CTF Code

Writeups

Reverse Engineering

5 октября 2021 г.

Оглавление

Easy

1 Check the license!

Теги: Java, License key

> <условие задачи>

Нам дается программа на Java, которая хочет какую-то лицензию. Самое время ее разреверсить и посмотреть, что же там за лицензия нам нужна. Так как это Java, то можно восстановить исходный код с точностью до имен переменных с помощью любого декомпилятора. В райтапе будет использоваться JD-GUI. После открытия файла видим, что он совсем небольшой и состоит всего из трех классов:

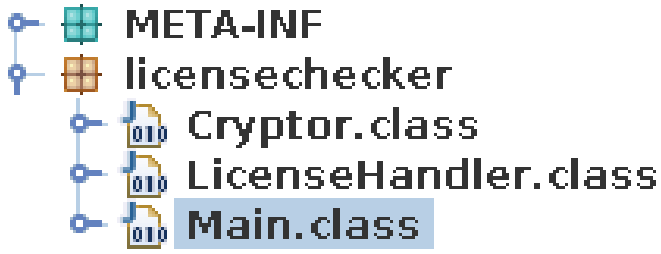


Рис. 1: Java изнутри

После рассмотрения `Main`'а понимаем, что это просто драйвер и ничего связанного с лицензией или ее обработкой не делает. С классом `LicenseHandler` ситуация интереснее, но тоже ничего нужного нам - ни расшифровки, ни каких-либо проверок. Просто чтение из класса и обращение к классу `Cryptor`, который, судя по всему, нам и нужен. Декомпилируем и смотрим:

```
package licensechecker;

public class Cryptor {
  private final byte[] HASH_PATTERN = new byte[] { 9, 67, 23, 83, 16, 70, 28 };

  private final String FLAG = "oren_ctf_z3r0d4y!";

  public String decrypt(byte[] encrypted) {
    StringBuilder msg = new StringBuilder();
    msg.append("oren_ctf_z3r0d4y!".substring(0, 9));
    for (int i = 0; i < 7; i++) {
      char ch = (char)("oren_ctf_z3r0d4y!".charAt(i + 9) ^ this.HASH_PATTERN[i]);
      msg.append(ch);
    }
    msg.append("oren_ctf_z3r0d4y!".charAt(16));
    return msg.toString();
  }

  public boolean hash(byte[] encryptedLicense) {
    if (encryptedLicense.length != 17)
      return false;
    int offset = encryptedLicense.length;
    int last = encryptedLicense.length + 1;
    if (encryptedLicense.length % 2 != 0) {
      offset++;
      last -= 2;
    }
    offset /= 2;
    for (int i = offset; i < last; i++) {
      if (encryptedLicense[i] != this.HASH_PATTERN[i - offset])
        return false;
    }
    return true;
  }
}
```

Рис. 2: Когда создал свою крипту

С первого взгляда флаг лежит прямо перед нами. Но это как-то слишком просто даже для easy-задачи. Посмотрим чуть ниже. Дейсвительно, сначала происходит какая-то проверка хэша. Если посмотреть внимательнее - никаких хешей нет. Сначала проверяем, что длина лицензии 17 символов, потом просто массив байтиков, с 9 по 15 элементы, сверяется с константой `HASH_PATTERN`. После чего в функции `decrypt` собирается флаг - обертка остается без изменений, а вот 7 символов ксорятся с `HASH_PATTERN`. После чего совсем не сложно написать простенький скрипт для ксора или (что еще проще) написать скрипт, который "сгенерирует"лицензию и скормить ее программе:

Листинг 1: Генератор лицензии

```
#!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-

def main():
    xored = ['\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00',
    '\x00', '\x00', '\x09', '\x15', '\x17', '\x0c', '\x10', '\x13',
    '\x1c', '\x00']

    with open('license.bin', 'wb') as licensefile:
```

```
        for xb in xored:
            licensefile.write(bytes(xb, 'utf-8'))


if __name__ == "__main__":
    main()
```

И получаем флаг:

