强网杯2021 ctf线上赛ezmath wp（#超详细，带逆向新手走过一个又一个小坑）

原创

漫小牛 于 2021-06-21 09:31:18 发布 1239 收藏 6

分类专栏： CTF Writeup 文章标签： CTF

文章目录

引言
一、分析文件类型
二、初步分析
1 运行情况
2 IDA初步分析
三、详细分析
1 sub_13F3函数分析
2 查找蛛丝马迹
（1）mprotect
（2）重写unk_2010
3 分析重写unk_2010的值（一）
4 分析重写unk_2010的值（二）
四、exp
五、哪里有问题？
1 e/(n-2)还是e/n
2 证明

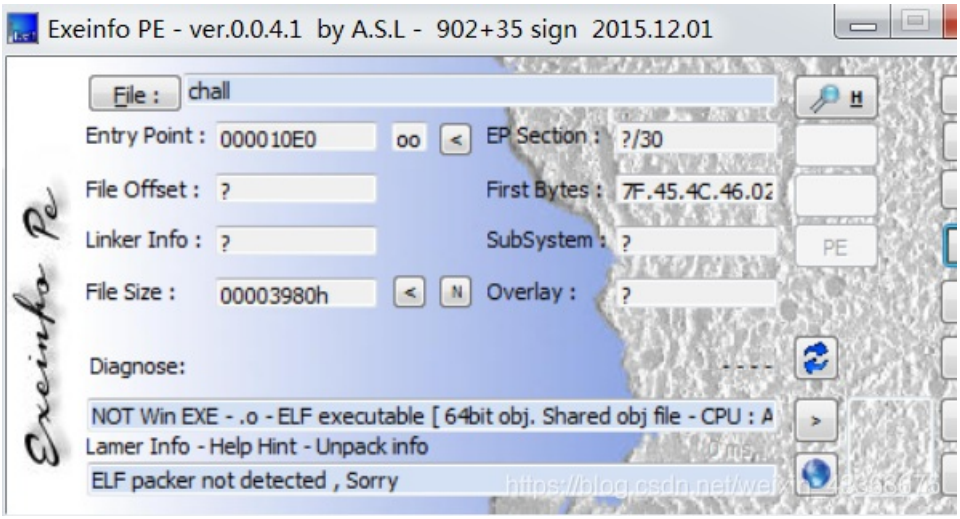
引言

这是强网杯2021中的一道Reverse题，题目是ezmath，将附件进行下载，名称为chall，说明这道题跟数学有关，都说ctf比赛三大谎言：ez、eazy和baby，名称简单，实则并不简单。做出这道题，需要的数学知识远远大于逆向知识。

题目附件：
链接：https://pan.baidu.com/s/13TheaHB7XcbGnBp-M1N5Rg
提取码：k4pm

一、分析文件类型

使用Exeinfo PE查看文件的类型，该工具主要用来查看文件是否为可执行文件，是否为动态链接库，是否有壳以及运行的操作系统等等。具体情况见下图：



从图中可知，该程序是64位的elf文件，无壳。

二、初步分析

1 运行情况

运行一下程序，需要输入一串字符，由于是随便输入的，结果为wrong，想必输入的字符就是flag。

```
giantbranch@ubuntu:~/Desktop$ ./chall
111111111111111111111111111111111111111
wrong
giantbranch@ubuntu:~/Desktop$
```

2 IDA初步分析

拖入IDA中，shift+f12常规操作查找关键字符串：

Address	Length	Type	String
LOAD:0000000...	0000001C	C	/lib64/ld-linux-x86-64.so.2
LOAD:0000000...	0000000A	C	libc.so.6
LOAD:0000000...	0000000F	C	__isoc99_scanf
LOAD:0000000...	00000011	C	__stack_chk_fail
LOAD:0000000...	00000007	C	strlen
LOAD:0000000...	00000009	C	mprotect
LOAD:0000000...	0000000F	C	__cxa_finalize
LOAD:0000000...	00000012	C	__libc_start_main
LOAD:0000000...	0000000A	C	GLIBC_2.7
LOAD:0000000...	0000000A	C	GLIBC_2.4
LOAD:0000000...	0000000C	C	GLIBC_2.2.5
LOAD:0000000...	0000001C	C	_ITM_deregisterTMCloneTable
LOAD:0000000...	0000000F	C	__gmon_start__
LOAD:0000000...	0000001A	C	_ITM_registerTMCloneTable
.rodata:000000...	00000006	C	wrong
.rodata:000000...	00000008	C	correct
.eh_frame:0000...	00000006	C	:*3$\"

