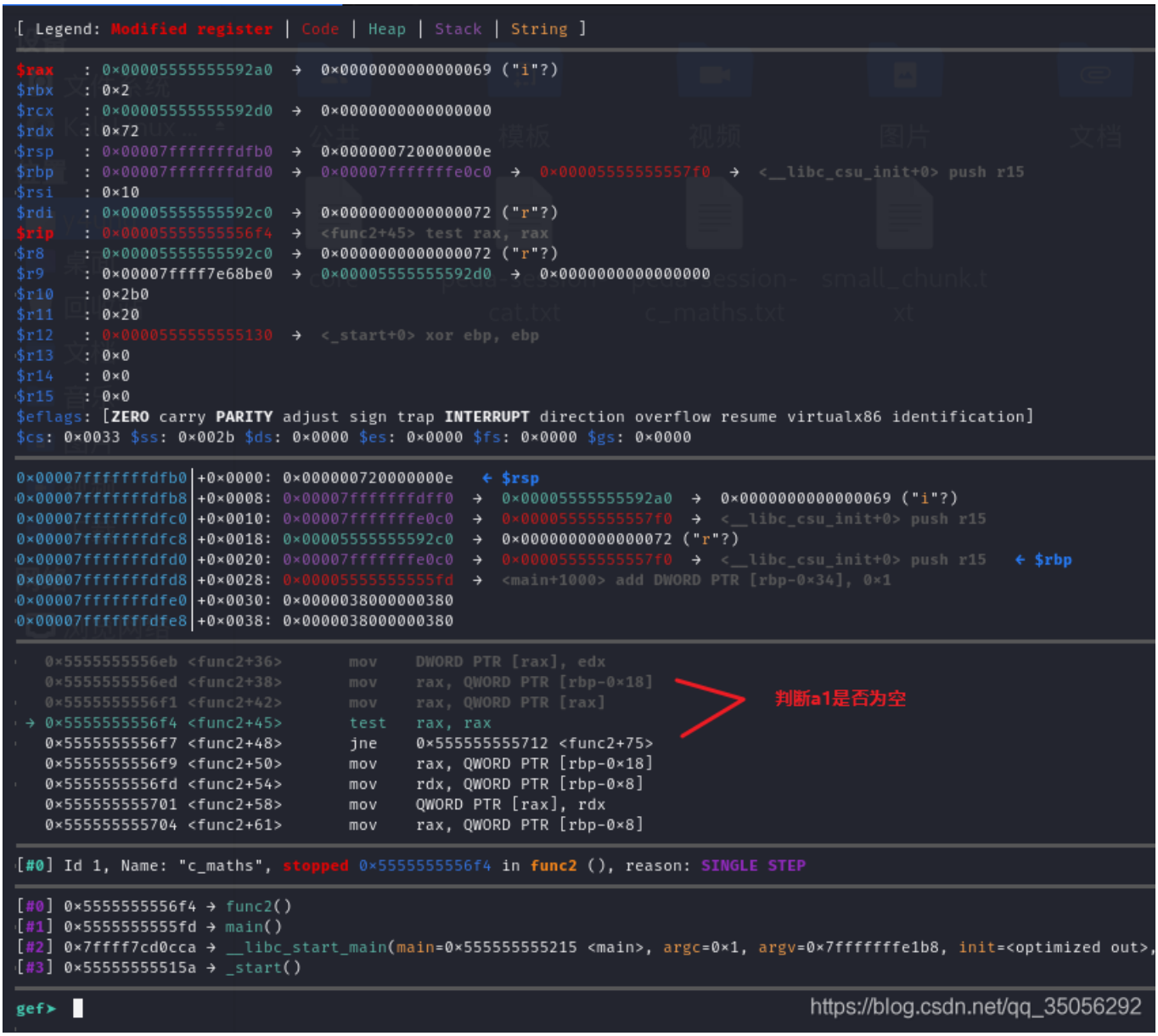
第二次进入func2，为v3重新分配一块内存空间，地址为0x00005555555592c0，保存在 rbp-0x8中