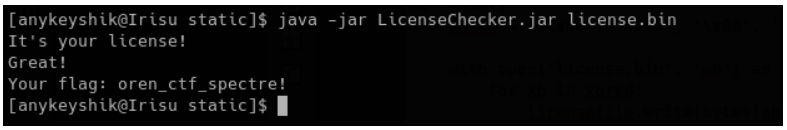


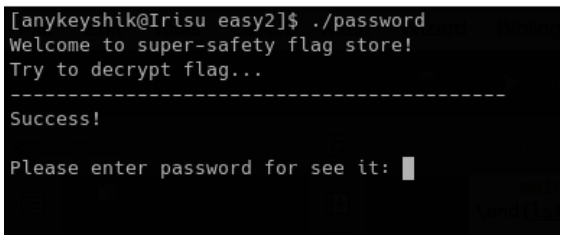
Рис. 3: Привет от Intel'a

2 Guess the password

Теги: C, ELF32, strip, dynamic, several ways of solve

<условие задачи>

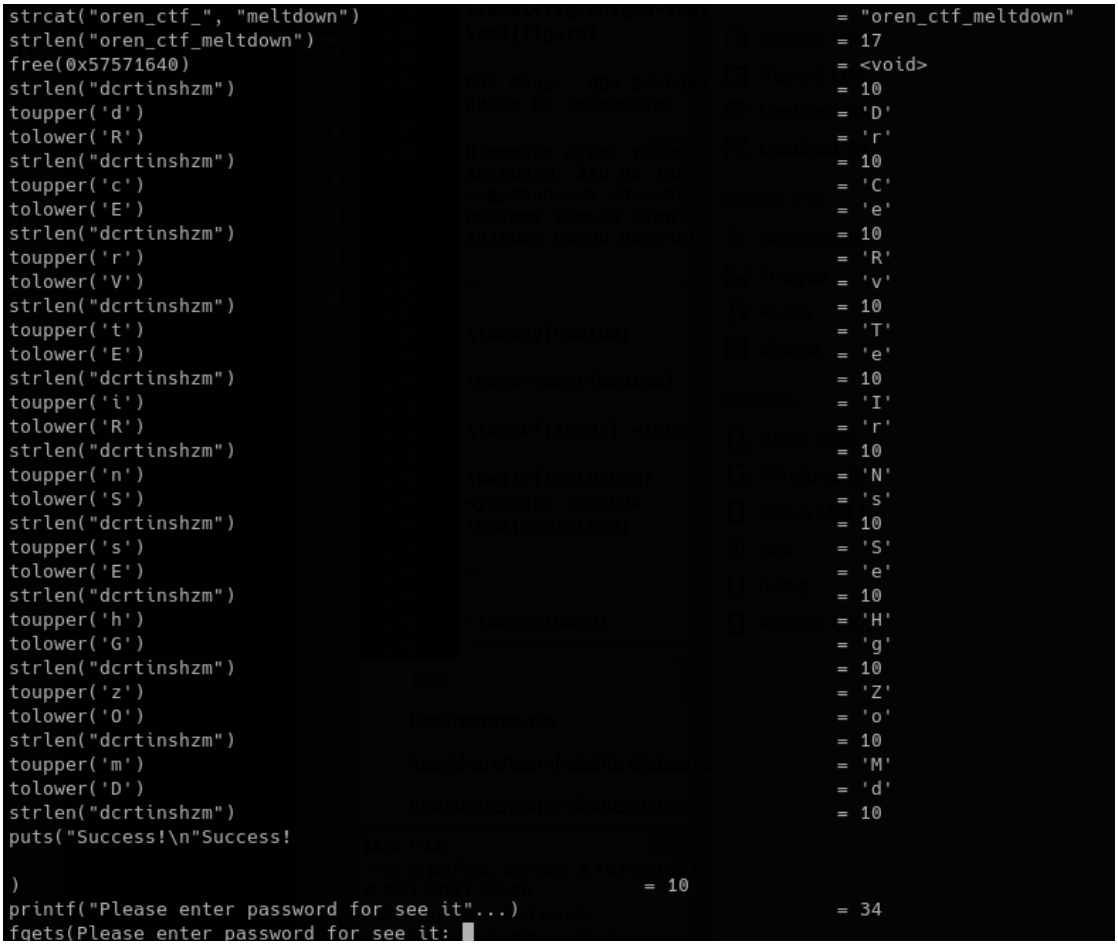
Программа расшифровывает флаг и ждет от нас пароля, чтобы отдать его нам.



