操作系统设计及实践

《操作系统原理》配套实验

操作系统课程组

2022年10月

操作系统设计实验系列（六）

内核雏形

武漢大学

一、实验目标

- 如何生成一个内核，能引导该内核
- 对应章节：5.1——5.5

二、本次实验内容

1. 汇编和C的互相调用方法
   - 在例程基础上，在汇编与C程序中各添加一个简单带参数的函数调用，让两种语言撰写的程序实现混合调用，功能可自定义。
2. ELF文件格式
   - 依照书上方法，分析你修改的这个可执行文件
3. 使用Loader加载ELF文件
4. 阅读书中给出的代码结构，研究如何加载并扩展内核，对比研究一下真正内核源码的代码组织情况
5. 设计题：修改启动代码，在引导过程中在屏幕上画出一个你喜欢的ASCII图案，并将第三章的内存管理功能代码、你自己设计的中断代码集成到你的kernel文件目录管理中，并建立makefile文件，编译成内核，并引导

三、完成本次实验要回答的问题

1.汇编和C内定义的函数，相互间调用的方法是怎样的？

2.描述ELF文件格式以及作用，和大家学习的PE相比，结构上有什么相同和差异？

3.如何从Loader引导ELF的原理？

4.对照书中例程代码，这个内核扩展了哪些功能，这些功能流程是怎样的，他们都是在哪些源文件的代码中进行描述的？这些功能彼此有相互关联吗，给出说明？

5.书中代码内存的布局是怎样的？在这里有哪些是特权代码，哪些是非特权代码，在处理器控制权切换时，权限变化情况如何？

6. 下载一个真正的内核源文件，分析一下是怎么在管理组织源码文件的。

7.完成设计题并能演示。

四、需要了解的知识

1.回顾Linux下汇编代码生成

- nasm –f
- ld –s strip 去掉符号表

  [section .data]

  …

  [section .text]

  global _start

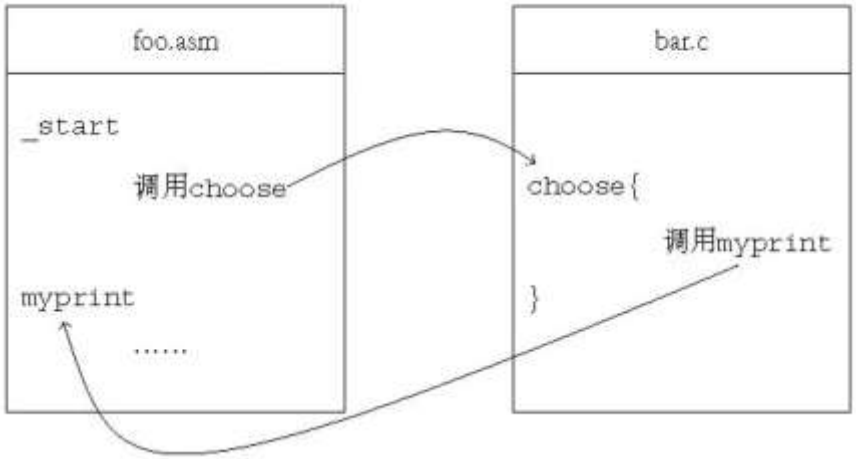
  _start: …

```
1  ; 编译链接方法
2  ; (ld的'-s'选项意为"strip all")
3  ;
4  ; $ nasm -f elf hello.asm -o hello.o
5  ; $ ld -s hello.o -o hello
6  ; $ ./hello
7  ; Hello, world!
8  ; $
9
10 [section .data] ; 数据在此
11
12 strHello     db    "Hello, world!", 0Ah
13 STRLEN       equ   $ - strHello
14
15 [section .text] ; 代码在此
16
17 global _start    ; 我们必须导出 _start这个入口, 以便让链接器识别
18
19 _start:
20         mov     edx, STRLEN
21         mov     ecx, strHello
22         mov     ebx, 1
23         mov     eax, 4          ; sys_write
24         int     0x80            ; 系统调用
25         mov     ebx,0
26         mov     eax,1           ; sys_exit
27         int     0x80            ; 系统调用
```

