

链接章节课后作业

一、课本练习题 7.8、7.12 「写在后面」

二、判断题

/* 编译系统 */

1. (✓) c 语言的编译步骤依次是预处理、编译、汇编、链接。其中，预处理阶段主要完成的两件事情是头文件包含和宏展开。
2. (✓) 假设当前目录下已有可重定位模块 main.o 和 sum.o，为了链接得到可执行文件 prog，可以使用指令 `ld -o prog main.o sum.o`

/* 静态链接 */

3. (✗) 链接时，链接器会拷贝静态库(.a)中的所有模块(.o)。 *匹配只发生在库中*
4. (✓) 链接时，如果所有的输入文件都是.o 或.c 文件，那么任意交换输入文件的顺序都不会影响链接是否成功。
5. (✗) c 程序中的全局变量不会被编译器识别成局部符号。 *static*

/* 动态链接 */

6. (✓) 动态链接可以在加载时或者运行时完成，并且由于可执行文件中不包含动态链接库的函数代码，使得它比静态库更节省磁盘上的储存空间。
7. (✗) 动态库可以不编译成位置无关代码。
8. (✗) 通过 *代码段* 的全局偏移量表 GOT 和 *数据段* 的过程链接表 PLT，动态链接器可以完成延迟绑定 (lazy binding)。

/* 加载 */

9. (✓) *库地址* _start 函数是程序的入口点。
10. (✓) ASLR 不会影响代码段和数据段间的相对偏移，这样位置无关代码才能正确使用。

/* static 和 extern 关键字 */

11. (✓) 函数内的被 static 修饰的变量将分配到静态存储区，其 跨过程调用值 仍然保持。
12. (✓) 变量声明默认不带 extern 属性，但函数原型声明默认带 extern 属性。

三、有下面两个程序。将它们先分别编译为.o 文件，再链接为可执行文件。

```
// m.c
#include <stdio.h>
```

```
void foo(int *);
```

```
int buf[2] = {1,2};
```

```
int main() {
    foo(buf);
    printf("%d %d", buf[0],buf[1]);
    return 0;
}
```

```
// foo.c
```

```
extern int buf[];
int *bufp0 = &buf[0];
int *bufp1;
```

```
void foo() {
    static int count = 0;
    int temp;
    bufp1 = &buf[1];
    temp = *bufp0;
    *bufp0 = *bufp1;
    *bufp1 = temp;
    count++;
}
```

Part A. 请填写 foo.o 模块的符号表。如果某个变量不在符号表中，那么在名字那一栏打×；如果它在符号表中的名字含有随机数字，那么请用不同的四位数字区分多个不同的符号。对于局部符号，不需要填强符号一栏。

变量名	符号表中的名字	局部符号?	强符号?	所在 section
buf	buf	X	✓	.data
bufp0	bufp0	X	✓	.data
bufp1	bufp1	X	X	COMMON
temp	X	X	X	X
count	count-1797	✓	X	.bss

Part B. 使用 gcc foo.c m.c 生成 a.out。其节头部表部分信息如下。已知符号表中 Size 列是十进制，且 Ndx 和 Nr 都是指节索引。请补充空缺的内容。

Section Headers:					
[Nr]	Name	Type	Address	Offset	Size
[1]	.interp	PROGBITS	00000000000002a8	000002a8	000000000000001c
[14]	.text	PROGBITS	0000000000001050	00001050	0000000000000205
[16]	.rodata	PROGBITS	0000000000002000	00002000	000000000000000a
[23]	.data	PROGBITS	0000000000004000	00003000	0000000000000020
[24]	.bss	NOBITS	0000000000004020	00003020	0000000000000010

Symbol Table:						
Num:	Value	Size	Type	Bind	Ndx	Name
35:	0000000000004024	4	OBJECT	LOCAL	24	count.1797
54:	0000000000004010	8	OBJECT	GLOBAL	23	bufp0
59:	000000000000115a	78	FUNC	GLOBAL	14	foo
62:	0000000000004018	8	OBJECT	GLOBAL	23	buf
64:	00000000000011a8	54	FUNC	GLOBAL	14	main
68:	0000000000004028	8	OBJECT	GLOBAL	24	bufp1
51:	0000000000000000	0	FUNC	GLOBAL	UND	printf@@GLIBC_2.2.5