从correct字符的输出位置即可定位到代码段：

```
__int64 __fastcall main(int a1, char **a2, char **a3)
{
  __int64 result; // rax
  int i; // [rsp+Ch] [rbp-44h]
  char s[8]; // [rsp+20h] [rbp-30h] BYREF
  __int64 v6; // [rsp+28h] [rbp-28h]
  __int64 v7; // [rsp+30h] [rbp-20h]
  __int64 v8; // [rsp+38h] [rbp-18h]
  __int64 v9; // [rsp+40h] [rbp-10h]
  unsigned __int64 v10; // [rsp+48h] [rbp-8h]

  v10 = __readfsqword(0x28u);
  *(_QWORD *)s = 0LL;
  v6 = 0LL;
  v7 = 0LL;
  v8 = 0LL;
  v9 = 0LL;
  __isoc99_scanf("%39s");
  if ( strlen(s) == 38 )
  {
    for ( i = 0; i <= 37; i += 2 )
    {
      if ( dbl_4020[i / 2] != sub_13F3(*(unsigned __int16 *)&s[i]) )
        goto LABEL_2;
    }
    puts("correct");
    result = 0LL;
  }
  else
  {
LABEL_2:
    puts("wrong");
    result = 0LL;
  }
  return result;
}
```

看到main函数，说明代码并不太复杂，简单看一下，有如下一些初步的结果：

- 输入字符的长度为38
- 关键函数为sub_13F3，将函数的返回值和dbl_4020比较时必须相等
- 关键函数sub_13F3的参数是2个bytes，也就是每次从输入的38个字符中取两个
  提取出dbl_4020的数据为：

```
double dbl_4020[19] =
{
  0.00009794904266317233,
  0.00010270456917442,
  0.00009194256152777895,
  0.0001090322021913372,
  0.0001112636336217534,
  0.0001007442677411854,
  0.0001112636336217534,
  0.0001047063607908828,
  0.0001112818534005219,
  0.0001046861985862495,
  0.0001112818534005219,
  0.0001089928561679 66,
  0.0001112636336217534,
  0.0001090234561758122,
  0.0001113183108652088,
  0.0001006882924839248,
  0.0001112590796092291,
  0.0001089841164633298,
  0.00008468431512187874
};
```

