哈爾濱工業大學

实验报告

实 验（三）

题　　目　Binary Bomb

　　二进制炸弹

专　　业　计算机专业

学　　号　1190200501

班　　级　1903002

学　　生　林燕燕

指 导 教 师　郑贵滨

实 验 地 点　G709

实 验 日 期　2021.04.23

计算机科学与技术学院

目 录

第 1 章 实验基本信息

1.1 实验目的

熟练掌握计算机系统的 ISA 指令系统与寻址方式
熟练掌握 Linux 下调试器的反汇编调试跟踪分析机器语言的方法
增强对程序机器级表示、汇编语言、调试器和逆向工程等的理解

1.2 实验环境与工具

1.2.1 硬件环境

X64 CPU；1.6GHz；8G RAM；256G SSD Disk；1T HDD Disk

1.2.2 软件环境

Windows10 64 位；Vmware 14pro；Ubuntu 20.04.2 LTS 64 位

1.2.3 开发工具

Visual Studio Code 64 位；vim/gpedit+gcc

1.3 实验预习

- 请写出 C 语言下包含字符串比较、循环、分支（含 switch）、函数调用、递归、指针、结构、链表等的例子程序 sample.c。
- 生成执行程序 sample.out。
- 用 gcc －S 或 CodeBlocks 或 GDB 或 OBJDUMP 等，反汇编，比较。
- 列出每一部分的 C 语言对应的汇编语言。
- 修改编译选项-O (缺省 2)、O0、O1、O2、O3，-m32/m64。再次查看生成的汇编语言与原来的区别。
- 注意 O1 之后无栈帧，EBP 做别的用途。-fno-omit-frame-pointer 加上栈指针。
- GDB 命令详解 －tui 模式 ^XA 切换 layout 改变等等
- 有目的地学习: 看 VS 的功能 GDB 命令用什么？