接下来将a2赋值给v3

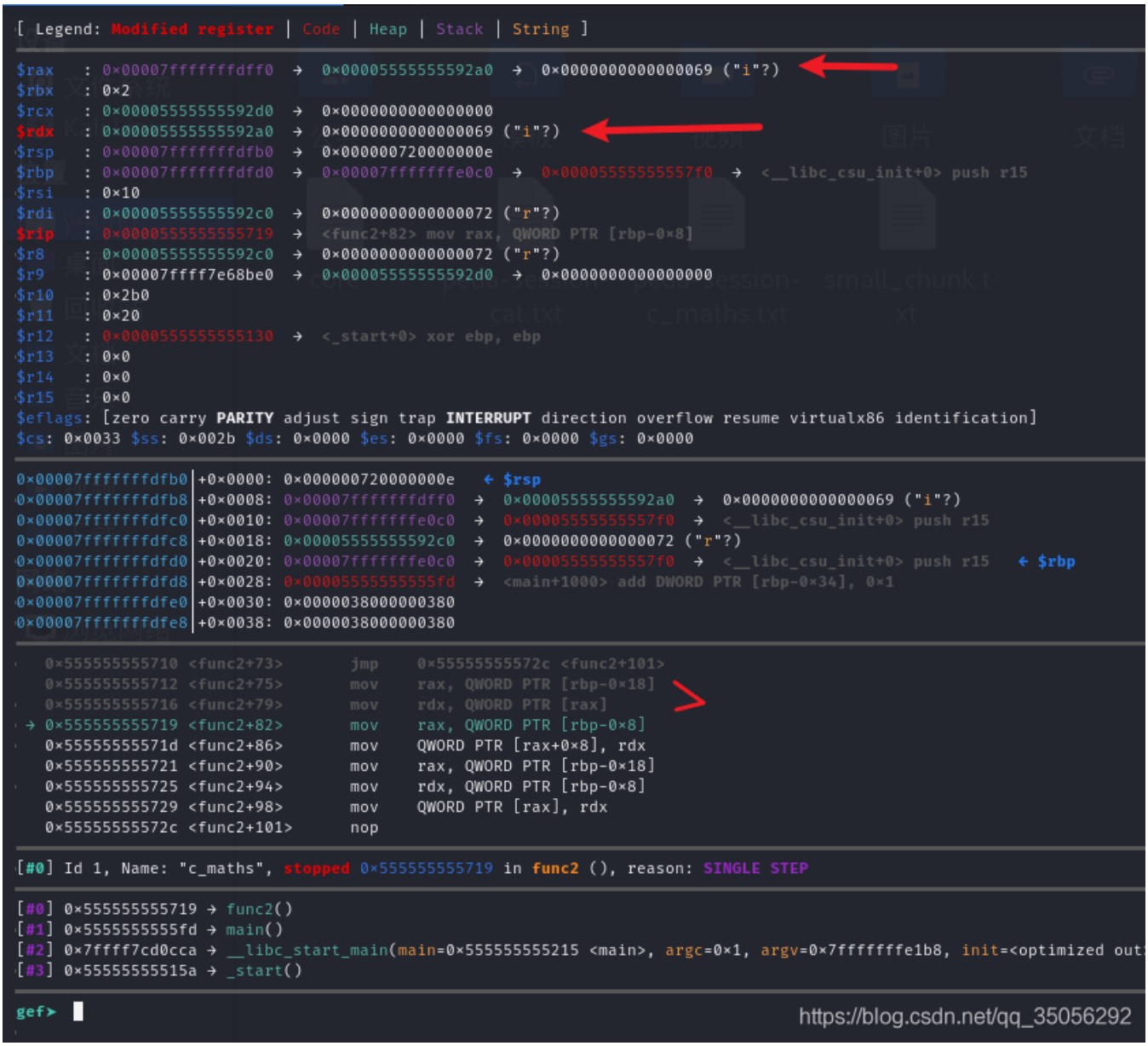

[Legend: Modified register | Code | Heap | Stack | String]
$rax : 0x00005555555592c0 → 0x0000000000000072 ("r"?)
$rbx : 0x2
$rcx : 0x00005555555592d0 → 0x0000000000000000
$rdx : 0x72
$rsp : 0x00007fffffffdfb0 → 0x000000720000000e
$rbp : 0x00007fffffffdfd0 → 0x00007fffffffe0c0 → 0x000055555555557f0 → <__libc_csu_init+0> push r15
$rsi : 0x10
$rdi : 0x00005555555592c0 → 0x0000000000000072 ("r"?)
$rip : 0x000055555555556ed → <func2+38> mov rax, QWORD PTR [rbp-0x18]
$r8 : 0x00005555555592c0 → 0x0000000000000072 ("r"?)
$r9 : 0x00007ffff7e68be0 → 0x00005555555592d0 → 0x0000000000000000
$r10 : 0x2b0
$r11 : 0x20
$r12 : 0x0000555555555130 → <_start+0> xor ebp, ebp
$r13 : 0x0
$r14 : 0x0
$r15 : 0x0
$eflags: [ZERO carry PARITY adjust sign trap INTERRUPT direction overflow resume virtualx86 identification]
$cs: 0x0033 $ss: 0x002b $ds: 0x0000 $es: 0x0000 $fs: 0x0000 $gs: 0x0000
0x00007fffffffdfb0 +0x0000: 0x000000720000000e ← $rsp
0x00007fffffffdfb8 +0x0008: 0x00007fffffffdff0 → 0x00005555555592a0 → 0x0000000000000069 ("i"?)
0x00007fffffffdfc0 +0x0010: 0x00007fffffffe0c0 → 0x000055555555557f0 → <__libc_csu_init+0> push r15