Посомтрим, что же в этот момент происходит внутри:

```
lea     eax, (aWelcomeToSuper - 4000h)[ebx] ; "Welcome to super-safety flag store!"
push    eax             ; s
call    _puts
add     esp, 10h
sub     esp, 0Ch
lea     eax, (aTryToDecryptFl - 4000h)[ebx] ; "Try to decrypt flag..."
push    eax             ; s
call    _puts
add     esp, 10h
sub     esp, 0Ch
lea     eax, (asc_22C0 - 4000h)[ebx] ; "----------------------------------------"...
push    eax             ; s
call    _puts
add     esp, 10h
sub     esp, 0Ch
push    [ebp+ptr]
call    sub_18AC
add     esp, 10h
sub     esp, 8
push    [ebp+ptr]       ; int
push    [ebp+var_14]    ; s
call    sub_1AEA
add     esp, 10h
mov     eax, (off_40B0 - 4000h)[ebx] ; "dcrtinshzm"
sub     esp, 4
push    [ebp+s1]        ; int
push    eax             ; s
push    [ebp+ptr]       ; int
call    sub_124D
add     esp, 10h
sub     esp, 0Ch
lea     eax, (aSuccess - 4000h)[ebx] ; "Success!\n"
push    eax             ; s
call    _puts
add     esp, 10h
```

Глядя на этот листинг становится понятно, что действительно вызываются две функции. Судя по всему, одна из них для инициализации ключа, вторая для расшифровки. Таким образом, наш флга лежит в памяти еще до того, как программа спросила пароль. И тут появляется огромное количество возможных решений: к примеру, сдампить процесс, в дебаггере посмотреть содержимое кучи или, самый простой, - воспользоваться утилитой `ltrace`, чтобы отследить все библиотечные вызовы - они тут есть, в этом можно убедиться, если посмотреть, что импортирует программа. Есть второй, более сложный путь решения, - увидеть, что пароль сравнивается с помощью функции `strcmp` и поменять переход `jnz` на `jz` и, таким образом, при вводе неправильного пароля переходить на ветку, где программма печатает флаг. Ниже приведено решение с использованием `ltrace`:



Как бонус, при решении через `ltrace` можно также получить и пароль - это хорошо видно на скриншоте: `reversegod`.
Отдельно стоит упомянуть решение "в лоб" - просто посидеть и прореверсить весь алгоритм. Это не так сложно - в данном случае был использован алгоритм, применявшийся в шифровальных машинах Энигма. Но для простой задачи это очень времязатратная операция, поэтому всегда стоит ставить в соответствие временные затраты и количество баллов, которые можно получить за задачу.

Medium

1 Cryptowallet

Теги: C++, ELF64, strip, dynamic

<условие задачи>

Суть задания - разбор очень простого бинарного формата файла. Анализируем исполняемый файл и понимает, что он парсит файл кошелька довольно простым образом:

- Первым байтом файла является размер зашифрованного логина, который лежит после этого байта.
- Данный байт является инициализирующим значение для генератора гаммы с которой XOR'ится логин.
- Такой же алгоритм используется для пароля.
- Достаточно вытащить пароль и логин из кошелька и открыть его с помощью предоставленного исполняемого файла.
- Теперь мы можем просматривать все поля кошелька, однако нам нужно загрузить свой кошелёк с определённым балансом.
- Разбираем формат кошелька дальше, это не сложно делать, т.к. внутри бинарника есть функция вывода информации о кошельке, что позволяет достаточно просто и быстро определить смещения на поля и увидеть как они обрабатываются.
- Баланс сохраняется в 4 байта после пароля и "шифруется"путём XOR'а с константой 0xdeadbeef
- После загрузки кошелька с верным балансом, скорее всего, будет получено уведомление о том, что количество последних операций должно быть выше 16.
- Операции сохраняются ещё проще. После баланса идёт количество операций, а следующий байт это размер операции, все операции сохраняются таким образом и шифруются XOR'ом с размером.