三、详细分析

1 sub_13F3函数分析

既然sub_13F3函数是关键函数，就先来分析它：

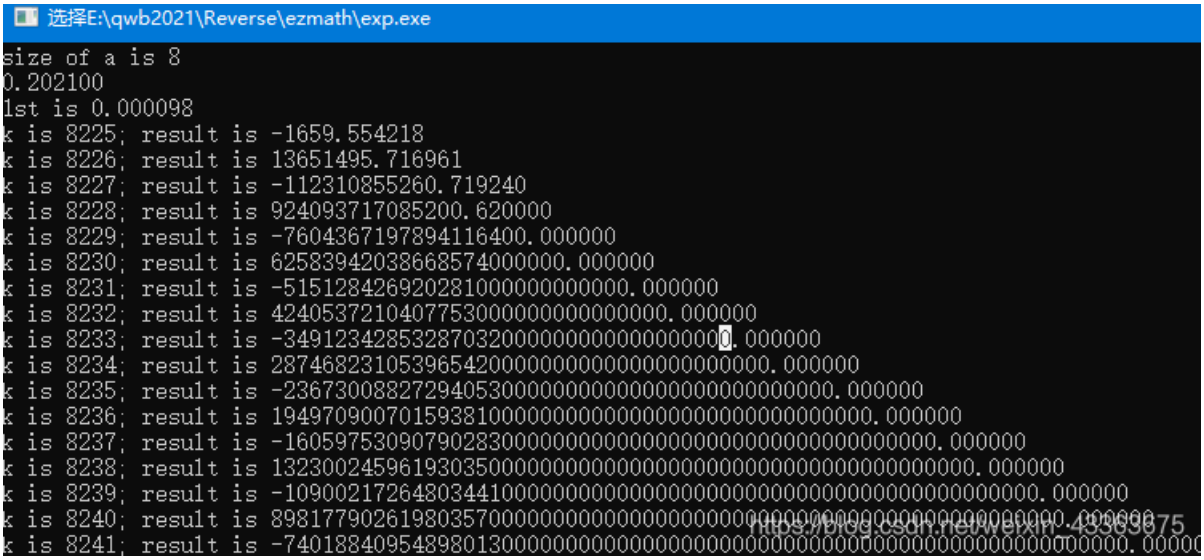
```
double __fastcall sub_13F3(int a1)
{
  int i; // [rsp+8h] [rbp-Ch]
  double v3; // [rsp+Ch] [rbp-8h]

  v3 = unk_2010;
  for ( i = 8225; i < a1; ++i )
    v3 = 2.718281828459045 - (double)i * v3;
  return v3;
}
```

这个函数关键代码只有3行，v3的初始值是0.2021，a1是输入的两个字符转化为的unsigned short型整数，不要看这里的参数int a，要看调用位置的强制类型转换：

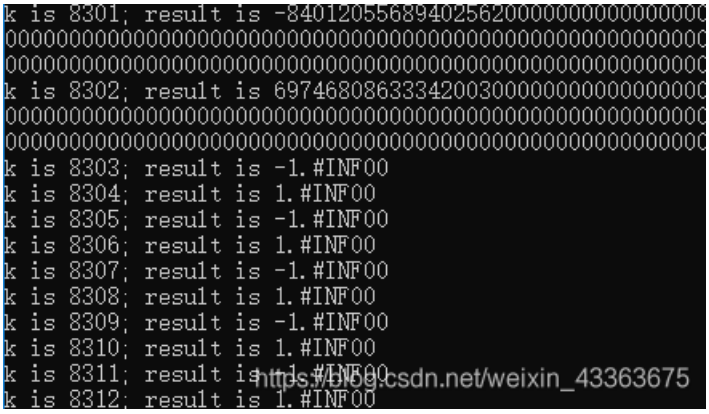
```
if ( dbl_4020[i / 2] != sub_13F3(*(unsigned __int16 *)&s[i]) )
      goto LABEL_2;
```

循环中，迭代从8225加到a1，将结果保存到v3中返回，既然如此，就可以按这个程序写逻辑，每两个字符跑一下这个函数，然后跟dbl_4020[19]里的19个数依次比较，最后把38个数算出来，真的这么简单吗？就写出exp跑跑看吧：

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

double dbl_4020[19] =
{
  0.00009794904266317233,
  0.00010270456917442,
  0.00009194256152777895,
  0.0001090322021913372,
  0.0001112636336217534,
  0.0001007442677411854,
  0.0001112636336217534,
  0.0001047063607908828,
  0.0001112818534005219,
  0.0001046861985862495,
  0.0001112818534005219,
  0.00010892856167966,
  0.0001112636336217534,
  0.0001090234561758122,
  0.0001113183108652088,
  0.0001006882924839248,
  0.0001112590796092291,
  0.0001089841164633298,
  0.00008468431512187874
};

main()
{
 long long a = 0x3FC9DE69AD42C3CA;
 printf("size of a is %d\n",sizeof(a));
 double d = *(double *)&a;
 printf("%f\n", d);
 int i = 0;
 int j = 0;
 int k = 0;
 double result = 0;
 printf("1st is %lf\n", dbl_4020[j]);
// for(i = 0; i<18; i++)
// {
  result = d;
  for(k = 8225; k<9000; k++)
  {
   result = (double)2.718281828459045 - (double)k * result;
   printf("k is %d; result is %f\n", k, result);
   //break;
   if(dbl_4020[j]>result)
      {
       //printf("%d\n", k);
      }
  }

