汇编语言与逆向技术课程实验报告

实验九：Reverse Engineering Exercises –Advanced

学院：密码与网络空间安全学院

专业：信息安全

学号：2412950

姓名：路浩斌

班级：信安一班

一、实验目的

1、进一步熟悉静态反汇编工具 Binary Ninja；
2、熟悉将反汇编代码进行反编译的过程；
3、掌握对于反编译伪代码的逆向分析；
4、运用熟悉的编程语言，实现简单的脚本编写

二、实验原理

1. 通过 Binary Ninja 得到 task3.exe 和 task4.exe 的反汇编代码。

2. 使用 Binary Ninja 的反编译功能（F5 快捷键）得到伪 C 代码，如图 1 所示，右键点击数字对象选择 “Display as” 可实现数制转换。

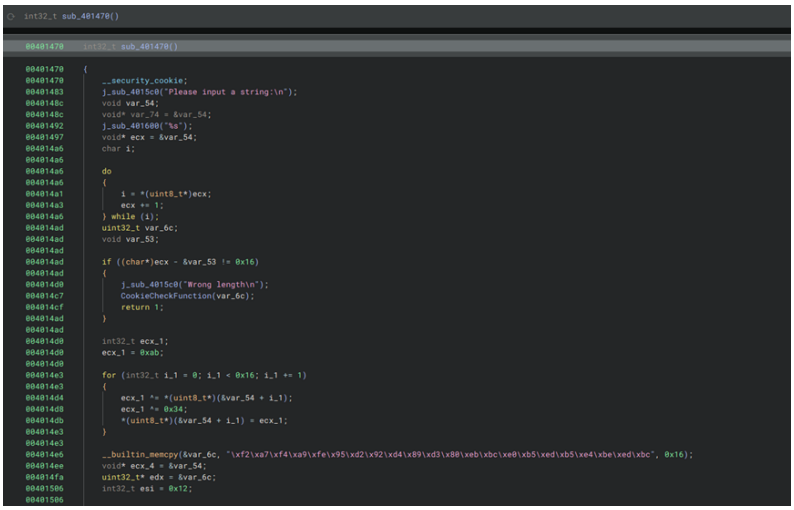


图 1: 逆向分析，完成 task3 和 task4 练习

3. 通过对反汇编命令及反编译伪代码的分析，逆向推理出待输入字符串的计算公式。

4. 使用熟悉的编程语言（C++、Python 等）对待输入字符串进行计算，完成逆向分析挑战。

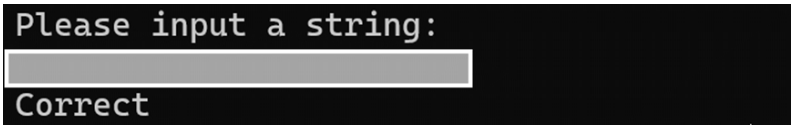


图 2: 逆向分析，完成 task3 和 task4 练习

三、实验报告内容

3.1. task3

3.1.1 反汇编代码和伪 C 代码

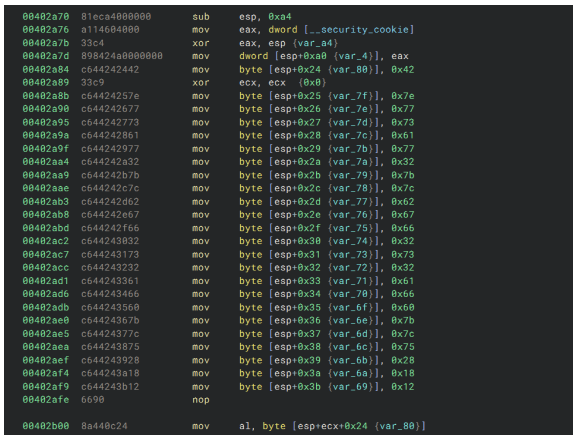


图 3: task3 反汇编代码

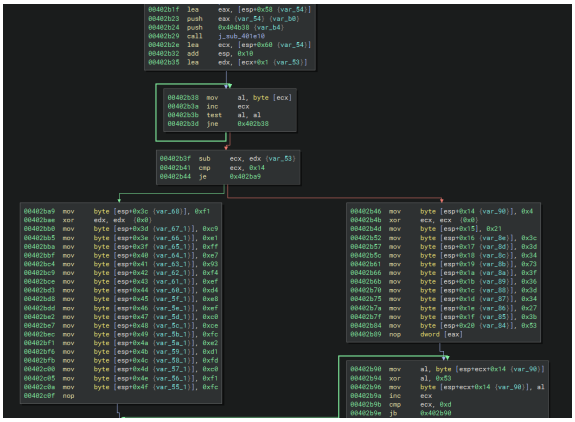


图 4: task3 反汇编图形化

task3 反汇编伪 C 代码:

```
{
    char var_a4;
    int32_t var_4 = __security_cookie ^ &var_a4;
    char var_80;
    __builtin_strncpy(&var_80, "B~wsaw2{|bgf2s2af`{|u(", 0x16);
    int32_t i = 0;
    char var_6a = 0x18;
    char var_69 = 0x12;

    do
    {
        int32_t eax_1;
        (uint8_t)eax_1 = (&var_80)[i];
        (uint8_t)eax_1 ^= 0x12;
        (&var_80)[i] = (uint8_t)eax_1;
        i += 1;
    } while (i < 0x18);

