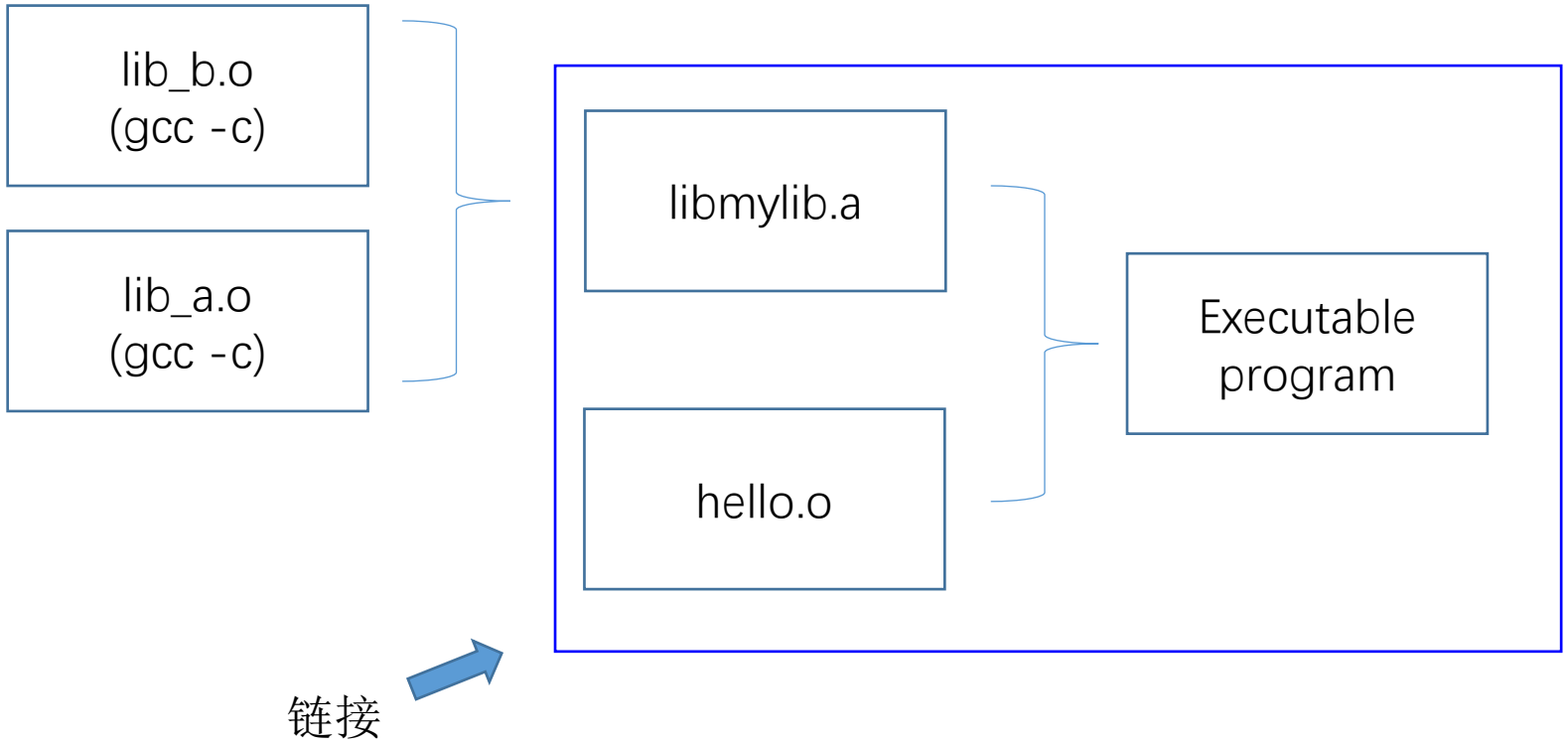
静态链接、动态链接

hanzhuo@smail.nju.edu.cn韩茁

静态链接



静态链接是指在编译阶段直接把静态库加入到可执行文件中去，这样可执行文件会比较大。而**动态链接**则是指链接阶段仅仅只加入一些描述信息，而程序执行时再从系统中把相应动态库加载到内存中去。

静态链接

test.c
```c

extern void hello_other_lib(int*, int*);
extern int share;
int main(){
    int a = 1;
    hello_other_lib(&a, &share);
    return 0;
}
```

my_lib.c
```c
int share = 100;
void hello_other_lib(int* a, int* b){
    int c = *a;
    *a = *b;
    *b = c;
}
```

1. 使用gcc –c命令分别得到test.o以及my_lib.o
3. 使用ar命令生成libmylib.a或直接使用gcc生成最终可执行文件。
4. 使用ld(或gcc) –L./ -lmylib通过静态链接库mylib以及test.o生成最后的可执行文件

```
gcc -c my_lib.c -o my_lib.o
gcc -c test.c -o test.o
```

```
ar crv libmylib.a my_lib.o
ld(gcc) -o test test.o -L./ -lmylib
```