// }
}
```



从运行结果看，这个值越来越发散，跑到8303就开始越界了：



2 查找蛛丝马迹

（1）mprotect

既然这道题没这么简单，那么就老老实实的分析程序逻辑吧，在IDA的funciton窗口，**可以找到mprotect这个函数，这是这道题的第一个小坑，**它的功能是修改某一块儿内存区域的是否可读、是否可写、是否可执行的状态的，它的调用位置是在sub_1391函数中：

```
__int64 sub_1391()
{
  __int64 result; // rax

  mprotect((void *)((unsigned __int64)(&qword_2018 - 1) & 0xFFFFFFFFFFFFF000LL), 0x1000uLL, 7);
  ((void (__fastcall *)(double (__fastcall *)(double), double, double))((char *)&sub_11C8 + 1))(sub_1301, 0.0, 1.0);
  result = 0LL;
  *(&qword_2018 - 1) = 0LL;
  return result;
}
```

从这个函数中，也可以看到mprotect函数把(unsigned __int64)(&qword_2018 - 1) & 0xFFFFFFFFFFFFF000LL)的位置设置成了7，可读可写可执行，由于设置过程是按页的，所以要&一个0xFFFFFFFFFFFFF000LL，虽然mprotect没有直接写unk_2010的位置，但通过&qword_2018 - 1实际指向的也是这个位置，现在的关键就是看看这个值修改成了什么。

（2）重写unk_2010

在这个函数return前，执行了*(&qword_2018 - 1) = 0LL，这条语句就是对unk_2010的写入操作，也是**逆向新手可能遇到的第二个坑，那么这个值真的写的是0吗？**如果拿0作为sub_13F3中v3的初始值计算，显然跑不出结果。

这里的解决思路是：不要相信IDA的伪代码，有问题的时候要看汇编。

下面来解决这个小坑，首先给出sub_1391函数的汇编代码：

```
.text:0000000000001391 sub_1391        proc near               ; CODE XREF: init+49↓p
.text:0000000000001391                                         ; DATA XREF: .init_array:0000000000003D88↓o
.text:0000000000001391
.text:0000000000001391 var_8           = qword ptr -8
.text:0000000000001391
.text:0000000000001391 ; __unwind {
.text:0000000000001391                 endbr64
.text:0000000000001395                 push    rbp
.text:0000000000001396                 mov     rbp, rsp
.text:0000000000001399                 sub     rsp, 10h
.text:000000000000139D                 lea     rax, qword_2018
.text:00000000000013A4                 sub     rax, 8
.text:00000000000013A8                 mov     [rbp+var_8], rax
.text:00000000000013AC                 mov     rax, [rbp+var_8]
.text:00000000000013B0                 and     rax, 0FFFFFFFFFFFFF000h
.text:00000000000013B6                 mov     edx, 7          ; prot
.text:00000000000013BB                 mov     esi, 1000h      ; len
.text:00000000000013C0                 mov     rdi, rax        ; addr
.text:00000000000013C3                 call    _mprotect
.text:00000000000013C8                 movsd   xmm0, cs:qword_2050
.text:00000000000013D0                 movapd  xmm1, xmm0
.text:00000000000013D4                 pxor    xmm0, xmm0
.text:00000000000013D8                 lea     rdi, sub_1301
.text:00000000000013DF                 call    near ptr sub_11C8+1
.text:00000000000013E4                 movq    rax, xmm0
.text:00000000000013E9                 mov     rdx, [rbp+var_8]
.text:00000000000013ED                 mov     [rdx], rax
.text:00000000000013F0                 nop
.text:00000000000013F1                 leave
.text:00000000000013F2                 retn
.text:00000000000013F2 ; } // starts at 1391
```

从汇编可以看出，.text:00000000000013ED的位置写入修改后的unk_2010的代码，这个值是rax，这个值又是从xmm0获得的，xmm0是0吗？由于IDA对向量寄存器的反编译支持的不太好（至少免费版是这样），在伪代码中没有变量直接表示xmm0寄存器（在这个例子中大部分是通过double型的变量来表示的），因此IDA错误的解析为0。解析为0的另一个原因是在mprotect和*(&qword_2018 - 1) = 0LL;中间进行了函数调用：

