《漏洞利用及渗透测试基础》实验报告

姓名：张洋　　学号：2111460　　班级：信安二班

实验名称：

Angr 应用实例

实验要求：

根据课本 8.4.3 章节，复现 sym-write 示例的两种 angr 求解方法，并就如何使用 angr 以及怎么解决一些实际问题做一些探讨。

实验过程：

1. **安装 Angr**

Windows 下安装 angr。在 windows 系统下安装 python3，添加 python 环境变量。然后，打开命令控制台，使用 PIP 命令安装 angr：pip install angr。

测试安装。输入命令 python，进入 python 界面，然后输入 import angr，如果成功，则说明安装没有问题。

```
(base) D:\>python
Python 3.9.12 (main, Apr  4 2022, 05:22:27) [MSC v.1916 64 bit (AMD64)] :: Anaconda, Inc. on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import angr
>>>
```

2. **Angr 示例**

在 angr-doc 里有各类 Example，展示了 Angr 的用法，比如 cmu_binary_bomb、simple_heap_overflow 等二进制爆破、堆溢出等漏洞挖掘、软件分析的典型案例。下面，我们以 sym-write 为例子，来说明 angr 的用法。

源码 issue.c（详见 angr-doc-master\examples\sym-write\issue.c）如下：

```c
#include <stdio.h>
char u=0;
int main(void)
{
    int i, bits[2]={0,0};
    for (i=0; i<8; i++) {
        bits[(u&(1<<i))!=0]++;
    }
    if (bits[0]==bits[1]) {
        printf("you win!");
    }
    else {
        printf("you lose!");
    }
    return 0;
}
```

1<<i 即将 i 左移一位。&即按位与，for 循环即为将 u 的每一位都取出来比较，如果为 0，则 bit[0]++,否则 bit[1]++。只有当 u 的二进制中 1 的个数与 0 的个数相同时才能胜利。

源码 solve.py（详见 angr-doc-master\examples\sym-write\solve.py）如下：

```
import angr
import claripy

def main():

    # 1. 新建一个工程，导入二进制文件，后面的选项是选择不自动加载依赖项，不会自动载入依赖的库
    p = angr.Project('./issue', load_options={"auto_load_libs": False})

    # 2. 初始化一个模拟程序状态的 SimState 对象 state，该对象包含了程序的内存、寄存器、文件系统数据、符号信息等等模拟运行时动态变化的数据
    # blank_state():可通过给定参数 addr 的值指定程序起始运行地址
    # entry_state():指明程序在初始运行时的状态，默认从入口点执行
    # add_options 获取一个独立的选项来添加到某个 state 中，更多选项说明见 https://docs.angr.io/appendix/options
    # SYMBOLIC_WRITE_ADDRESSES：允许通过具体化策略处理符号地址的写操作
    state = p.factory.entry_state(add_options={angr.options.SYMBOLIC_WRITE_ADDRESSES})

    # 3. 创建一个符号变量，这个符号变量以 8 位 bitvector 形式存在，名称为 u
    u = claripy.BVS("u", 8)
    # 把符号变量保存到指定的地址中，这个地址是就是二进制文件中.bss 段 u 的地址
    state.memory.store(0x804a021, u)

    # 4. 创建一个 Simulation Manager 对象，这个对象和我们的状态有关系
    sm = p.factory.simulation_manager(state)

    # 5. 使用 explore 函数进行状态搜寻，检查输出字符串是 win 还是 lose
    # state.posix.dumps(1)获得所有标准输出
    # state.posix.dumps(0)获得所有标准输入
    def correct(state):
        try:
            return b'win' in state.posix.dumps(1)
        except:
            return False
    def wrong(state):
        try:
            return b'lose' in state.posix.dumps(1)
        except:
            return False
    # 进行符号执行得到想要的状态，即得到满足 correct 条件且不满足 wrong 条件的 state
    sm.explore(find=correct, avoid=wrong)
```

```
    # 也可以写成下面的形式，直接通过地址进行定位
    # sm.explore(find=0x80484e3, avoid=0x80484f5)
    # 获得到 state 之后，通过 solver 求解器，求解 u 的值
    # eval_upto(e, n, cast_to=None, **kwargs) 求解一个表达式指定个数个可能的求解方案 e - 表达式 n - 所需解决方案的数量
    # eval(e, **kwargs) 评估一个表达式以获得任何可能的解决方案。 e - 表达式
    # eval_one(e, **kwargs) 求解表达式以获得唯一可能的解决方案。 e - 表达式
    return sm.found[0].solver.eval_upto(u, 256)

if __name__ == '__main__':
    # repr()函数将 object 对象转化为 string 类型
    print(repr(main()))
```