Part C. 接 Part B 回答以下问题。

a) 读取 .interp 节，发现是一个可读字符串 /lib64/ld-linux-x86-64.so.2。

b) .bss 节存储时占用空间为 0 字节，运行时占用的空间为 16 字节。

Part D. 接 Part B, 通过 objdump -dx m.o 我们看到如下重定位信息。

0000000000000000 <main>:			
0:	55	push %rbp	
...			
10:	8b 15 00 00 00 00	mov 0x0(%rip),%edx # 16 <main+0x16>	
		12: R_X86_64_PC32	buf 4018
...			
1e:	48 8d 3d 00 00 00 00	lea 0x0(%rip),%rdi # 25 <main+0x25>	
		21: R_X86_64_PC32	.rodata-0x4
...			
2a:	e8 00 00 00 00	callq 2f <main+0x2f>	
		2b: R_X86_64_PLT32	printf-0x4
...			

假设链接器生成 a.out 时已经确定：m.o 的 .text 节在 a.out 中的起始地址

addbuf = value

refadd = 11b8 + 2 = 11ba

index = addbuf - 4 - 11ba

$$\begin{aligned}
 & * \text{refptr} = \text{address} \\
 & = \text{value} - 1102 \\
 & = 2054
 \end{aligned}$$

为 ADDR(.text)=0x11a8。请写出重定位后的对应于 main+0x10 位置的代码。

~~11b8~~: 8b 15 ~~2a 2e 00 00~~ mov 0x~~2e0a~~(%rip),%edx

而 main+0x1e 处的指令变成:

11c6: 48 8d 3d 37 0e 00 00 lea 0xe37(%rip),%rdi

$$2 - 4 - 1109 = 237$$

可见字符串 “%d %d” 在 a.out 中的起始地址是 0x~~2004~~。

Part E. 使用 objdump -d a.out 可以看到如下 .plt 节的代码。

```

Disassembly of section .plt:

0000000000001020 <.plt>:
 1020: ff 35 9a 2f 00 00    pushq 0x2f9a(%rip) GOT[1]
        # 3fc0 <_GLOBAL_OFFSET_TABLE_+0x8>
 1026: ff 25 9c 2f 00 00    jmpq *0x2f9c(%rip) GOT[2]
        # 3fc8 <_GLOBAL_OFFSET_TABLE_+0x10>
 102c: 0f 1f 40 00          nopl 0x0(%rax)

0000000000001030 <printf@plt>:
 1030: ff 25 9a 2f 00 00    jmpq *0x2f9a(%rip) C
        # 3fd0 <printf@GLIBC_2.2.5>
 1036: 68 00 00 00 00      pushq $0x0
 103b: e9 e0 ff ff ff      jmpq 1020 <.plt>

```

a) 完成 main+0x2a 处的重定位。

~~11d2~~: e8 ~~59 fe ff ff~~ callq <printf@plt> $1030 - 11d2 - 5 = 55555559$

b) printf 的 PLT 表条目是 PLT[1], GOT 表条目是 GOT[1] (填写数字)。

c) 使用 gdb 对 a.out 进行调试。某次运行时 main 的起始地址为 0x555555551a8, 那么当加载器载入内存而尚未重定位 printf 地址前, printf 的 GOT 表项的内容是 0x~~5555555503b~~。

$$\begin{aligned}
 \dots 51a8 - 2 &= 11a6 - 103b \\
 x &= \dots 2000 + 103b \\
 &= \dots 503b
 \end{aligned}$$

7.8.

A. (a) main.1 (b) main.2

B. (a) 未知 (b) 未知.

C. (a) 错误 (b) 错误.

7.12.

A. 0xa

B. ~~0x22~~