0x00007fffffffdfc8 +0x0018: 0x00005555555592c0 → 0x0000000000000072 ("r"?)
0x00007fffffffdfd0 +0x0020: 0x00007fffffffe0c0 → 0x000055555555557f0 → <__libc_csu_init+0> push r15 ← $rbp
0x00007fffffffdfd8 +0x0028: 0x00005555555555fd → <main+1000> add DWORD PTR [rbp-0x34], 0x1
0x00007fffffffdfe0 +0x0030: 0x0000038000000380
0x00007fffffffdfe8 +0x0038: 0x0000038000000380
0x5555555556e4 <func2+29> mov rax, QWORD PTR [rbp-0x8]
0x5555555556e8 <func2+33> mov edx, DWORD PTR [rbp-0x1c]
0x5555555556eb <func2+36> mov DWORD PTR [rax], edx
→ 0x5555555556ed <func2+38> mov rax, QWORD PTR [rbp-0x18]
0x5555555556f1 <func2+42> mov rax, QWORD PTR [rax]
0x5555555556f4 <func2+45> test rax, rax
0x5555555556f7 <func2+48> jne 0x555555555712 <func2+75>
0x5555555556f9 <func2+50> mov rax, QWORD PTR [rbp-0x18]
0x5555555556fd <func2+54> mov rdx, QWORD PTR [rbp-0x8]
v3=a2
[#0] Id 1, Name: "c_maths", stopped 0x5555555556ed in func2 (), reason: SINGLE STEP
[#0] 0x5555555556ed → func2()
[#1] 0x5555555555fd → main()
[#2] 0x7ffff7cd0cca → __libc_start_main(main=0x555555555215 <main>, argc=0x1, argv=0x7fffffffe1b8, init=<optimized ou
[#3] 0x55555555515a → _start()
gef➤
https://blog.csdn.net/qq_35056292