第 2 章 实验环境建立

2.1 Ubuntu 下 CodeBlocks 反汇编（10 分）

CodeBlocks 运行 hellolinux.c。反汇编查看 printf 函数的实现。

要求：C、ASM、内存(显示 hello 等内容)、堆栈（call printf 前）、寄存器同时在一个窗口。

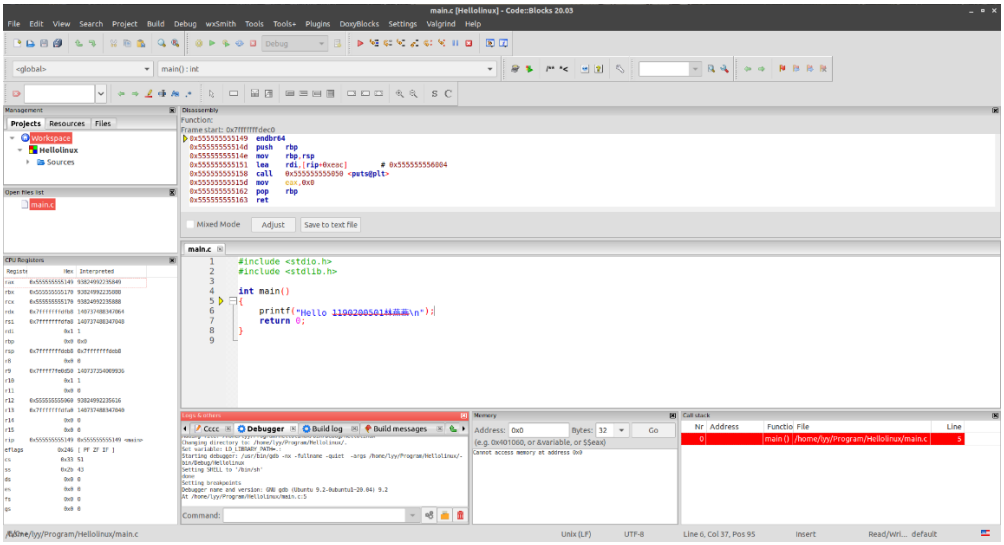


图 2-1 Ubuntu 下 CodeBlocks 反汇编截图

2.2 Ubuntu 下 EDB 运行环境建立（10 分）

用 EDB 调试 hellolinux.c 的执行文件，截图，要求同 2.1

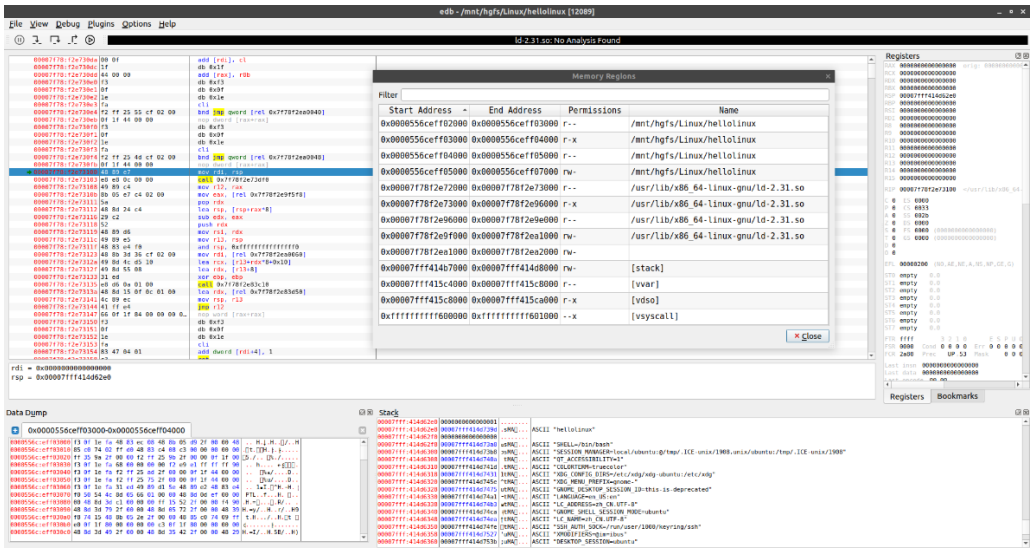


图 2-2 Ubuntu 下 EDB 截图

第 3 章 各阶段炸弹破解与分析

每阶段 15 分（密码 10 分，分析 5 分），总分不超过 80 分

3.1 阶段 1 的破解与分析

密码如下：Public speaking is very easy.

破解过程：

对 bomb 进行反汇编得到汇编代码，查看代码在 main 函数中找到 phase_1 函数位置：

```
962     4012fb: e8 83 06 00 00        callq  401983 <read_line>
963     401300: 48 89 c7              mov    %rax,%rdi
964     401303: e8 f1 00 00 00        callq  4013f9 <phase_1>
965     401308: e8 a1 07 00 00        callq  401aae <phase_defused>
966     40130d: bf f8 30 40 00        mov    $0x4030f8,%edi
967     401312: e8 49 fd ff ff        callq  401060 <puts@plt>
```

继续查找 phase_1 的位置：

```
1019   00000000004013f9 <phase_1>:
1020     4013f9: 55                    push   %rbp
1021     4013fa: 48 89 e5              mov    %rsp,%rbp
1022     4013fd: be 4c 31 40 00        mov    $0x40314c,%esi
1023     401402: e8 22 04 00 00        callq  401829 <strings_not_equal>
1024     401407: 85 c0                 test   %eax,%eax
1025     401409: 75 02                 jne    40140d <phase_1+0x14>
1026     40140b: 5d                    pop    %rbp
1027     40140c: c3                    retq
1028     40140d: e8 13 05 00 00        callq  401925 <explode_bomb>
1029     401412: eb f7                 jmp    40140b <phase_1+0x12>
```

从键盘输入或文件读取的字符串存入 rdi，esi 存放用于比对的字符串，地址在 0x40314c：

```
1022     4013fd: be 4c 31 40 00        mov    $0x40314c,%esi
```