上述代码定义了一个 main 函数。

整个 python 程序将执行 print(repr(main()))语句，进而，将 main 函数的返回值打印出来，repr()函数将 object 对象转化为 string 类型。

在上述 Angr 示例中，几个关键步骤如下：

（1）新建一个 Angr 工程，并且载入二进制文件。auto_load_libs 设置为 false，将不会自动载入依赖的库，默认情况下设置为 false。如果设置为 true，转入库函数执行，有可能给符号执行带来不必要的麻烦。

（2）初始化一个模拟程序状态的 SimState 对象 state（使用函数 entry_state()），该对象包含了程序的内存、寄存器、文件系统数据、符号信息等等模拟运行时动态变化的数据。此外，也可以使用函数 blank_state()初始化模拟程序状态的对象 state，在该函数里可通过给定参数 addr 的值指定程序起始运行地址。

（3）将要求解的变量符号化，注意这里符号化后的变量存在二进制文件的存储区。

（4）创建模拟管理器（Simulation Managers）进行程序执行管理。初始化的 state 可以经过模拟执行得到一系列的 states，模拟管理器 sm 的作用就是对这些 states 进行管理。

（5）进行符号执行得到想要的状态，得到想要的状态。上述程序所表达的状态就是，符号执行后，源程序里打印出的字符串里包含 win 字符串，而没有包含 lose 字符串。在这里，状态被定义为两个函数，通过符号执行得到的输出 state.posix.dumps(1)中是否包含 win 或者 lose 的字符串来完成定义。

这里也可以用 find=0x80484e3, avoid=0x80484f5 来代替，即通过符号执行是否到达特定代码区的地址。使用 IDA 反汇编可知 0x80484e3 是 printf("you win!")对应的汇编语句；0x80484f5 则是 printf("you lose!")对应的汇编语句。

（6）获得到 state 之后，通过 solver 求解器，求解 u 的值。这里有多个函数可以使用，eval_upto(e, n, cast_to=None, **kwargs) 求解一个表达式多个可能的求解方案，e-表达式，n-所需解决方案的数量；eval(e, **kwargs) 评估一个表达式以获得任何可能的解决方案；eval_one(e, **kwargs)求解表达式以获得唯一可能的解决方案。

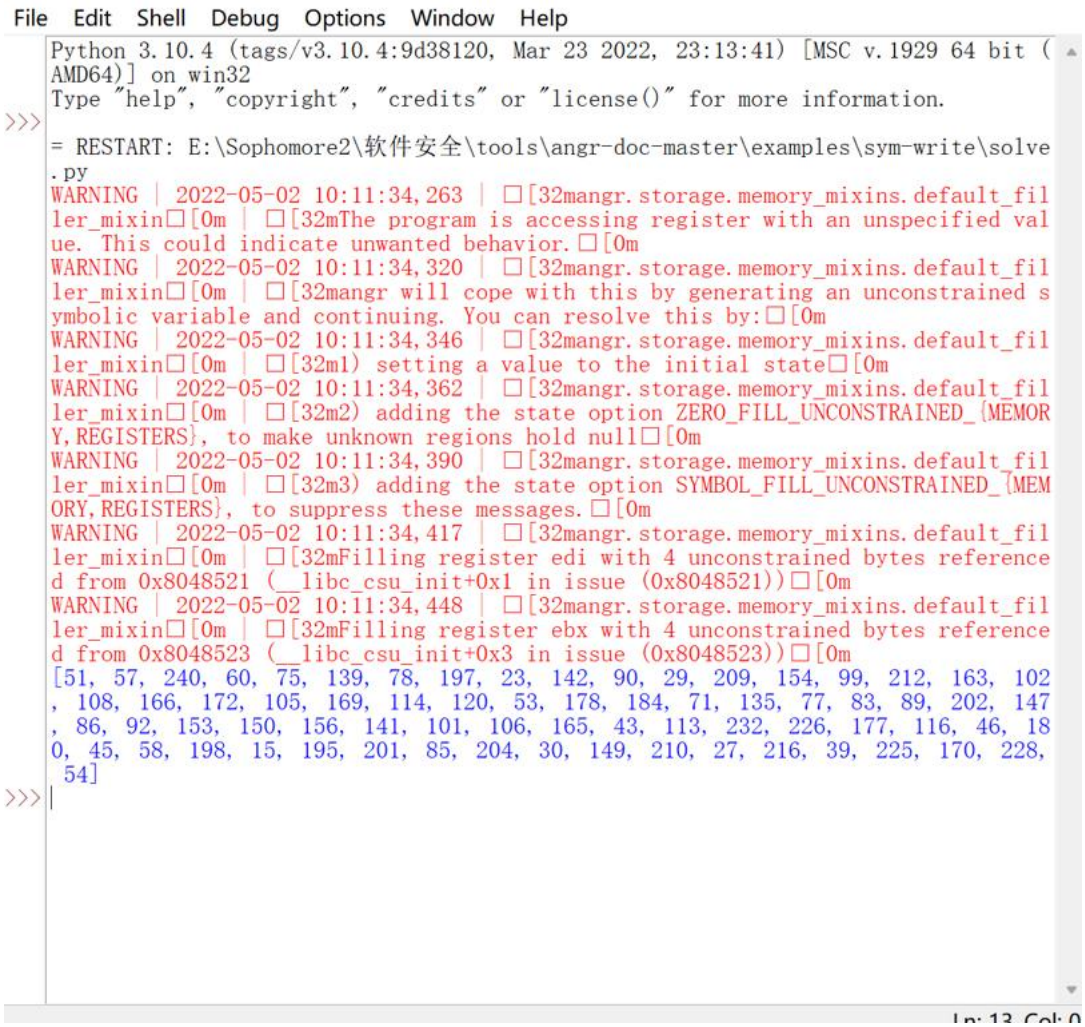
实验验证。在 windows 环境下，选择填写的 solve.py，点右键选择 Edit with IDLE ，将弹出界面：