然后判断 `if(*a1)`

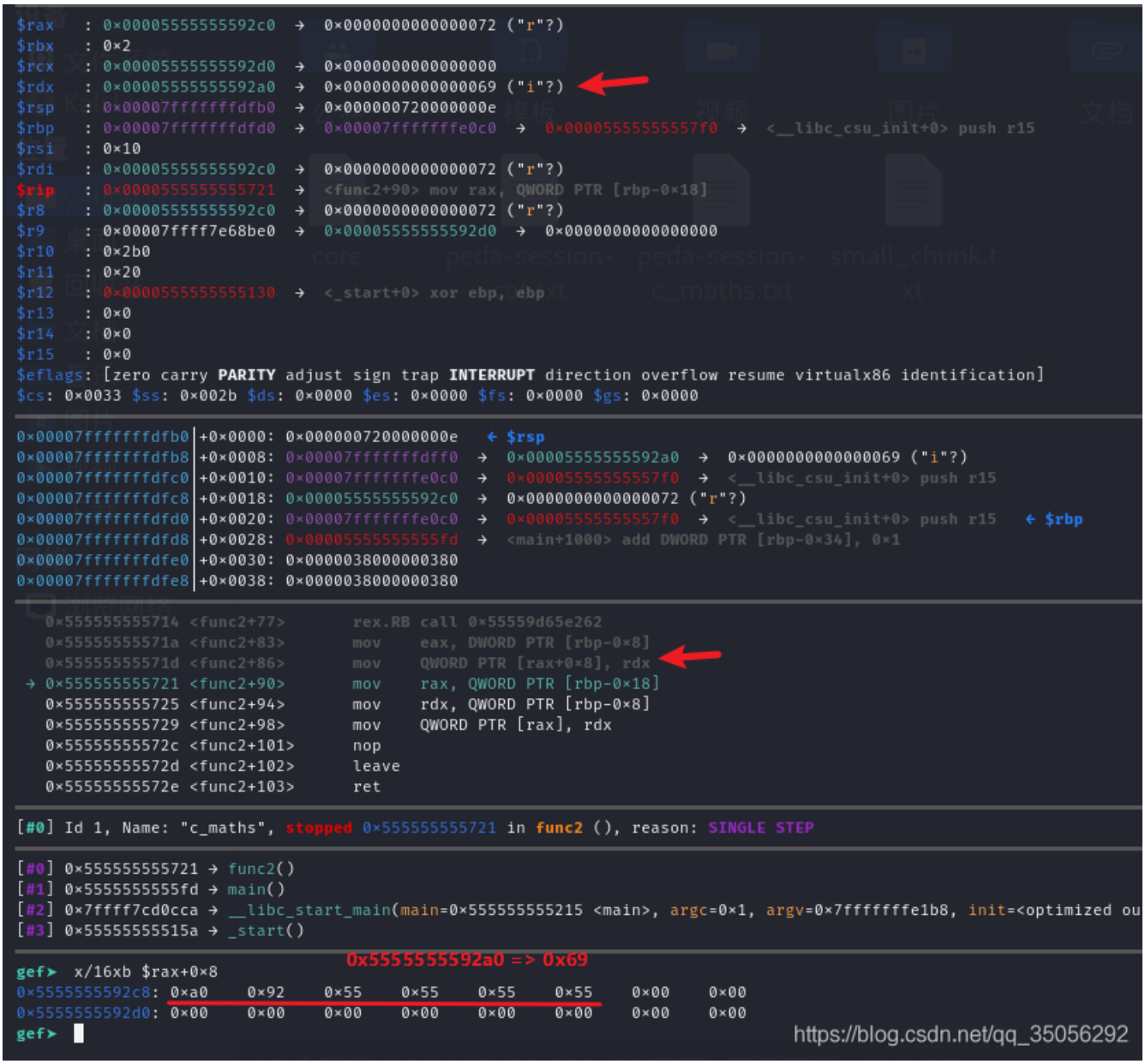


重点来了，不要眨眼！

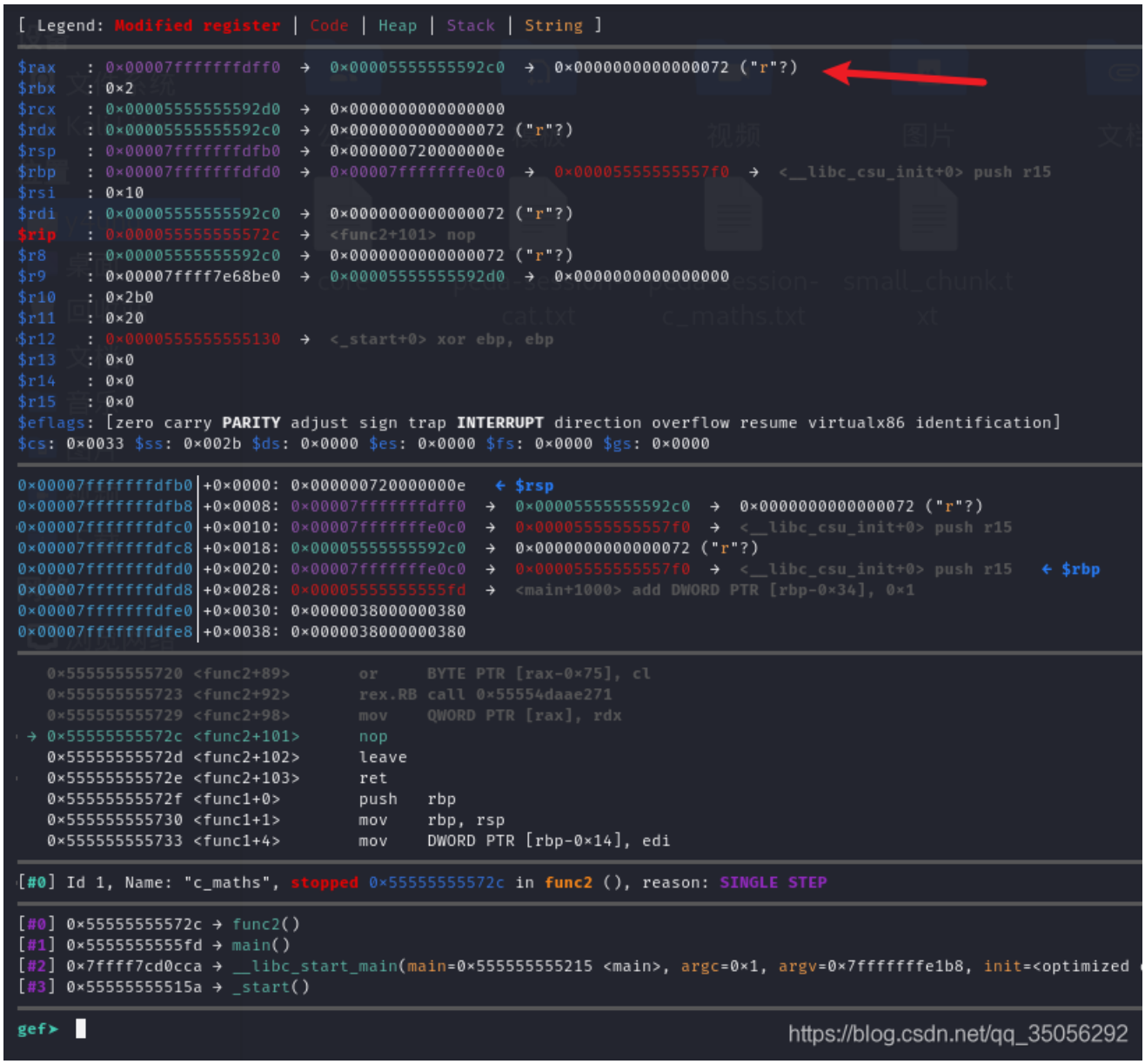
```
mov     rax, QWORD PTR [rbp-0x18]    ; rbp-0x18保存的是a1，也就是v11的地址赋值给rax
mov     rdx, QWORD PTR [rax]   ; 将rax寄存器中保存的地址赋值给rdx，其中这个地址指向的是前一次进入func2时v3的地址
```