- После создания операций в необходимом количестве будет получена ошибка, указывающая, что данный кошелёк не приватный. За это отвечает поле "Info".
- Поле Info ксорится с ключом, который формируется из логина и пароля
- Помещаем в поле Info строку "Private"(на это явно указано в сообщении об ошибке от сервера)
- Загружаем кошелёк и покупаем токен.
- Токен - это и есть флаг.

Таким образом, можно написать простой питоновский скрипт, который автоматизирует всю работу и просто "выдаст флаг на блюдечке с голубой коемочкой":

Листинг 2: Генератор кошелька

```
#!/usr/bin/env python2
# -*- coding: utf-8 -*-

import sys
import random
import struct
import re

from pwn import *

BLANCE_KEY = 0xdeadbeef
ALPH = 'qwertyuiopasdfghjklzxcvbnmQWERTYUIOPASDFGHJKLZXCVBNM0123456789'

p32 = lambda val : struct.pack( "!L", val  )
templates = ['debiting from this account %d bitcoins to %s account',
             'crediting from %s to a wallet %d bitcoins']


def idg(size = 16, chars = ALPH):
        return ''.join(random.choice(chars) for _ in range(size))


def GenRandomValue(seed):
    return (seed >> 1) & 0xff


def GenGamma(seed, sz):
    gamma = []

    for i in range(0, sz):
```

```
        value = GenRandomValue(seed)
        seed += value
        gamma.append(value)

    return gamma


def XorStringWithRandomGamma(string):
        res = ''

        seed = len(string)
        gamma = GenGamma(seed, seed)

        for i in range(len(gamma )):
                res += chr(ord(string[i]) ^ gamma[i])

        return res


class Wallet:
        login = None
        password = None
        balance = None
        last_operations = []
        info = None

        def __init__( self, Username, Password, Info ):
                self.login = Username
                self.password = Password
                self.balance = 13371337
                self.gen_random_operations()

                self.info = Info

        def gen_random_operations(self):
                global templates
                for i in range(0, 17):

                        template_id = random.randint(0, 1)

                        if template_id == 0:
                                self.last_operations.append(
                                templates[template_id]
                                % (random.randint(100, 512), idg()))
```

```
                else:
                        self.last_operations.append(
                        templates[template_id]
                        % (idg(), random.randint(100, 512)))

    def pack_operations(self):
            for i in range(len(self.last_operations)):
                    operation = list(self.last_operations[i])

                    for j in range(len(operation)):
                            operation[j] =
                            chr(ord(operation[j]) ^ len(operation))

                    self.last_operations[i] = ''.join(operation)

    def pack_info( self, key ):
            self.info = list(self.info)

            for i in range( len(self.info )):
                    self.info[i] =
                    chr(ord(self.info[i]) ^ ord(key[i % len(key)]))

            self.info = ''.join(self.info)

    def pack_wallet( self ):
            self.pack_operations()

            res = ''
            # Pack login and password
            res += chr(len(self.login))
            res += XorStringWithRandomGamma(self.login)
            res += chr(len(self.password))
            res += XorStringWithRandomGamma(self.password)

            # Write balance
            res += p32(self.balance ^ BLANCE_KEY)

            # Pack all operations
            if len(self.last_operations) > 0:
                    res += chr(len(self.last_operations ))

                    for operation in self.last_operations:
                            res += chr(len( operation ))
                            res += operation
```

```
                else:
                        res += "\x00\x00\x00\x00"

                self.pack_info(self.login + self.password)

                # Pack info
                if len(self.info) > 0:
                        res += chr(len(self.info ))

                        res += self.info
                else:
                        res += "\x00\x00\x00\x00"

                return res.encode('hex')


if __name__ == "__main__":
    if len(sys.argv) > 2:
                host = sys.argv[1]
                port = int(sys.argv[2])
    else:
                print "Usage: " + sys.argv[0] + " <host> <port>"
                sys.exit(-1)

    login = 'AAAABBBBCCCCDDDD'
    password = login * 2

    wallet = Wallet(login, password, 'Private')
    enc_wallet = wallet.pack_wallet()

    r = remote(host, port)

    log.info("Upload wallet")
    r.sendline("2")

    log.info("Send wallet data")
    r.sendline(enc_wallet)

    log.info("Send login")
    r.sendline(login)

    log.info("Send password")
    r.sendline(password)
```

```
log.info("Set as default")
r.sendline("Y")

log.info("Buy token")
r.sendline("3")

r.interactive()
```