    char* var_a8 = &var_80;
    j_sub_401660("%s");
    void var_54;
    void* var_b0 = &var_54;
    j_sub_401e10("%s");
    char* ecx = &var_54;
    char i_1;

    do
    {
        i_1 = *(uint8_t*)ecx;
        ecx = &ecx[1];
    } while (i_1);
    void var_53;
    char* eax_2;
```

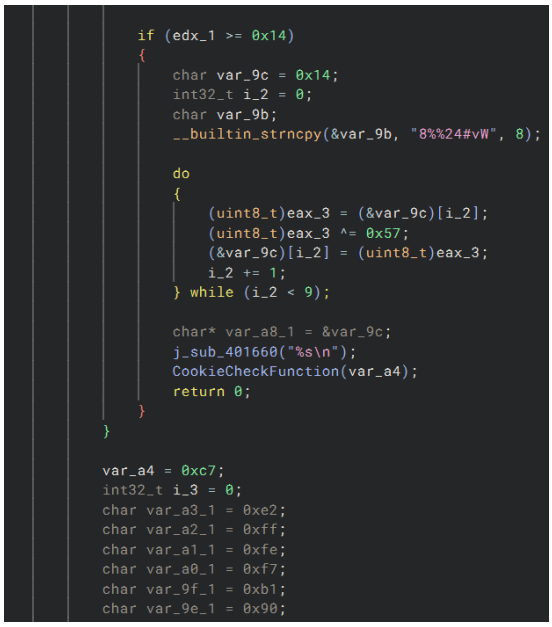
图 5: (1)

```
if (ecx - &var_53 == 0x14)
{
    char var_68 = 0xf1;
    int32_t edx_1 = 0;
    char var_67_1 = 0xc9;
    char var_66_1 = 0xe1;
    char var_65_1 = 0xff;
    char var_64_1 = 0xe7;
    char var_63_1 = 0x93;
    char var_62_1 = 0xf4;
    char var_61_1 = 0xef;
    char var_60_1 = 0xd4;
    char var_5f_1 = 0xe8;
    char var_5e_1 = 0xef;
    char var_5d_1 = 0xc0;
    char var_5c_1 = 0xce;
    char var_5b_1 = 0xfc;
    char var_5a_1 = 0xe2;
    char var_59_1 = 0xd1;
    char var_58_1 = 0xfd;
    char var_57_1 = 0xc0;
    char var_56_1 = 0xf1;
    char var_55_1 = 0xfc;
    uint32_t eax_3;

    while (((int32_t)*(uint8_t*)(&var_54 + edx_1) ^ 0xa5)
        == (uint32_t)(&var_68)[edx_1])
    {
        edx_1 += 1;

        if (edx_1 >= 0x14)
        {
            char var_9c = 0x14;
            int32_t i_2 = 0;
```

图 6: (2)