```
((void (__fastcall *)(double (__fastcall *)(double), double, double))((char *)&sub_11C8 + 1))(sub_1301, 0.0, 1.0);
```

如果跟到这一行代码里认真分析，就能慢慢的找到xmm0是这个调用的返回值，也是要重写0.2021的关键代码（具体过程当然也是看汇编，跟上面的方法一样，这里先略过）。

3 分析重写unk_2010的值（一）

分析重写unk_2020是这道题最复杂的部分，也需要坚实的理论基础，关键部分还是下面的这行代码，由于比较重要，再打出来一遍：

```
((void (__fastcall *)(double (__fastcall *)(double), double, double))((char *)&sub_11C8 + 1))(sub_1301, 0.0, 1.0);
```

这个函数是(char *)&sub_11C8 + 1)，有三个参数，第一个参数是一个函数指针，指向sub_1301，第二个参数是0.0，第三个参数是1.0。首先来看sub_11C8：

```
void __fastcall sub_11C8(double (__fastcall *a1)(double), double a2, double a3)
{
  int i; // [rsp-28h] [rbp-30h]
  double v5; // [rsp-20h] [rbp-28h]
  double v6; // [rsp-18h] [rbp-20h]
  double v7; // [rsp-10h] [rbp-18h]

  v7 = (a3 - a2) / (double)1000;
  v5 = a1(v7 / 2.0 + a2);
  v6 = 0.0;
  for ( i = 1; i < 1000; ++i )
  {
    v5 = a1(v7 / 2.0 + (double)i * v7 + a2) + v5;
    v6 = a1((double)i * v7 + a2) + v6;
  }
  a1(a2);
  a1(a3);
}
```

这个函数执行了一些操作，操作中多次调用a1，即sub_1301：

```
double __fastcall sub_1301(double a1)
{
  int i; // [rsp+Ch] [rbp-1Ch]
  double v3; // [rsp+10h] [rbp-18h]
  double v4; // [rsp+18h] [rbp-10h]
  double v5; // [rsp+20h] [rbp-8h]

  v3 = 1.0;
  v4 = 1.0;
  v5 = 1.0;
  for ( i = 1; i <= 8225; ++i )
  {
    v3 = v3 * a1;
    v5 = (double)i * v5;
    v4 = v3 / v5 + v4;
  }
  return v3 * v4;
}
```

相比sub_11C8，还是这个函数好理解一些，逐行分析代码可知，该函数计算出的结果为：

$$x \quad * (1+ \quad \frac{x}{x}$$

```
.text:000000000000137C                cmp     [rbp+var_1C], 2021h
.text:0000000000001383                jle     short loc_133E
.text:0000000000001385                movsd   xmm0, [rbp+var_18]
.text:000000000000138A                mulsd   xmm0, [rbp+var_10]
.text:000000000000138F                pop     rbp
.text:0000000000001390                retn
.text:0000000000001390 ; } // starts at 1301
```

从这几行可知，返回值就是xmm0，下面，可以放心的回到sub_11C8来看了。
从上往下看，一切都很正常，但到了最后两行代码就有些奇怪，a1(a2);和a1(a3);a1是函数sub_1301，a3是参数传入的1.0，好像这些计算和上面那一堆操作没有关系啊？除了最后一行，上面的一堆都是废代码吗？CTF比赛中，当然有这个可能，用来干扰视听。但为了保险起见，还是去看汇编（又是看汇编，大家的IDA也是这样吗？有点儿怀疑了）。那就贴出来分析吧：