四、需要了解的知识

2.C和ASM的调用

- 关键字：
  - extern：引入外部变量、函数的声明
  - global：导出到全局作用域



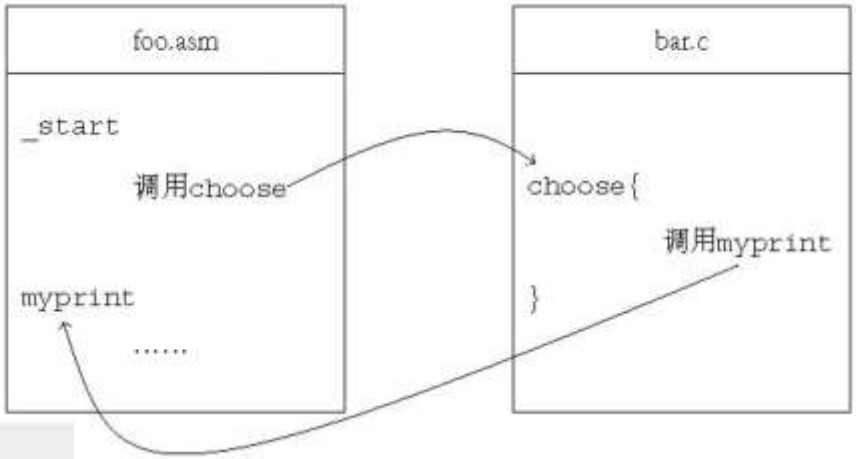

```
1  ; 编译链接方法
2  ; (ld的 '-s' 选项意为"stripall")
3  ;
4  ; $ nasm -f elf foo.asm -o foo.o
5  ; $ gcc -c bar.c -o bar.o
6  ; $ ld -s hello.o bar.o -o foobar
7  ; $ ./foobar
8  ; the 2nd one
9  ; $
10
11 extern choose   ; int choose(int a, int b);
12
13 [section .data] ; 数据在此
14
15 numlst          dd      3
16 num2nd          dd      4
17
18 [section .text] ; 代码在此
19
20 global _start   ; 我们必须导出 _start这个入口，以便让链接器识别
21 global myprint  ; 导出这个函数为了让bar.c使用
22
23 _start:
24         push    dword [num2nd] ; '.
```

```
25         push    dword [numlst] ; |
26         call    choose         ; | choose(numlst, num2nd);
27         add     esp, 8         ; /
28
29         mov     ebx, 0
30         mov     eax, 1         ; sys_exit
31         int     0x80           ; 系统调用
32
33 ; void myprint(char* msg, int len)
34 myprint:
35         mov     edx, [esp + 8] ; len
36         mov     ecx, [esp + 4] ; msg
37         mov     ebx, 1
38         mov     eax, 4         ; sys_write
39         int     0x80           ; 系统调用
40         ret
```

四、需要了解的知识

2.C和ASM的调用

- 关键字：
  - extern：引入外部变量、函数的声明
  - global：导出到全局作用域



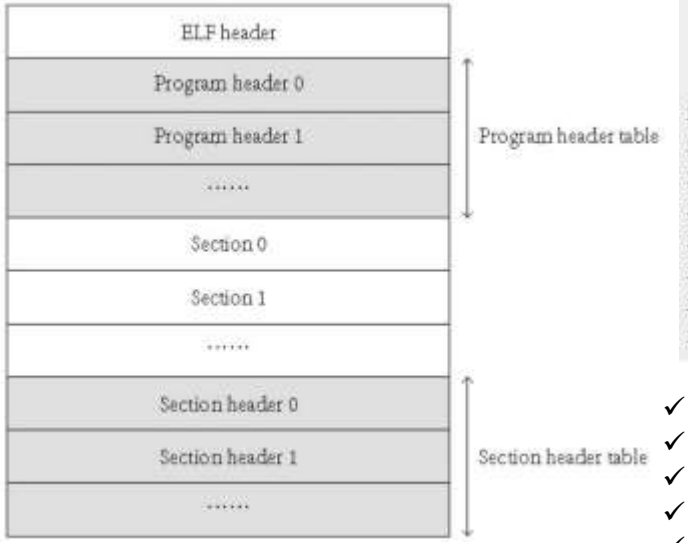

```
1  void myprint (char* msg, int len);
2
3  int choose(int a, int b)
4  {
5          if(a >= b) {
6                  myprint ("the 1st one\n", 13);
7          }
8          else{
9                  myprint("the 2nd one\n",  13);
10         }
```

```
▹ ls
bar.c  foo.asm
▹ nasm -f elf -o foo.o foo.asm
▹ gcc -c -o bar.o bar.c
▹ ld -s -o foobar foo.o bar.o
▹ ls
bar.c  bar.o  foo.asm  foobar  foo.o
▹ ./foobar
the 2nd one
```

武漢大学

四、需要了解的知识

3.ELF文件格式




```
1  #define EI_NIDENT          16
2  typedef struct{
3        unsigned char        e_ident [EI_NIDENT];
4        Elf32_Half           e_type;
5        Elf32_Half           e_machine;
6        Elf32_word           e_version;
7        Elf32_Addr           e_entry;
8        Elf32_Off            e_phoff;
9        Elf32_Off            e_shoff;
10       Elf32_Word           e_flags;
11       Elf32_Haif           e_ehsize;
12       Elf32_Haif           e_phentsize;
13       Elf32_Haif           e_phnum;
14       Elf32_Haif           e_shentsize;
15       Elf32_Haif           e_shnum;
16       Elf32_Haif           e_shstrndx;
17 }Elf32_Ehdr;
```