File Edit Format Run Options Window Help

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

'''
Author: xoreaxeaxeax
Modified by David Manouchehri <manouchehri@protonmail.com>
Original at https://lists.cs.ucsb.edu/pipermail/angr/2016-August/000167.html
The purpose of this example is to show how to use symbolic write addresses.
'''

import angr
import claripy

def main():
        p = angr.Project('./issue', load_options={"auto_load_libs": False})

        # By default, all symbolic write indices are concretized.
        state = p.factory.entry_state(add_options={angr.options.SYMBOLIC_WRITE_A

        u = claripy.BVS("u", 8)
        state.memory.store(0x804a021, u)

        sm = p.factory.simulation_manager(state)

        def correct(state):
                try:
                        return b'win' in state.posix.dumps(1)
                except:
                        return False
        def wrong(state):
                try:
                        return b'lose' in state.posix.dumps(1)
                except:
                        return False

        sm.explore(find=correct, avoid=wrong)

        # Alternatively, you can hardcode the addresses.
        # sm.explore(find=0x80484e3, avoid=0x80484f5)
```

Ln: 1 Col: 0

选择 Run -> run model，界面如下：



蓝色部分，就是输出的 u 的求解的结果，因为我们采用了 eval_upto 函数，给出了多个解，对每个解我们都可以带入源程序进行验证。

其他解法。对于上述程序，我们也可以采用下面的代码来进行求解：

```
#!/usr/bin/env python
# coding=utf-8
import angr
import claripy
def hook_demo(state):
    state.regs.eax = 0

p = angr.Project("./issue", load_options={"auto_load_libs": False})
# hook 函数：addr 为待 hook 的地址
#hook 为 hook 的处理函数，在执行到 addr 时，会执行这个函数，同时把当前的 state 对象作为参数传递过去
#length 为待 hook 指令的长度，在执行完 hook 函数以后，angr 需要根据 length 来跳过这条指令，执行下一条指令
# hook 0x08048485 处的指令（xor eax,eax），等价于将 eax 设置为 0
# hook 并不会改变函数逻辑，只是更换实现方式，提升符号执行速度
```

```
p.hook(addr=0x08048485, hook=hook_demo, length=2)
state = p.factory.blank_state(addr=0x0804846B,
add_options={"SYMBOLIC_WRITE_ADDRESSES"})
u = claripy.BVS("u", 8)
state.memory.store(0x0804A021, u)
sm = p.factory.simulation_manager(state)
sm.explore(find=0x080484DB)
st = sm.found[0]