生成静态库
(库文件名为liba.a则在链接时为-la)
libXXX.a， XXX为库名

```
gcc -o test test.o my_lib.o
```

直接链接

c：建立库文件；r：将文件插入库文件中；v：程序执行时现时详细的信息

静态链接

使用objdump –h查看test.o、my_lib.o(或libmylib.a)以及最终的可执行文件的所有节信息。

关注text字段和data字段的大小

```
my_lib.o:     file format elf64-x86-64

Sections:
Idx Name          Size      VMA               LMA               File off  Algn
  0 .text         0000002c  0000000000000000  0000000000000000  00000040  2**0
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, CODE
  1 .data         00000004  0000000000000000  0000000000000000  0000006c  2**2
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, DATA
  2 .bss          00000000  0000000000000000  0000000000000000  00000070  2**0
                  ALLOC
  3 .comment      0000002e  0000000000000000  0000000000000000  00000070  2**0
                  CONTENTS, READONLY
  4 .note.GNU-stack 00000000  0000000000000000  0000000000000000  0000009e  2**0
                  CONTENTS, READONLY
  5 .eh_frame     00000038  0000000000000000  0000000000000000  000000a0  2**3
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, RELOC, READONLY, DATA
```

```
objdump -h ${file_name}|grep -A1 -E "\.text|\.data|\.rodata"
```

```
======================test.o=======================
  0 .text         00000027  0000000000000000  0000000000000000  00000040  2**0
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, RELOC, READONLY, CODE
  1 .data         00000000  0000000000000000  0000000000000000  00000067  2**0
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, DATA
======================my_lib.o=====================
  0 .text         0000002c  0000000000000000  0000000000000000  00000040  2**0
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, CODE
  1 .data         00000004  0000000000000000  0000000000000000  0000006c  2**2
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, DATA
======================test=========================
  0 .text         00000053  00000000004000e8  00000000004000e8  000000e8  2**0
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, CODE
--
  2 .data         00000004  0000000000601000  0000000000601000  00001000  2**2
                  CONTENTS, ALLOC, LOAD, DATA
```

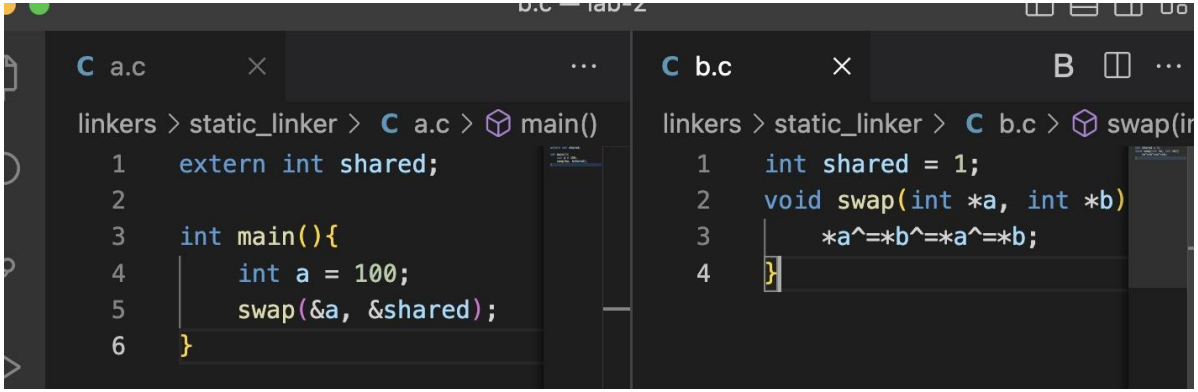
静态链接

链接时发生了什么？

1.空间和地址分配
2.符号解析和重定位

静态链接

链接时发生了什么？



两个C源代码a.c和b.c

执行指令

- gcc –c a.c -o a.o
- gcc –c b.c -o b.o
- gcc -o ab a.o b.o

静态链接

链接时发生了什么？

链接操作前

重定位信息

```
$ objdump -r a.o

a.o:     file format elf32-i386

RELOCATION RECORDS FOR [.text]:
OFFSET   TYPE              VALUE
0000001c R_386_32          shared
00000027 R_386_PC32        swap
```