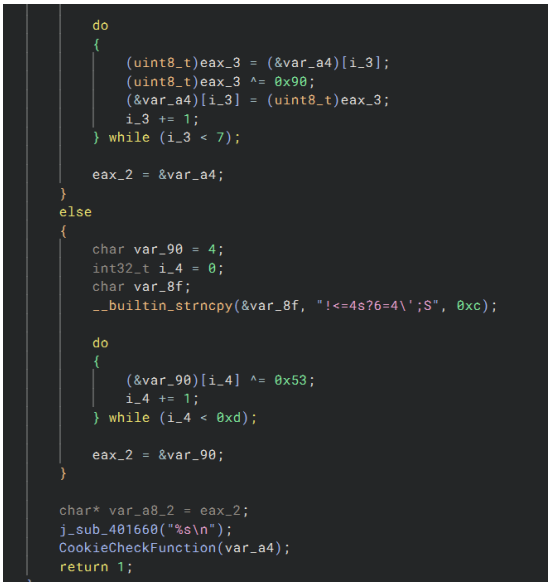
```
    if (edx_1 >= 0x14)
    {
        char var_9c = 0x14;
        int32_t i_2 = 0;
        char var_9b;
        __builtin_strncpy(&var_9b, "8%%24#vW", 8);

        do
        {
            (uint8_t)eax_3 = (&var_9c)[i_2];
            (uint8_t)eax_3 ^= 0x57;
            (&var_9c)[i_2] = (uint8_t)eax_3;
            i_2 += 1;
        } while (i_2 < 9);

        char* var_a8_1 = &var_9c;
        j_sub_401660("%s\n");
        CookieCheckFunction(var_a4);
        return 0;
    }
}

var_a4 = 0xc7;
int32_t i_3 = 0;
char var_a3_1 = 0xe2;
char var_a2_1 = 0xff;
char var_a1_1 = 0xfe;
char var_a0_1 = 0xf7;
char var_9f_1 = 0xb1;
char var_9e_1 = 0x90;
```

图 7: (3)



```
    do
    {
        (uint8_t)eax_3 = (&var_a4)[i_3];
        (uint8_t)eax_3 ^= 0x90;
        (&var_a4)[i_3] = (uint8_t)eax_3;
        i_3 += 1;
    } while (i_3 < 7);

    eax_2 = &var_a4;
}
else
{
    char var_90 = 4;
    int32_t i_4 = 0;
    char var_8f;
    __builtin_strncpy(&var_8f, "!<=4s?6=4\';S", 0xc);

    do
    {
        (&var_90)[i_4] ^= 0x53;
        i_4 += 1;
    } while (i_4 < 0xd);

    eax_2 = &var_90;
}

char* var_a8_2 = eax_2;
j_sub_401660("%s\n");
CookieCheckFunction(var_a4);
return 1;
```

图 8: (4)

3.1.2 逆向分析

首先对一段以加密形式存储的提示字符串进行逐字节解密，即与 0x12 进行异或运算还原出可读文本，并将其输出以提示用户输入字符串。随后，程序读取用户输入内容，并将其存储在内存空间中。

之后程序通过指针递增的方式遍历输入字符串，通过检测字符串结束符，从而计算输入字符串的实际长度。接下来判输入字符串长度是否为 20，若长度不为 20，程序进入错误处理分支，对另一段加密字符串逐字节和 0x53 进行异或运算解密，输出 “Wrong length” 提示信息。

若长度为 20，程序以一个长度为 20 的参照字符串为基准，对用户输入的字符串进行逐字节处理：每一位输入字符首先与固定常量 `0xA5` 进行异或运算，然后将运算结果与参照字符串中对应位置的数据进行比较。若任意一位比较结果不相等，程序立即判定输入不合法，并进入错误分支，输出解密后的 “Wrong!” 提示信息。

只有当输入字符串的全部 20 个字符均通过上述校验条件时，程序才会进入成功分支。在该分支中，程序同样采用异或解密的方式对成功提示字符串进行还原，并最终输出 “correct!”。