print(repr(st.solver.eval(u)))
```

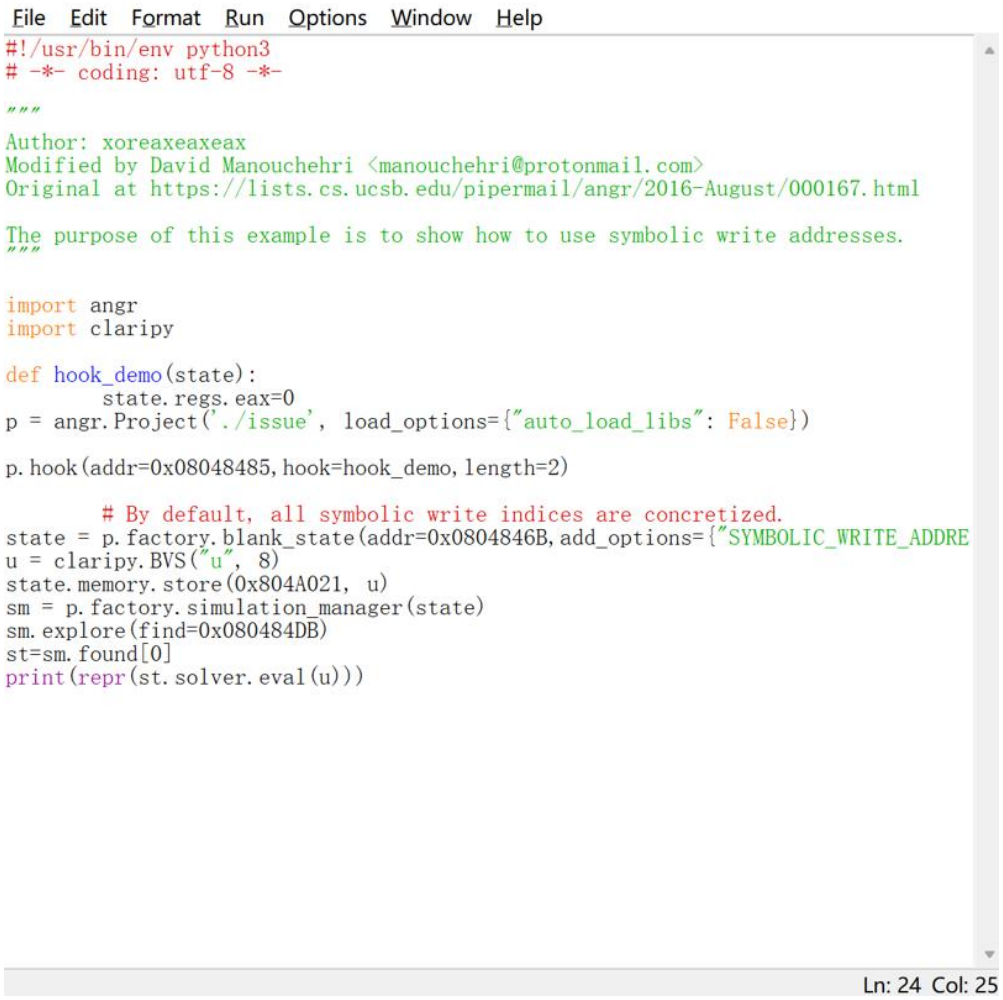
上述代码与前面的解法有三处区别：

采用了 hook 函数，将 0x08048485 处的长度为 2 的指令通过自定义的 hook_demo 进行替代，功能是一致的，原始 xor eax, eax 和 state.regs.eax = 0 是相同的作用， 这里只是演示，可以将一些复杂的系统函数调用，比如 printf 等，可以进行 hook， 提升符号执行的性能。

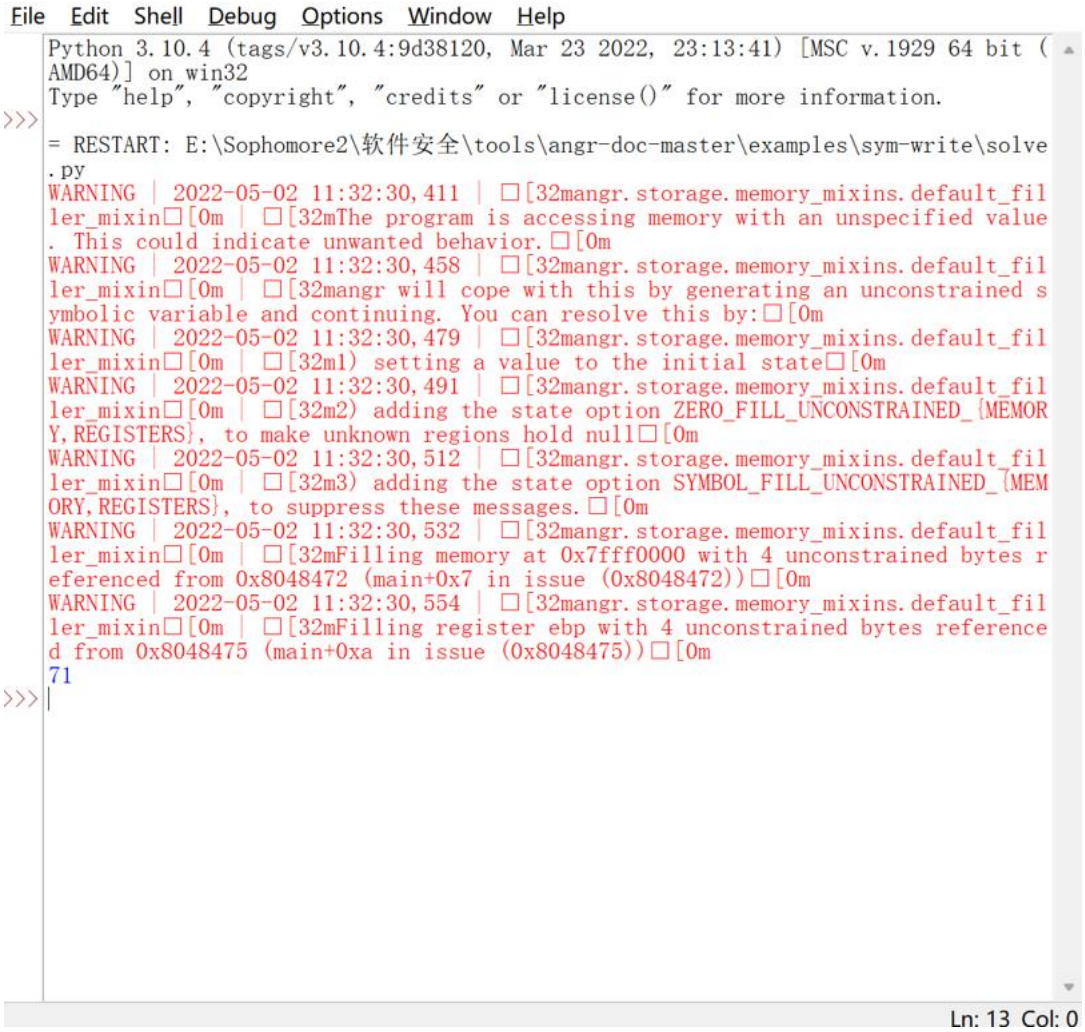
进行符号执行得到想要的状态，有变化，变更为 find=0x080484DB。因为源程序 win 和 lose 是互斥的，所以，只需要给定一个 find 条件即可。

最后，eval(u)替代了原来的 eval_upto，将打印一个结果出来。

实验验证：



运行结果为：



3. 如何使用 angr

使用 angr 可以分为三个步骤：加载二进制文件、定义分析目标、运行分析。

首先，使用`angr.Project()`函数加载二进制文件。接下来，定义分析目标。angr 支持符号执行、静态分析、动态分析等多种分析方式，具体使用方式可以参考官方文档。最后，运行分析。在符号执行的情况下，可以使用`simulation.explore()`函数进行分析。在静态分析和动态分析的情况下，可以使用不同的函数进行分析。

4. 利用 angr 解决一些实际问题