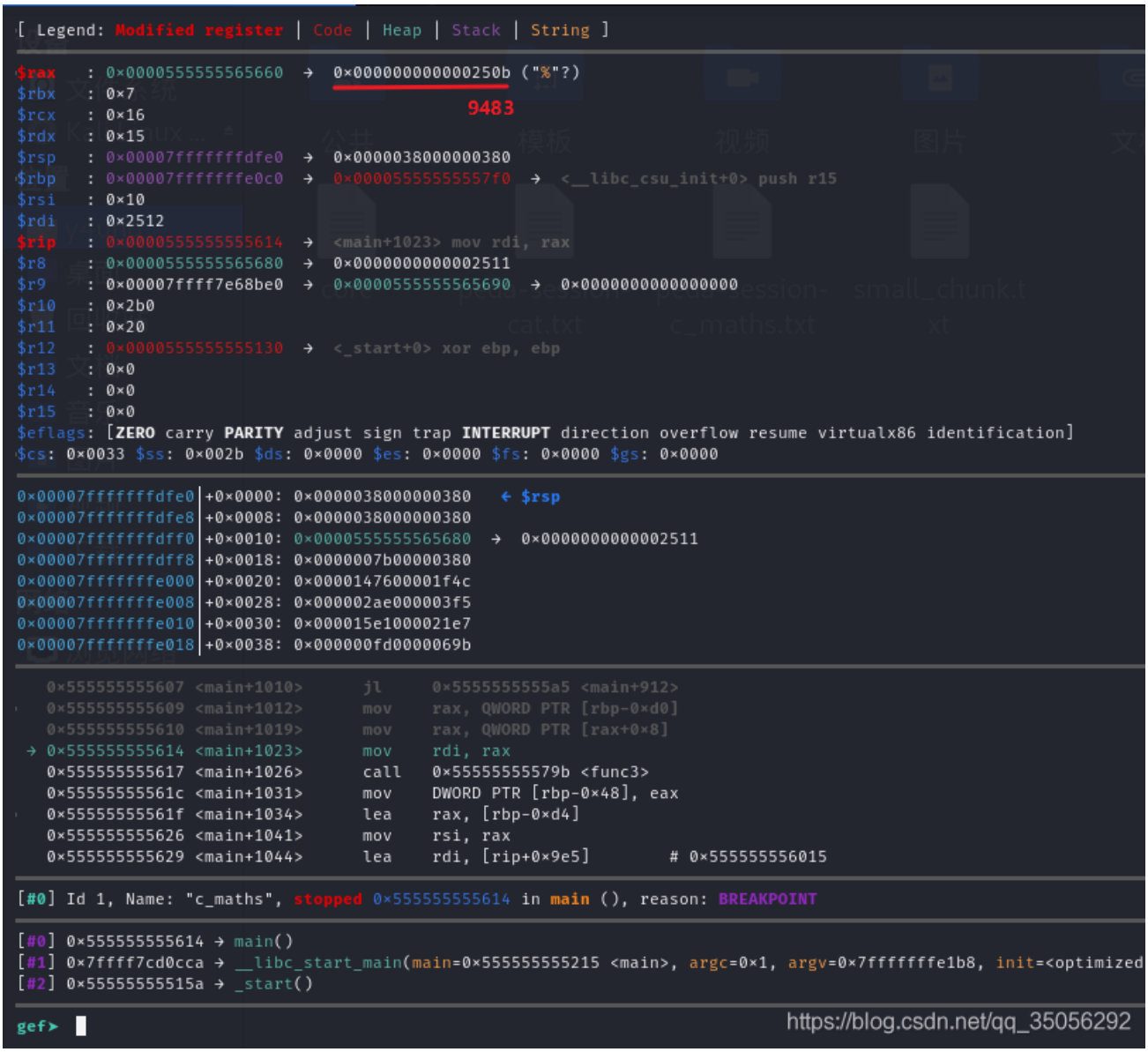

```
mov    rax, QWORD PTR [rbp-0x8]  ;  rbp-0x8保存的是v3的地址，将其赋值给rax寄存器
mov    QWORD PTR [rax+0x8], rdx  ; rdx保存的是v11的地址所指向的地址
```




```
mov    rax, QWORD PTR [rbp-0x18]  ; rbp-0x18保存的是a1，也就是v11的地址赋值给rax，也就是对函数的返回值进行赋值
mov    rdx, QWORD PTR [rbp-0x8]   ; 将v3的地址赋值给rdx
mov    QWORD PTR [rax],rdx  ; 将v3的地址赋值给rax保存的地址所指向的地址0x00005555555592c0，也就是0x00007fffffffdff0（v11）指向0x00005555555592c0
```