由于异或运算具有可逆性，因此可以反向推导出程序所期望的正确输入字符串。设参照序列中第 i 位数据为 $test[i]$，输入字符串第 i 位字符为 $Input[i]$ 由此可得正确输入字符串的计算公式为：

$$Input[i] = test[i] \oplus 0xA5, \quad 0 \le i < 20$$

可以成功还原出程序要求的正确输入字符串，其结果为：

`TLDZB6QJqMJekYGtXeTY`

3.1.3 编写脚本计算正确字符串

task3 程序中有三处需要解密得出正确字符串：

(1)

```cpp
#include<iostream>
using namespace std;
int main() {
    int a = 0x12;
    int test[24] = {
        0x42,0x7e,0x77,0x73,0x61,0x77,0x32,0x7b,0x7c,0x62
        ,0x67,0x66,0x32,0x61,0x66,0x60,0x7b,0x7c,0x75
        ,0x28,0x18,0x12
    };
    for (int i = 0; i < 24; i++) {
        cout << char(test[i] ^ a);
    }
    cout << endl;
    return 0;
}
```

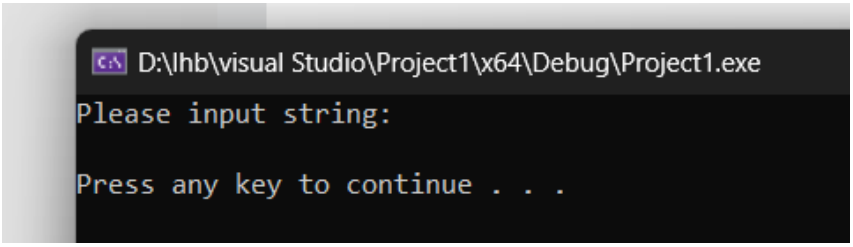


图 9: 解密得到 Please input string:

(2)

```cpp
#include<iostream>
using namespace std;
int main() {
    int a = 0x53;
    int test[13] = { 0x4,0x21,0x3c,0x3d,0x34,0x73,
        0x3f,0x36,0x3d,0x34,0x27,0x3b,0x53 };
    for (int i = 0; i < 13; i++) {
        cout << char(test[i] ^ a);
```

```
    }
    cout << endl;
    return 0;
}
```

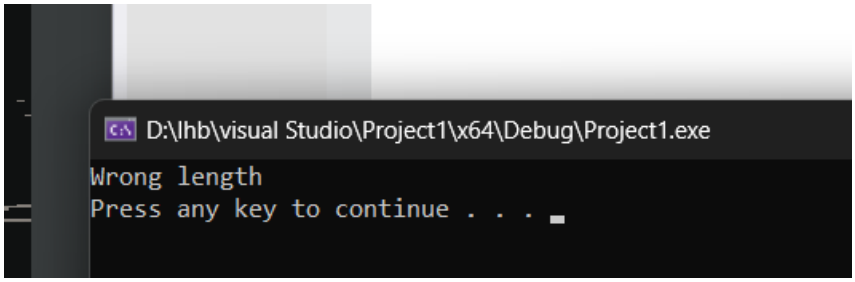


图 10: 解密得到 Wrong length

(3)

```
#include<iostream>
using namespace std;
int main() {
    int a = 0x90;
    int test[7] = { 0xc7,0xe2,0xff,0xfe,0xf7,0xb1,0x90 };
    for (int i = 0; i < 7; i++) {
        cout << char(test[i] ^ a);
    }
    cout << endl;
    return 0;
}
```

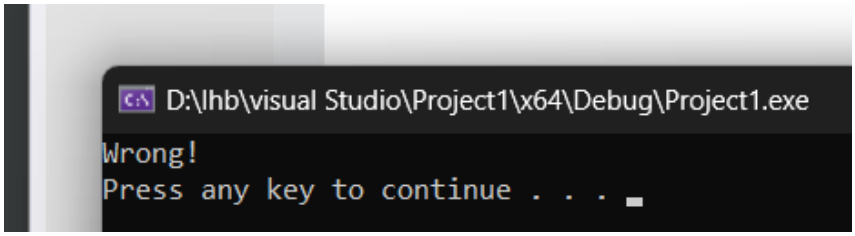


图 11: 解密得到 Wrong!