在实际问题中，angr 可以用于漏洞挖掘、二进制加固、漏洞利用等多个方面。以下是一些实际问题的解决思路：

(1)漏洞挖掘：使用符号执行技术，通过构造特殊的输入，找到程序中存在的漏洞。例如，可以使用`simulation.found`属性找到满足某个条件的输入。

(2)二进制加固：通过修改二进制文件中的代码，使其难以被攻击者利用。例如，可以使用 angr 对二进制文件进行静态分析，找到其中存在的漏洞，并进行相应的修复。

(3)漏洞利用：通过对目标程序进行动态分析，找到程序中存在的漏洞，并构造特殊的输入，从而实现攻击。例如，可以使用 angr 对目标程序进行动态分析，找到某个关键点并修改其行为，从而实现攻击。

心得体会：

本次实验的主要内容是基于 angr 工具实现对二进制程序的动态分析。具体而言，我复现了 sym-write 示例的两种 angr 求解方法。

在实验过程中，我学习到了如何使用 angr 进行符号执行，如何将符号执行与约束求解结合起来进行二进制程序分析。在实际应用中，我们还探讨了如何应对 angr 工具可能遇到的问题，例如路径爆炸问题、符号执行不支持的指令以及路径合并等问题。

通过本次实验，我深刻认识到 angr 作为一款开源工具，可以帮助我们轻松地进行二进制程序分析，尤其在 CTF 比赛等安全领域中，angr 工具是非常有用的。同时，我也认识到 angr 在使用过程中可能会遇到一些问题，这需要我们在使用时更加小心谨慎，避免出现不必要的错误和漏洞。

总之，这次实验让我对 angr 工具有了更深刻的理解，也增加了我在安全领域的实践能力和技能水平。