```
.text:00000000000011C8 sub_11C8        proc near               ; CODE XREF: sub_1391+4E↓p
.text:00000000000011C8                 push    rbx
.text:00000000000011CA
.text:00000000000011CA loc_11CA:
.text:00000000000011CA                 nop     edx
.text:00000000000011CD                 push    rbp
.text:00000000000011CE                 mov     rbp, rsp
.text:00000000000011D1                 sub     rsp, 40h
.text:00000000000011D5                 mov     [rbp-28h], rdi
.text:00000000000011D9                 movsd   qword ptr [rbp-30h], xmm0
.text:00000000000011DE                 movsd   qword ptr [rbp-38h], xmm1
.text:00000000000011E3                 mov     dword ptr [rbp-1Ch], 3E8h
.text:00000000000011EA                 movsd   xmm0, qword ptr [rbp-38h]
.text:00000000000011EF                 subsd   xmm0, qword ptr [rbp-30h]
.text:00000000000011F4                 cvtsi2sd xmm1, dword ptr [rbp-1Ch]
.text:00000000000011F9                 divsd   xmm0, xmm1
.text:00000000000011FD                 movsd   qword ptr [rbp-8], xmm0
.text:0000000000001202                 movsd   xmm0, qword ptr [rbp-8]
.text:0000000000001207                 movsd   xmm1, cs:qword_2038
.text:000000000000120F                 divsd   xmm0, xmm1
.text:0000000000001213                 addsd   xmm0, qword ptr [rbp-30h]
.text:0000000000001218                 mov     rax, [rbp-28h]
.text:000000000000121C                 call    rax
.text:000000000000121E                 movq    rax, xmm0
.text:0000000000001223                 mov     [rbp-18h], rax
.text:0000000000001227                 pxor    xmm0, xmm0
.text:000000000000122B                 movsd   qword ptr [rbp-10h], xmm0
.text:0000000000001230                 mov     dword ptr [rbp-20h], 1
.text:0000000000001237                 jmp     short loc_129C
.text:0000000000001239 ; ---------------------------------------------------------------------------
.text:0000000000001239
.text:0000000000001239 loc_1239:                               ; CODE XREF: sub_11C8+DA↓j
.text:0000000000001239                 cvtsi2sd xmm0, dword ptr [rbp-20h]
.text:000000000000123E                 mulsd   xmm0, qword ptr [rbp-8]
.text:0000000000001243                 movapd  xmm1, xmm0
.text:0000000000001247                 addsd   xmm1, qword ptr [rbp-30h]
.text:000000000000124C                 movsd   xmm0, qword ptr [rbp-8]
.text:0000000000001251                 movsd   xmm2, cs:qword_2038
.text:0000000000001259                 divsd   xmm0, xmm2
.text:000000000000125D                 addsd   xmm0, xmm1
.text:0000000000001261                 mov     rax, [rbp-28h]
.text:0000000000001265                 call    rax
.text:0000000000001267                 movsd   xmm1, qword ptr [rbp-18h]
.text:000000000000126C                 addsd   xmm0, xmm1
.text:0000000000001270                 movsd   qword ptr [rbp-18h], xmm0
.text:0000000000001275                 cvtsi2sd xmm0, dword ptr [rbp-20h]
.text:000000000000127A                 mulsd   xmm0, qword ptr [rbp-8]
.text:000000000000127F                 addsd   xmm0, qword ptr [rbp-30h]
.text:0000000000001284                 mov     rax, [rbp-28h]
.text:0000000000001288                 call    rax
.text:000000000000128A                 movsd   xmm1, qword ptr [rbp-10h]
.text:000000000000128F                 addsd   xmm0, xmm1
.text:0000000000001293                 movsd   qword ptr [rbp-10h], xmm0
.text:0000000000001298                 add     dword ptr [rbp-20h], 1
.text:000000000000129C
.text:000000000000129C loc_129C:                               ; CODE XREF: sub_11C8+6F↑j
.text:000000000000129C                 mov     eax, [rbp-20h]
.text:000000000000129F                 cmp     eax, [rbp-1Ch]
.text:00000000000012A2                 jl      short loc_1239
.text:00000000000012A4                 mov     rax, [rbp-30h]
```