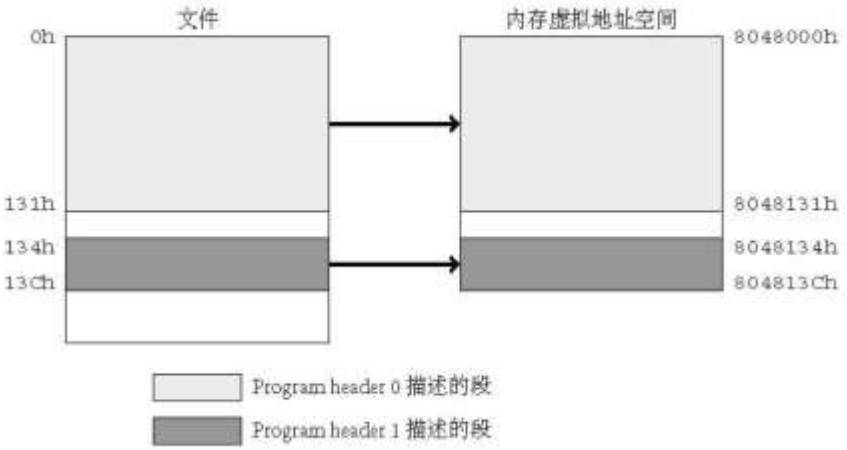
- ✓ e_type，它标识的是该文件的类型，比如e_type是2，表明是一个可执行文件
- ✓ e_machine，体系结构
- ✓ e_version，文件的版本
- ✓ e_entry，程序的入口地址
- ✓ e_phoff，Program header table在文件中的偏移量（以字节计数）。
- ✓ e_shoff，Section header table在文件中的偏移量（以字节计数）
- ✓ e_flags，对IA32而言，此项为0
- ✓ e_ehsize，ELF header大小（以字节计数）。
- ✓ e_phentsize，Program header table中每一个条目的大小。
- ✓ e_phnum，Program header table中有多少个条目。
- ✓ e_shentsize，Section header table中每一个条目的大小
- ✓ e_shnum，Section header table中有多少个条目
- ✓ e_shstrndx，包含节名称的字符串表是第几个节（从零开始数）。

四、需要了解的知识

3.ELF文件格式：Program Header

- ✓ p_type，当前Program header所描述的段的类型。
- ✓ p_offset，段的第一个字节在文件中的偏移。
- ✓ p_vaddr，段的第一个字节在内存中的虚拟地址。
- ✓ p_paddr，在物理地址定位相关的系统中，此项是为物理地址保留。
- ✓ p_filesz，段在文件中的长度。
- ✓ p_memsz，段在内存中的长度。
- ✓ p_flags，与段相关的标志。
- ✓ p_align，根据此项值来确定段在文件以及内存中如何对齐。

名称	Program header 0	Program header 1	Program header 2
p_type	0x1	0x1	0x6474E551
p_offset	0x0	0x134	0
p_vaddr	0x8048000	0x8049134	0
p_paddr	0x8048000	0x8049134	0
p_filesz	0x131	0x8	0
p_memsz	0x131	0x8	0
p_flags	0x5	0x6	0x7
p_align	0x1000	0x1000	0x4



武漢大学

四、需要了解的知识

4.树形目录管理：tree

5.Makefile介绍

```
# Makefile for boot

# Programs, flags, etc.
ASM             = nasm
ASMFLAGS        = -I include/

# This Program
TARGET          = boot.bin loader.bin

# All Phony Targets
.PHONY : everything clean all

# Default starting position
everything : $(TARGET)

clean :
        rm -f $(TARGET)

all : clean everything

boot.bin : boot.asm include/load.inc in
clude/fat12hdr.inc
        $(ASM) $(ASMFLAGS) -o $@ $<

loader.bin : loader.asm include/load.in
c include/fat12hdr.inc include/pm.inc
        $(ASM) $(ASMFLAGS) -o $@ $<
```

```
|-- a.img
|-- bochsrc
|-- boot
|   |-- boot.asm
|   |-- include
|   |   |-- fat12hdr.inc
|   |   |-- load.inc
|   |   '-- pm.inc
|   '-- loader.asm
|-- include
|   |-- const.h
|   |-- protect.h
|   '-- type.h
|-- kernel
|   |-- kernel.asm
|   '-- start.c
'-- lib
    |-- kliba.asm
    '-- string.asm
```

- 注意事项：

  1. 出现undefined reference to `__stack_chk_fail`错误，需要在 `Makefile` 中的 `$(CFLAGS)` 后面加上 `-fno-stack-protector`，即不需要栈保护
  2. 如果有些同学的Ubuntu系统是64位，而不是32位，那么gcc默认编译的目标文件是64位，无法和32位汇编文件汇编出的目标文件进行链接，解决方法参考博客（https://blog.csdn.net/CurryXu/article/details/77481102）
  3. 由于建立了文件目录，浏览代码时不容易查找标号对应的定义，对于使用vim的同学，推荐使用ctags工具，方便标号声明和定义的跳转，对于仍在使用自带编辑器的同学，可以尝试vscode。
  4. 当你阅读到chapter5/f/start.c时，请留意memcpy第一个参数，尝试修改将gdt前面的&符号去掉，查看结果是否一致并思考为什么，这同时会帮助你理解在C语言中声明指针和数组后，在汇编语言中想要使用它们时有什么不同。

谢　谢！