静态链接

链接时发生了什么？

objdump -d a.o

```
a.o:     file format elf32-i386

Disassembly of section .text:

00000000 <main>:
   0:   8d 4c 24 04             lea    0x4(%esp),%ecx
   4:   83 e4 f0                and    $0xfffffff0,%esp
   7:   ff 71 fc                pushl  0xfffffffc(%ecx)
   a:   55                      push   %ebp
   b:   89 e5                   mov    %esp,%ebp
   d:   51                      push   %ecx
   e:   83 ec 24                sub    $0x24,%esp
  11:   c7 45 f8 64 00 00 00    movl   $0x64,0xfffffff8(%ebp)
  18:   c7 44 24 04 00 00 00    movl   $0x0,0x4(%esp)
  1f:   00
  20:   8d 45 f8                lea    0xfffffff8(%ebp),%eax
  23:   89 04 24                mov    %eax,(%esp)
  26:   e8 fc ff ff ff          call   27 <main+0x27>
  2b:   83 c4 24                add    $0x24,%esp
  2e:   59                      pop    %ecx
  2f:   5d                      pop    %ebp
  30:   8d 61 fc                lea    0xfffffffc(%ecx),%esp
  33:   c3                      ret
```

shared

swap

链接操作前，此时并没有分配存储器运行时地址，因为目前基址部分显示为00000000

静态链接

链接时发生了什么？

链接操作后

```
$objdump -d ab
ab:     file format elf32-i386

Disassembly of section .text:

08048094 <main>:
 8048094:    8d 4c 24 04             lea    0x4(%esp),%ecx
 8048098:    83 e4 f0                and    $0xfffffff0,%esp
 804809b:    ff 71 fc                pushl  0xfffffffc(%ecx)
 804809e:    55                      push   %ebp
 804809f:    89 e5                   mov    %esp,%ebp
 80480a1:    51                      push   %ecx
 80480a2:    83 ec 24                sub    $0x24,%esp
 80480a5:    c7 45 f8 64 00 00 00    movl   $0x64,0xfffffff8(%ebp)
 80480ac:    c7 44 24 04 08 91 04    movl   $0x8049108,0x4(%esp)
 80480b3:    08
 80480b4:    8d 45 f8                lea    0xfffffff8(%ebp),%eax
 80480b7:    89 04 24                mov    %eax,(%esp)
 80480ba:    e8 09 00 00 00          call   80480c8 <swap>
 80480bf:    83 c4 24                add    $0x24,%esp
 80480c2:    59                      pop    %ecx
 80480c3:    5d                      pop    %ebp
 80480c4:    8d 61 fc                lea    0xfffffffc(%ecx),%esp
 80480c7:    c3                      ret
```

动态链接

my_lib.c | my_lib.h | Makefile.dynamic | dynamic_a.c | dynamic_b.c

```c
#include<stdio.h>
#include"my_lib.h"

char* dynamic_lib_name = "MY_DYNAMIC_LIB";
int global_num = 0;
void hello_other_lib(const char* name, const char* yourname){
    printf("Hello dynamic lib, I'm %s, and your name is %s, global num is %d\n", name, yourname, global_num);
}
```

```c
#ifndef MY_LIB_H
#define MY_LIB_H
void hello_other_lib(const char* name, const char* yourname);
extern char* dynamic_lib_name;
extern int global_num;
#endif
```

my_lib.c | my_lib.h | Makefile.dynamic | dynamic_a.c

```c
#include"my_lib.h"

int main(){
    int a = 5;
    hello_other_lib("A", dynamic_lib_name);
    global_num = 2;
    hello_other_lib("A", dynamic_lib_name);
    getchar();
    return 0;
}
```

```
gcc -fPIC -c -g my_lib.c -o my_lib.o
gcc -shared my_lib.o -o libd.so
gcc -c -g dynamic_a.c -o da.o
gcc -c -g dynamic_b.c -o db.o
gcc -o da da.o -L./ -ld
gcc -o db db.o -L./ -ld
```

-fPIC 作用于编译阶段，告诉编译器产生与位置无关代码(Position-Independent Code)，则产生的代码中，没有绝对地址，全部使用相对地址，故而代码可以被加载器加载到内存的任意位置，都可以正确的执行。

-shared：产生共享对象文件

动态链接

1.动态链接器自举

动态链接器本身也是一个不依赖其他共享对象的共享对象，需要完成自举。

2.装载共享对象

将可执行文件和链接器自身的符号合并成为全局符号表，开始寻找依赖对象。加载对象的过程可以看做图的遍历过程；新的共享对象加载进来后，其符号将合并入全局符号表；加载完毕后，全局符号表将包含进程动态链接所需全部符号。

3.重定位和初始化

链接器遍历可执行文件和共享对象的重定位表，将它们GOT/PLT中每个需要重定位的位置进行修正。完成重定位后，链接器执行.init段的代码，进行共享对象特有的初始化过程（例如C++里全局对象的构造函数）。

4.转交控制权

完成所有工作，将控制权转交给程序的入口开始执行。

ref：https://www.cnblogs.com/linhaostudy/p/10544917.html

《程序员的自我修养》——链接、装载与库

动态链接

可能会用到的命令

ldd: 查看引用的动态库的链接和名字

objdump和readelf：查看目标代码，查看各节地址和符号表等信息

gdb:调试，查看运行时地址等信息

cat /proc/pid/maps: 查看内存映像，其中pid为进程id。可以看到是否正确加载到所需要的动态库以及程序的内存分布。

Thanks !