В конце концов получаем флаг `oren_ctf_REvil!`

Hard

1 Friendly VM

Теги: Python, VM, Several ways of solve

> <условие задачи>

Нам дана виртуалка и дамп программы. Нужно понять, что же происходит в программе и как можно достать флаг.

Изучение кода виртуальной машины. Немного изучив код класса `VirtualMachine`, можно понять, что виртуальная машина исполняет какие-то ассемблерные инструкции, придуманные автором (на самом деле, основная их часть — это набор инструкций из архитектуры `ARM`). Также из конструктора видно, что аргументом передаётся память для виртуальной машины (та самая, которая дана в условии).

Виртуальная машина (далее ВМ) парсит байты из `memory` в функции `exec`, тем самым понимая какую инструкцию исполнять и с какими операндами (аргументами, если угодно). Из этого можно придти к тому выводу, что нет смысла пытаться искать флаг в коде виртуальной машине. Очевидно, что сама задача состоит в том, чтобы разобраться что исполняет ВМ и каким образом можно получить флаг.

Что же исполняет ВМ. Здесь есть несколько подходов к тому, как понять что исполняет ВМ.

- Ставить дебаг вывод в функции `exec` или в подобных, обрабатывающих ассемблерные инструкции (класс `Assembly`).
- Поставить брейкпоинты на методах класса `Assembly` и смотреть пошагово.

На этом моменте вы можете самостоятельно разобраться в том, что же исполняет ВМ. Я лишь приведу уже готовый ассемблерный код:

```
mov   R0, 10839
puts  R0
mov   R0, 8191
gets  R0          ; enter string from stding
mov   R1, 0
mov   R2, 0

start_len_calc:
```

```
load  R3B, R0
cmp   R3B, 0        ; calculate length of entered string
je    end_len_calc
inc   R0
inc   R1
jmp   start_len_calc

end_len_calc:
cmp   R1, 12        ; entered_str.length == 12
je    correct_len

print_fail_message:
mov   R0, 10639     ; print fail message
puts  R0
exit

correct_len:
mov   R0, 8203
mov   R1, 8202

add_reverse_loop:
cmp   R1, 8191      ; add reversed string to the entered one
jl    end_adding_loop
load  R4, R1
store R4B, R0
dec   R1
inc   R0
jmp   add_reverse_loop

end_adding_loop:
mov   R2, 0         ; null byte to the end of the new string
store R2B, R0
mov   R1, R0
mov   R0, 8191
mov   R4, 0

start_str_encoding:
cmp   R0, R1              ; encode string like that:
je    end_str_encoding    ; str[i] = (str[i] + 4) ^ "konata"[i % 6]
load  R6B, R0             ; get str[i]
add   R6, 4               ; str[i] + 4
mov   R8, R4
add   R8, 10739
load  R7B, R8             ; "konata"[i % 6]
```

```
xor    R6, R7              ; xor them
store R6B, R0              ; put into [R0]
inc    R0
inc    R4
mod    R4, 6
jmp    start_str_encoding

end_str_encoding:
mov R0,    8212
hash_sha1 R0, 9000

mov R0, 9000
mov R1, 10439

strcmp R0, R1
jne print_fail_message

mov R0, 8209
mov R1, 8800

start_middle_substring:
cmp    R0, 8212
je     end_middle_substring
load   R2B, R0
store R2B, R1
inc    R0
inc    R1
jmp    start_middle_substring

end_middle_substring:
mov    R2, 0
store R2, R1

mov R0, 8800
hash_md5 R0, 8900

mov R0, 8900
mov R1, 10339

strcmp R0, R1
jne print_fail_message

mov R0, 8800
mov R1, 8191
```

```
start_prefix_substring:
cmp R1, 8209
je end_prefix_substring
load R2B, R1
store R2B, R0
inc R1
inc R0
jmp start_prefix_substring

end_prefix_substring:
mov R0, 0
store R0B, R1

mov R0, 8800

start_encode_prefix:
cmp R0, 8818
je end_encode_prefix
load R1B, R0
xor R1, 42
store R1B, R0
inc R0
jmp start_encode_prefix

end_encode_prefix:
mov R0, 8800
mov R1, 10239

strcmp R0, R1
jne print_fail_message

flag_decoding:
mov R0, 10539
mov R1, 10545
mov R2, 10551
mov R3, 10557
mov R4, 10563
mov R5, 10569

mov R6, 8800

1_decoding:
cmp R5, 10575     ; decoding is just a
```

```
je 2_decoding     ; reshuffle of blocks of the flag
load R7B, R5
xor R7, 123
store R7B, R6
inc R5
inc R6
jmp 1_decoding

2_decoding:
cmp R3, 10563
je 3_decoding
load R7B, R3
xor R7, 28
store R7B, R6
inc R3
inc R6
jmp 2_decoding

3_decoding:
cmp R4, 10569
je 4_decoding
load R7B, R4
xor R7, 72
store R7B, R6
inc R4
inc R6
jmp 3_decoding

4_decoding:
cmp R1, 10551
je 5_decoding
load R7B, R1
xor R7, 41
store R7B, R6
inc R1
inc R6
jmp 4_decoding

5_decoding:
cmp R2, 10557
je 6_decoding
load R7B, R2
xor R7, 15
store R7B, R6
```

```
inc R2
inc R6
jmp 5_decoding

6_decoding:
cmp R0, 10545
je end_decoding
load R7B, R0
xor R7, 55
store R7B, R6
inc R0
inc R6
jmp 6_decoding

end_decoding:
mov R6, 8800
puts R6          ; print the flag

exit
```