3.1.4 成功截图

编写 c++ 代码解析出逆向结果:

```cpp
#include<iostream>
using namespace std;
int main() {
    int N = 20;
    int a = 0xa5;
    int test[20] = {0xf1,0xc9,0xe1,0xff,0xe7,0x93,0xf4
    ,0xef,0xd4,0xe8,0xef,0xc0,0xce,0xfc,0xe2,0xd1,0xfd,0xc0,0xf1,0xfc
       };
    for (int i = 0; i < N; i++) {
        cout << char(test[i] ^ a);
    }
    cout << endl;
    return 0;
}
}
```

根据 c++ 程序,我们可以得到结果为"TLDZB6QJqMJekYGtXeTY", 运行 task3.exe 并输入后得到截图:

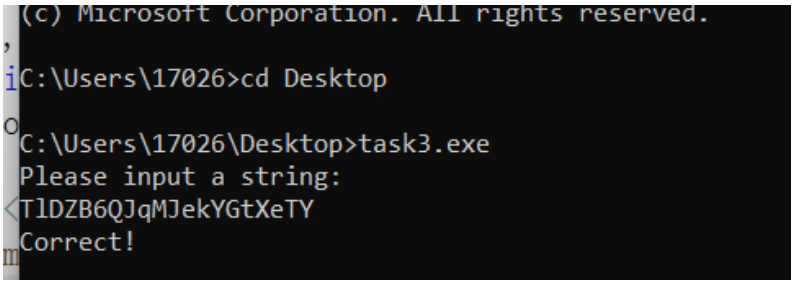


图 12: task3.exe 的成功截图

得到 correct，结果正确。

3.2 task4

3.2.1 反汇编代码和伪 C 代码

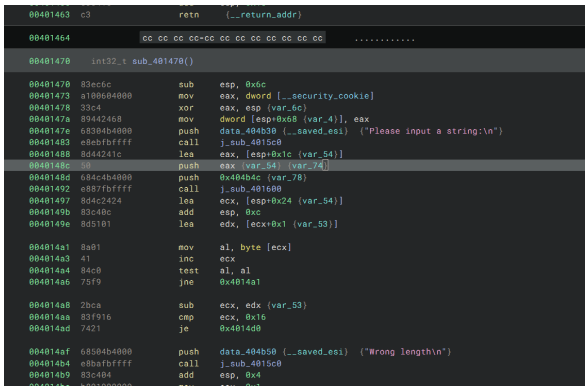


图 13: task4 反汇编代码

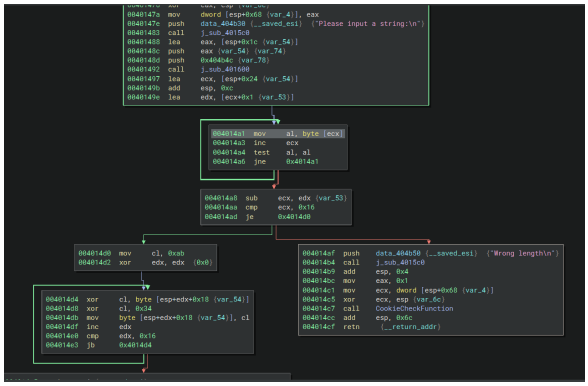


图 14: task4 图形化显示

task4 反汇编伪 C 代码:

```
__security_cookie;
j_sub_4015c0("Please input a string:\n");
void var_54;
void* var_74 = &var_54;
j_sub_401600("%s");
char* ecx = &var_54;
char i;

do
{
    i = *(uint8_t*)ecx;
    ecx = &ecx[1];
} while (i);
uint32_t var_6c;
void var_53;

if (ecx - &var_53 != 0x16)
{
    j_sub_4015c0("Wrong length\n");
    CookieCheckFunction(var_6c);
    return 1;
}

int32_t ecx_1;
(uint8_t)ecx_1 = 0xab;

for (int32_t i_1 = 0; i_1 < 0x16; i_1 += 1)
{
    (uint8_t)ecx_1 ^= *(uint8_t*)(&var_54 + i_1);
    (uint8_t)ecx_1 ^= 0x34;
    *(uint8_t*)(&var_54 + i_1) = (uint8_t)ecx_1;
}
```