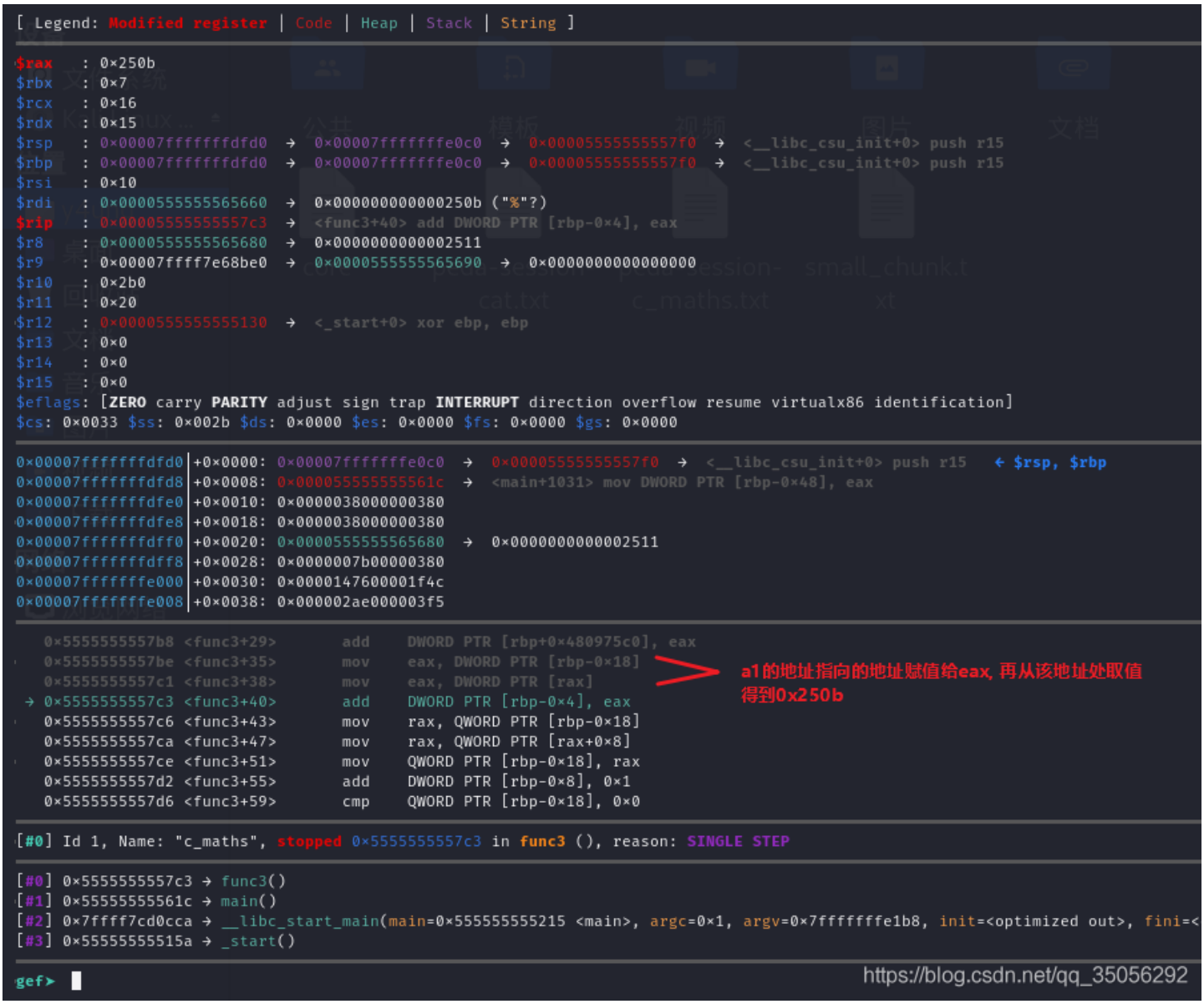


最终，v11[1]的值为9483

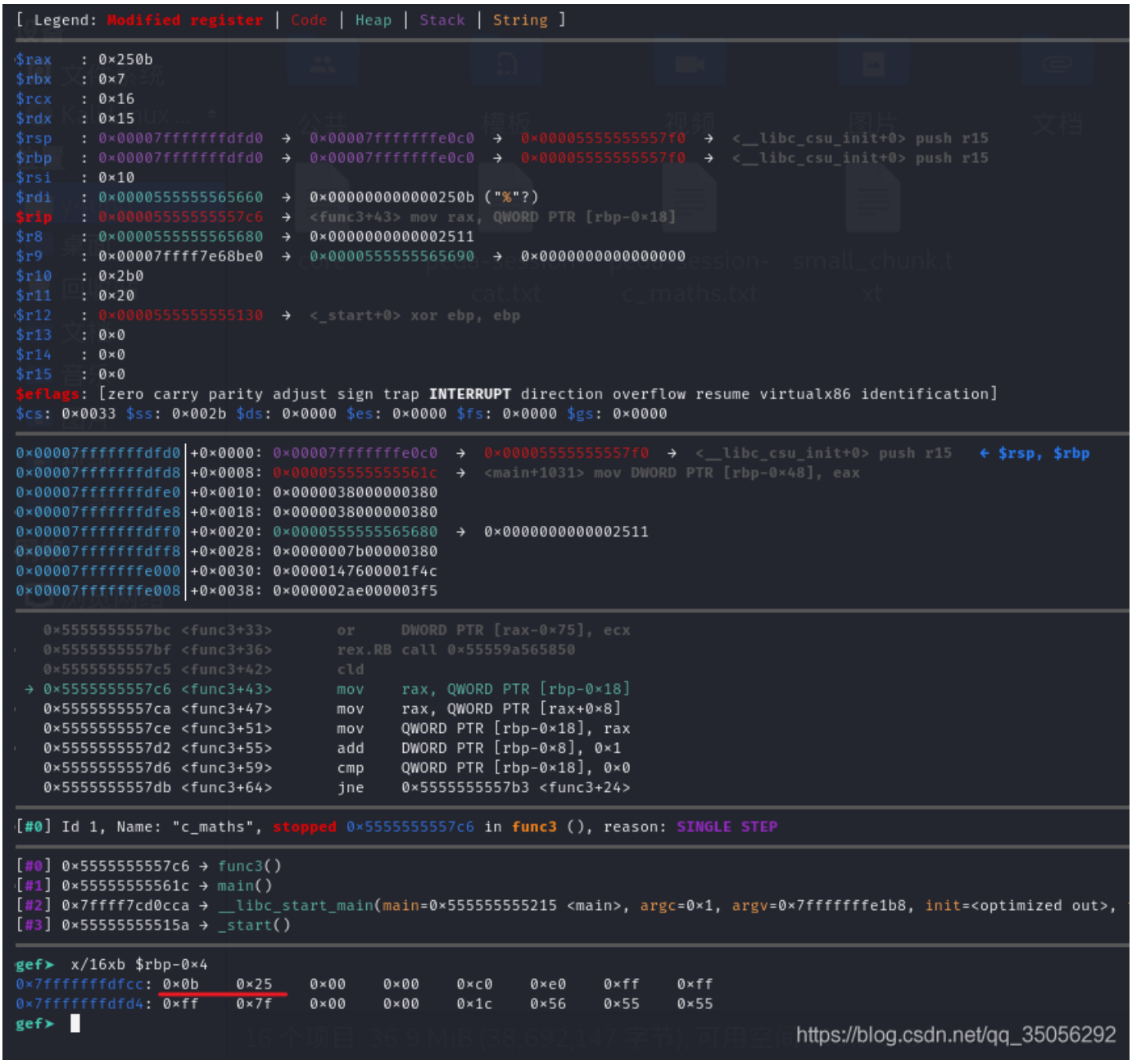


- 在func3 调用之前打个断点，然后输入`continue`，直接执行到调用func3的地方。在执行到调用func3时，输入`si`，进入到func3中。

```
mov    QWORD PTR [rbp-0x18], rdi  ; rdi为v11[1] 的地址所指向的地址：0x0000555555565660 -> 0x250b，将其赋值给rbp-0x18
...
cmp    QWORD PTR [rbp-0x18], 0x0  ; 判断rbp-0x18保存的地址0x0000555555565660 里的值是否为0
```



执行完`add dword [var_4h], eax`，v4的值如下：



然后继续取v11的值，因为v11是个qword类型，因此汇编中一次是加了8，最终从v11取的值是9474。

也就是说，每次取的都是v11中下标为1的数去计算。因此，可以把v11当成是一个二维数组，每个数组保存的都是func2计算后的结果。每一维的[1]元素在func3中被取出计算。

3. pwntools 脚本

根据前面的分析结果，写出pwntools的脚本与目标服务器进行交互：

```
# -*- coding:utf-8 -*-
from pwn import *

# 第一个输入
host = 'cmaths.darkarmy.xyz'
port = 7001
print("[i] connecting to {}:{}".format(host, port))
conn = remote(host, port)

print("[>] p1e8s3")
conn.sendline("p1e8s3")
flag_part1 = "p1e8s3"
```

```python
# 第二个输入
v13 = []
for i in range(0, 9):
    response = conn.recvline().strip()
    v13.append(int(response))
    print("[<] {}".format(response))

v34 = sum(v13)
v29 = v34 // 9

v32 = 0
for m in range(0, 9):  # [0, 8]
    v8 = pow(v13[m]-v29, 2)
    v32 += v8

import math
v28 = int(math.sqrt(v32/9))
print("[>] {}".format(v28))
conn.sendline(str(v28))

flag_part2 = conn.recvline().strip()
print("[<] {}".format(flag_part2))
_blank = conn.recvline().strip()
print("[<] {}".format(_blank))