```
.text:00000000000012A4                 mov     rax, [rbp-38h]
.text:00000000000012A8                 mov     rdx, [rbp-28h]
.text:00000000000012AC                 movq    xmm0, rax
.text:00000000000012B1                 call    rdx
.text:00000000000012B3                 movsd   xmm2, qword ptr [rbp-18h]
.text:00000000000012B8                 movsd   xmm1, cs:qword_2040
.text:00000000000012C0                 mulsd   xmm1, xmm2
.text:00000000000012C4                 addsd   xmm1, xmm0
.text:00000000000012C8                 movsd   xmm0, qword ptr [rbp-10h]
.text:00000000000012CD                 addsd   xmm0, xmm0
.text:00000000000012D1                 addsd   xmm1, xmm0
.text:00000000000012D5                 movsd   qword ptr [rbp-40h], xmm1
.text:00000000000012DA                 mov     rax, [rbp-38h]
.text:00000000000012DE                 mov     rdx, [rbp-28h]
.text:00000000000012E2                 movq    xmm0, rax
.text:00000000000012E7                 call    rdx
.text:00000000000012E9                 addsd   xmm0, qword ptr [rbp-40h]
.text:00000000000012EE                 mulsd   xmm0, qword ptr [rbp-8]
.text:00000000000012F3                 movsd   xmm1, cs:qword_2048
.text:00000000000012FB                 divsd   xmm0, xmm1
.text:00000000000012FF                 leave
.text:0000000000001300                 retn
.text:0000000000001300 ; } // starts at 11C9
```

为了保险起见，从头到尾对照汇编和伪代码读一遍，直到最后两行就会发现问题，从.text:00000000000012A4到.text:00000000000012B1对应伪代码a1(a2);进行修正，分析的技巧是，一定要自己把堆栈画出来。一直到.text:00000000000012D1，可以解析出代码：

v4 = v5*4+a1(a2)*+2*v6，v4放在rbp-40h的位置。

从.text:00000000000012DA到.text:00000000000012E7对应伪代码a1(a3)，接着解析，可以解析出代妈xmm0 = (a1(a3)+v4)*v7/6.0，到这里，就分析完了。

虽然解析出来了，但这个到底是个啥？**这是逆向新手可能遇到的第三个坑，即识别sub_11C8的功能。**这个计算实际上是辛普森积分，公式如下：

$$\int_{a}^{b} f(x)dx \approx$$

```c
#include <stdio.h>

double sub_1301(double a1)
{
  int i; // [rsp+Ch] [rbp-1Ch]
  double v3; // [rsp+10h] [rbp-18h]
  double v4; // [rsp+18h] [rbp-10h]
  double v5; // [rsp+20h] [rbp-8h]

  v3 = 1.0;
  v4 = 1.0;
  v5 = 1.0;
  for ( i = 1; i <= 8225; ++i )
  {
    v3 = v3 * a1;
    v5 = (double)i * v5;
    v4 = v3 / v5 + v4;
  }
  return v3 * v4;
}

int main()
{
  int i; // [rsp-28h] [rbp-30h]
  double v5; // [rsp-20h] [rbp-28h]
  double v6; // [rsp-18h] [rbp-20h]
  double v7; // [rsp-10h] [rbp-18h]
  double v4; //         [rbp-40h]
  double a3 = 1.0, a2 = 0.0;
  double xmm0_x = 0;