图 15: （1）

```
__builtin_memcpy(&var_6c,
    "\xf2\xa7\xf4\xa9\xfe\x95\xd2\x92\xd4\x89\xd3\x80\xeb\xbc\xe0\xb5\xed\xb5\xe4\xbe\x"
"ed\xbc",
    0x16);
int16_t* ecx_4 = &var_54;
uint32_t* edx = &var_6c;
int32_t esi = 0x12;

while (*(uint32_t*)ecx_4 == *(uint32_t*)edx)
{
    ecx_4 = &ecx_4[2];
    edx = &edx[1];
    int32_t temp0_1 = esi;
    esi -= 4;

    if (temp0_1 < 4)
    {
        int32_t eax_3;
        (uint16_t)eax_3 = *(uint16_t*)ecx_4;

        if ((uint16_t)eax_3 != *(uint16_t*)edx)
            break;

        j_sub_4015c0("Correct");
        CookieCheckFunction(var_6c);
        return 0;
    }
}

j_sub_4015c0("Wrong");
CookieCheckFunction(var_6c);
return 1;
```

图 16: （2）

3.2.2 逆向分析

首先输出提示信息，并将用户输入的数据存储在内存空间中。程序通过遍历输入字符串，检测字符串结束符的方式计算输入字符串的实际长度。

判断字符串长度是否为 22。若不为 22，程序直接输出 “Wrong length” 提示信息。

若为 22，则将输入字符串的每一个字符与它的前一个字符进行异或运算，其中第一个字符与 0xab 进行异或运算。随后每个字符再与 0x34 进行一次异或操作，并将得到的新的字符串写回到输入字符串对应位置。

完成上述操作后，程序将得到的新字符串与程序内的一个 22 位字符串逐段进行比较。只要任意一段数据不匹配，程序便立即终止比较过程，并输出 “Wrong” 提示信息。只有当输入数据在全部比较过程中均与参考数据完全一致时，程序输出 “Correct”

在逆向编写 C++ 程序的时候，我们对于 22 次异或运算的操作需要进行反向的编写，具体思路就是用本位与前一位进行异或，再与 0x34 进行异或。第一位的话我们用第一位与 0x34 进行异或，然后与 0xab 进行异或。

正确输入字符串的计算公式为：

$$input[n] = input'[n] \oplus input[n-1] \oplus 0x34, \quad n \geq 2$$

$$input[n] = input'[n] \oplus 0x34 \oplus 0xab, \quad n = 1$$

最终可得正确输入字符串为：

```
magic_string_challenge
```

3.3.3 成功截图

编写 c++ 代码将解析出逆向结果：

```cpp
#include<iostream>
using namespace std;
int main() {
    int a = 0x34;
    int b = 0xab;
    int test[22] = {
        0xf2,0xa7,0xf4,0xa9,0xfe,0x95,0xd2,0x92,0xd4,
        0x89,0xd3,0x80,0xeb,0xbc,0xe0,0xb5,0xed,0xb5,0xe4,0xbe,0xed,0
           xbc
    };
    cout << char(test[0] ^ a ^ b);
    for (int i = 1; i < 22; i++) {
        cout << char(test[i] ^ a^test[i-1]);
    }
    cout << endl;
    system("pause");
    return 0;
}
```

根据 c++ 程序，我们可以得到结果为”magic_string_challenge”, 运行 task4.exe 并输入后得到截图：

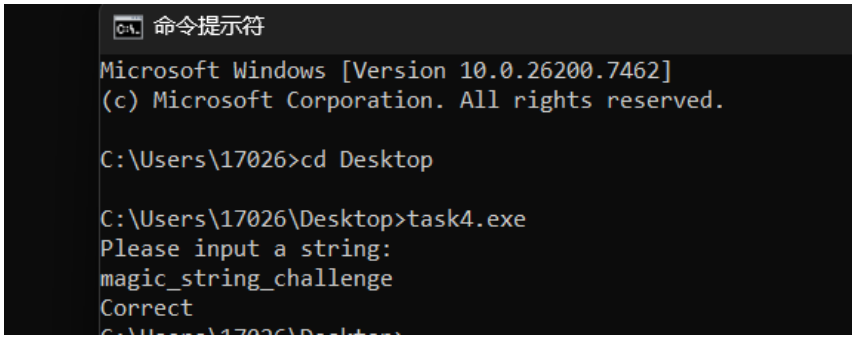


图 17: task4.exe 的成功截图

得到 correct，结果正确。