v27 = conn.recvline().strip()
print("[<] {}".format(v27))
v27 = int(v27)

# 第三个输入
v11 = []
v26 = 0


# === func1 ~ func3 ===
def func1(a1):
    v2 = a1
    v3 = 0

    while v2 > 0:
        v3 += (v2 % 10)
        v2 = v2 // 10

    return v3


def func2(a1, a2):
    # 需要修改a1的值，因此返回a1，而不是伪代码中的result（返回了未被使用）
    v3 = [0, 0]
    v3[0] = a2

    if a1:
        v3[1] = a1[0]
        a1 = v3
    else:
        a1 = v3
        v3[1] = 0

    return a1
```

```python
def func3(a1):
    v4 = 0
    v3 = 0
    for v2 in a1:
        if not (v3 & 1):
            v4 += v2[1]
        v3 += 1

    return v4


# ====================


v11_list = []

for n in range(100, v27):
    v26 = func1(n)
    if (not (v26 & 1)) and (not (v26 % 3)):
        v11 = func2(v11, n)
        v11_list.append(v11)

v25 = func3(v11_list)
print("[>] {}".format(v25))
conn.sendline(str(v25))
flag_part3 = conn.recvline().strip()
print("[<] {}".format(flag_part3))
```

最终运行脚本，可以得到flag：

```
$ python test.py
[i] connecting to cmaths.darkarmy.xyz:7001
[+] Opening connection to cmaths.darkarmy.xyz on port 7001: Done
[>] p1e8s3
[<] 7258
[<] 5931
[<] 2721
[<] 4994
[<] 980
[<] 2193
[<] 1126
[<] 5552
[<] 932
[>] 2294
[<] _just_
[<]
[<] 7658
[>] 2438529
[<] give_me_the_flag
[*] Closed connection to cmaths.darkarmy.xyz port 7001
```

最终flag为：`darkCTF{p1e8s3_just_give_me_the_flag}`