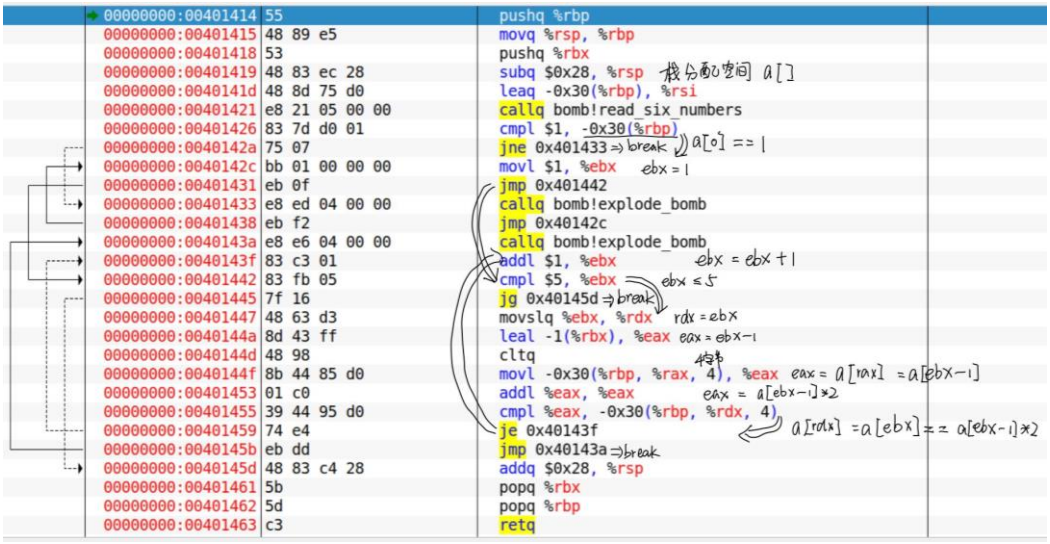
```
2591     403149: 65 2e 00 50 75        gs add %dl,%cs:0x75(%rax)
2592     40314e: 62                    (bad)
2593     40314f: 6c                    insb   (%dx),%es:(%rdi)
2594     403150: 69 63 20 73 70 65 61  imul   $0x61657073,0x20(%rbx),%esp
2595     403157: 6b 69 6e 67           imul   $0x67,0x6e(%rcx),%ebp
2596     40315b: 20 69 73              and    %ch,0x73(%rcx)
2597     40315e: 20 76 65              and    %dh,0x65(%rsi)
2598     403161: 72 79                 jb     4031dc <array.3403+0x1c>
2599     403163: 20 65 61              and    %ah,0x61(%rbp)
2600     403166: 73 79                 jae    4031e1 <array.3403+0x21>
2601     403168: 2e 00 00              add    %al,%cs:(%rax)
```

由 16 进制机器码可得 esi 存放字符串十六进制数为 50 75 62 6c 69 63 20 73 70 65 61 6b 69 6e 67 20 69 73 20 76 65 72 79 20 65 61 73 79 2e 00 00，转换为 ASCII 码得到 Public speaking is very easy. ，即为密码。

3.2 阶段 2 的破解与分析

密码如下：1 2 4 8 16 32

破解过程：

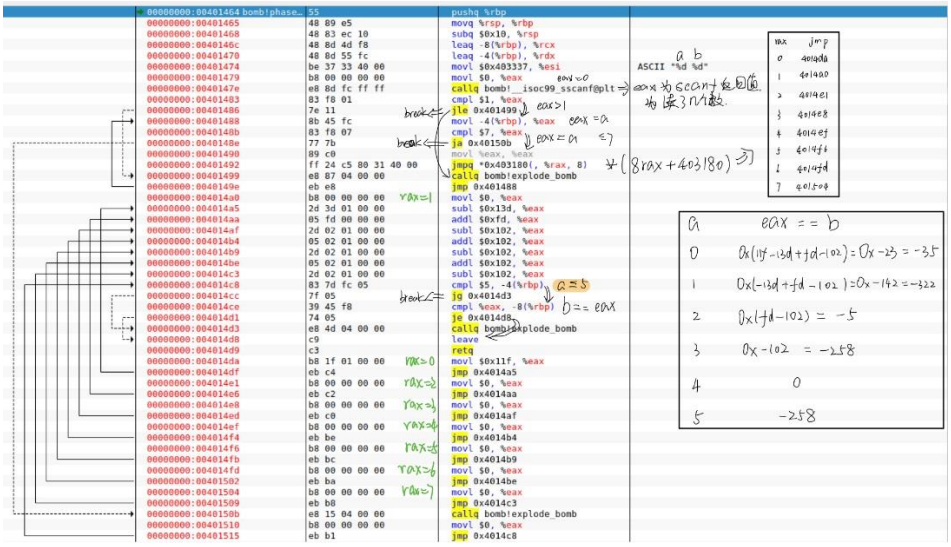


phase2 中要求输入 6 个数，输入采用循环，且存在 $addl\ \%eax,\%eax$ 表示后一个数为前一个数的两倍，又有 $cmpl\ \$1,-0x30(\%rbp)$ 表示第一个数为 1，则密码为：1 2 4 8 16 32