  v7 = ((double)a3 - (double)a2) / (double)1000;                    // 1/1000
  printf("v7 is %f\n", (double)v7);
  v5 = sub_1301(v7 / 2.0 + a2);                         // 参数 1/2000
  printf("v5 is %lf\n", v5);
  v6 = 0.0;
  for ( i = 1; i < 1000; ++i )
  {
    v5 = sub_1301(v7 / 2.0 + (double)i * v7 + a2) + v5;
    v6 = sub_1301((double)i * v7 + a2) + v6;
  }
  xmm0_x = sub_1301(a2);
  v4 = v5*(double)4.0 + xmm0_x + (double)2.0*v6;
  printf("v4 is %lf\n", v4);
  xmm0_x = (double)sub_1301(a3);
  printf("xmm0_x is %lf\n", xmm0_x);
  xmm0_x = ((xmm0_x+v4)*v7)/6.0;
  printf("result is %lf\n", xmm0_x);
}
```

程序变量就是IDA里的变量名，也方便对照检查错误，结果为：

把这个0.000483作为初始值，再重新运行以下最开始的exp，结果还是发散，**到这里就是第四个坑了，主要原因还是浮点数的精度不够，**这么算根本算不出来答案，接着就是纯数学的计算了。

4 分析重写unk_2010的值（二）

回到最开始的sub_13F3看，怎么才能让这个计算收敛呢？

```
double __fastcall sub_13F3(int a1)
{
  int i; // [rsp+8h] [rbp-Ch]
  double v3; // [rsp+Ch] [rbp-8h]

  v3 = unk_2010;
  for ( i = 8225; i < a1; ++i )
    v3 = 2.718281828459045 - (double)i * v3;
  return v3;
}
```

仔细看代码，v3应该是一个非常小的数，这个数每次乘以个比8225大的数并被e减，还要是一个非常小的数，一拍脑瓜，这不就是跟e/8225差不多的一个数吗。当n非常大的时候，就有下面的式子成立：

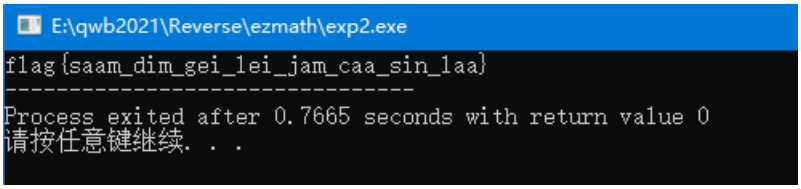
$$\int_0^1 x^n e^x dx \approx e/n$$

四、exp

有了上面的分析做支撑，exp就简单多了：

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
double dbl_4020[19] =
{
  0.00009794904266317233,
  0.00010270456917442,
  0.00009194256152777895,
  0.00010903220219133 72,
  0.00011263633621753 4,
  0.00010074426774118 54,
  0.00011263633621753 4,
  0.00010470636079088 28,
  0.00011281853400521 9,
  0.00010468619858624 95,
  0.00011281853400521 9,
  0.00010899285616796 6,
  0.00011263633621753 4,
  0.00010902345617581 22,
  0.00011131831086520 88,
  0.00010068829248392 48,
  0.00011259079609229 1,
  0.00010898411646332 98,
  0.00008468431512187874
};

double x;

main()
{
 x = 2.718281828459045;
 short tmp=0;
 int i = 0;
 for(i=0; i<19; i++)
 {
  tmp = round(x/dbl_4020[i])-2;
  printf("%c%c", *(char *)&tmp, *((char *)&tmp+1));
 }
```

运行后，flag为：



运行该程序，输入flag后，结果仍然是wrong，这也是浮点精度引起的，但并不影响解出这道题。

五、哪里有问题？

1 e/(n-2)还是e/n

上面的推导看似天衣无缝，仔细看还是有一些矛盾的地方的，在第三节最后的公式中，推出的结果为：

$$\int_{1}^{} x\ e\ dx \approx e/n$$

```
double __fastcall sub_13F3(int a1)
{
  int i; // [rsp+8h] [rbp-Ch]
  double v3; // [rsp+Ch] [rbp-8h]

  v3 = unk_2010;
  for ( i = 8225; i < a1; ++i )
    v3 = 2.718281828459045 - (double)i * v3;
  return v3;
}
```

v3的初始值为：

$$x \quad * (1+ \quad \frac{x}{x}$$

2 证明

在 $x<1$ 时有：