Изучение ассемблерного кода. Если внимательно его почитать, то видно, что сначала просходит ввод строки, длина которой затем сверяется с 12. Если совпадает, то программа переворачивает строку и конкатенирует введёную и перевёрнутую. После этого прибавляет +4 к каждому байту и блочно ксорит сконкатенированную строку со словом `konata`. Результат складывает в `new_string`. Затем происходит 3 валидации:

- `md5(new_string[-3:]) == hardcoded_md5`
- `sha1(new_string[-6:-3]) == hardcoded_sha1`
- `new_string[:-6] == xor(hardcoded_bytes, 42)`

Если все три проверки успешно выполнены, то расшифровывается флаг. Сам алгоритм расшифровки не имеет особого значения при решении, поэтому здесь он не приведён (но увлечённый читатель может возыметь желание изучить этот алгоритм самостоятельно).

Первый вариант решения. Самый первый и очевидный — это просто разобраться в том, что исполняет ВМ и найти такую входную строку, которая бы удволетворяла всем трём условиям. Дла этого необходимо вытащить инструкции до момента последнего сравнения. Это самый сложный путь решения, так как необходимо потратить много времени на вытаскивание инструкций, которых довольно много.

Второй вариант решения. Если предположить/догадаться до того, что флаг зашит где-то в памяти и будет расшифрован в конце, то можно заменить один из условных `jmp` (`jl`, `je`, `jg` и т.д.) на `jmp` в какое-то конкретное место в памяти. Перебрать оффсет для прыжка и в итоге найти место, где начинается расшифровка

флага. Для того, чтобы сделать это быстро, можно написать скрипт на Python, который будет менять оффсет для прыжка в `memory`, а затем запускать `vm.py` и смотреть на вывод.
Третий вариант. Самый простой. Если не углубляться до `jmp`, то можно заметить инструкцию `strcmp`, которая просто сравнивает две строки. Предполагая, что у нас есть валидация для инпута, то можно попробовать на удачу заменить результат `strcmp` на `True` и посмотреть что будет.
Спойлер: В коде для всех валидаций используется эта инструкция, поэтому замена возвращаемого значения на `True` приведёт к успешной валидации и выводу флага. Изначально именно этот способ и предполагался как основной. Таким образом, достаточно легко получить флаг `oren_ctf_Jonathan_James_aka_c0mrade!`