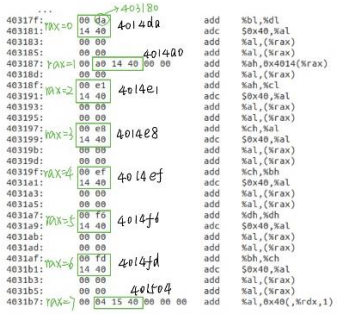
3.3 阶段 3 的破解与分析

密码如下：0 -35 或 1 -322 或 2 -5 或 3 -258 或 4 0 或 5 -258 (六组密码)

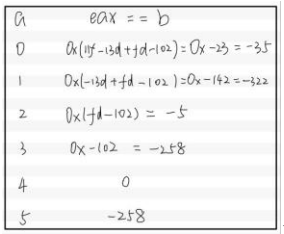
破解过程：



phase3 中输入两个数字 a b，a 要求小于等于 7 即 0~7，有 $jmpq * 0x403180(,\%rax,8)$ 计算数据地址，找到代码段，如下图，rax = a



得到跳转地址，又有 `cmp $5, -4(%rbp)` `jg 0x4014d3` ，则 a <= 5 ，得到密码有：



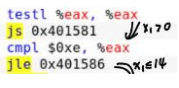
共六组密码。

3.4 阶段 4 的破解与分析

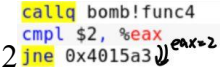
密码如下：4 2 或 5 2 (两组密码)

破解过程：

phase4 中输入两个数 x1 x2，x1 要大于 0 且小于等于 14



，接着对 edx esi edi 赋值，传 func4，而 func4 的返回值要是 2



。

进入 func4，计算得到$eax = ((edx - esi + (((unsigned)(edx - esi)) >> 31)) >> 1) + esi$，将 eax 与 edi 即 x1 进行比较，按情况赋值进行递归，测试代码如下

```
#include <stdio.h>
int x1;
int eax;
int func4(int edx,int esi){
    eax = ((edx - esi + (((unsigned)(edx - esi))>>31))>>1) + esi;
    int text = eax - x1;
    if(text > 0)    {
        edx = eax - 1;
        func4(edx,esi);
        eax = eax * 2;
    }
    else if(text < 0){
        esi = eax + 1;
        func4(edx,esi);
        eax = 1 + eax * 2;
    }
```

```
    else{
        eax = 0;
    }
    return 0;
}
int main(){
    for(x1 = 1;x1 <= 14;x1++)    {
        func4(14,0);
        if(eax == 2){
            printf("x1 = %d\n",x1);
        }
    }
    return 0;
}
```

返回 eax 需为 2，计算结果为 x1 = 4 / x1 = 5，即 x1=4 或 5，又

```
cmpl $2, -8(%rbp)
je 0x4015a8   x2 = 2
callq bomb!explode_bomb
leave
retq
```

，即 x2 = 2，则密码为 4 2, 5 2 两组。

3.5 阶段 5 的破解与分析

密码如下：

破解过程：

3.6 阶段 6 的破解与分析

密码如下：

破解过程：

3.7 阶段 7 的破解与分析(隐藏阶段)

密码如下：

破解过程：

第 4 章 总结

4.1 请总结本次实验的收获

本次实验使我熟悉了计算机系统的 ISA 指令系统与寻址方式，加深了对反汇编程序的理解。在拆弹的过程中更加深刻地学习了各种反汇编代码，拆弹过程也很有趣。

4.2 请给出对本次实验内容的建议

希望可以更有趣些。

注：本章为酌情加分项。

参考文献

[1] 林来兴. 空间控制技术[M]. 北京：中国宇航出版社，1992：25-42.

[2] 辛希孟. 信息技术与信息服务国际研讨会论文集：A 集[C]. 北京：中国科学出版社，1999.

[3] 赵耀东. 新时代的工业工程师[M/OL]. 台北：天下文化出版社，1998 [1998-09-26]. http://www.ie.nthu.edu.tw/info/ie.newie.htm（Big5）.

[4] 谌颖. 空间交会控制理论与方法研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，1992：8-13.

[5] KANAMORI H. Shaking Without Quaking[J]. Science，1998，279（5359）：2063-2064.

[6] CHRISTINE M. Plant Physiology: Plant Biology in the Genome Era[J/OL]. Science，1998，281：331-332[1998-09-23]. http://www.sciencemag.org/cgi/collection/anatmorp.