2 Let's GO for cookies

Теги: Go, ELf 64 bit, Web, No strip

<условие задачи>

Даже не стрипанный Golang-бинарь исследовать довольно сложно, но есть пара трюков, которые упростят анализ (в данном случае):

- Т.к. это CTF-таск тут есть довольно простая и понятная идея - получить флаг, не забываем об этом.
- Судя по тому, что там дают адрес сайта, флаг находится на сайте, значит нужно получить доступ к сайту. А бинарь является как раз таки веб-приложением.
- Сразу в поиске функций вводим `main_` и получаем все функции для данного модуля (то есть модуля который писал пользователь). Таким образом мы очень сильно сужаем область исследования.

После этого сразу можно найти функцию `main_check_cookie`. Кажется, что-то интересное. Более того, если посмотреть функцию логина, то становится понятно, что в них нет ничего интересно. По сути залогиниться нельзя, авторизация только через куки. Перед вызовом функции проверки куки, можно отследить, что значение берётся из переменной `asm_dev_test`, теперь мы знаем имя куки-переменной. Функция проверки в целом не сложная, но анализировать её тяжеловато. Из поверхностного анализа можно вынести, что как минимум 2 раза внутри 2ух разных циклов вызывается расчёт контрольной суммы.Определить алгоритм контрольной суммы можно по константам и на данном этапе стоит начинать отладку, потому что в статике такой бинарь анализировать очень больно. С помощью отладчика можно определить, что размер значения куки должны быть 20 байт (есть проверка в начале функции). Далее идёт самый сложный момент, необходимо с помощью отладки и анализа кода

понять, что куки разбивается на 10 частей по 2 байта и от каждой части вычисляется 2-байтная контрольная сумма и помещается в массив. После этого идёт очень похожий код, потому что тоже самое происходит с первыми 10-ю символами куки и в итоге мы имеем два массива с контрольными сумами одинакового размера. После чего эти массивы XOR'ятся и сравниваются с эталонными заложенными в память бинарника. XOR и сравнение происходит в конце функции, а эталонные значения лежат по адресу (0x00000000084E1E0 взято из IDA 7.0). Собрав всё воедино, можно понять, что алгоритм вроде как выглядит стойким, но это не так. Реализуем небольшой брут скрипт для подбора куки:

Листинг 3: Брут куки

```
#!/usr/bin/env python2
# -*- coding: utf-8 -*-

from crccheck.crc import Crc16

if __name__ == "__main__":
        # init crc as X25
    crc_obj = Crc16
    crc_obj._initvalue = 0xffff
    crc_obj._reflect_input = True
    crc_obj._reflect_output = True
    crc_obj._xor_output = 0xffff
    crc_obj._check_result = 0x906E

        # this is values after xor
    valids = [49170, 5086, 13122, 9750, 15377, 20382,
        25550, 29006, 31141, 40445]

    cookie = ''
    valids_idx = 0

    while 1:
        for i in range(20, 127):
            for i1 in range(20, 127):
                test = cookie + chr(i) + chr(i1)

                if len(cookie) > 0:
                    valid_parts = len(cookie) / 2
                    xor_key = crc_obj.calc(bytearray(cookie[valid_parts]))
                else:
                    xor_key = crc_obj.calc(bytearray(chr(i)))

                part_crc = crc_obj.calc(bytearray(test))
```

```
            if valids_idx < len(valids) and
                    (xor_key ^ part_crc) == valids[valids_idx]:
                cookie += chr(i) + chr(i1)
                valids_idx += 1
                print "cur_cookie =", cookie
            elif valids_idx == len(valids):
                print "\nCorrect cookie: ", cookie
                exit(0)
```

Логинимся с кукой на сайт и получаем флаг `oren_ctf_Morris_worm!`