三、存储器管理

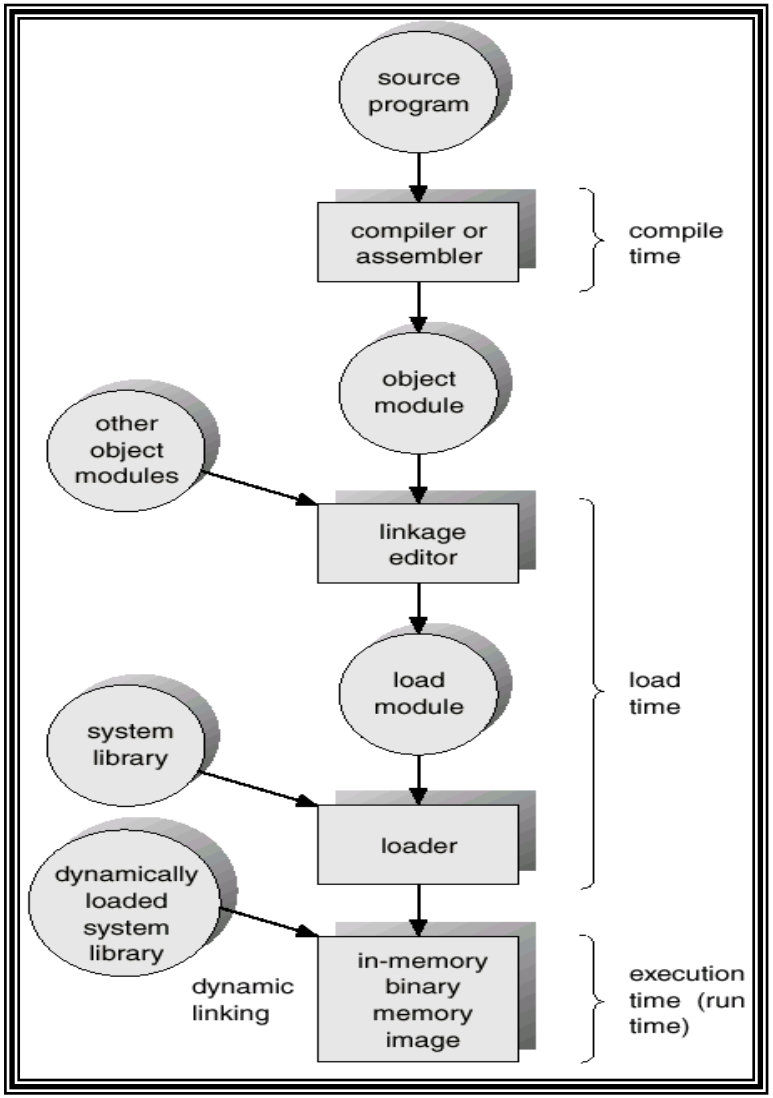
任课教师：王雷

联系方式：82316284, wanglei@buaa.edu.cn

北京航空航天大学计算机学院

程序的装入和链接

- 编译
- 链接
- 装入



program.c

```
int read_something (void);
int do_something (int);
void write_something (const char*);
int some_global_variable;
static int some_local_variable;

main () {
        int some_stack_variable;
        some_stack_variable = read_something ();
        some_global_variable = do_something (some_stack_variable);
        write_something ("I am done");
}
```

extras.c

```
#include <stdio.h>
extern int some_global_variable;
int read_something (void) {
        int res;
        scanf ("%d", &res);
        return res;
}
int do_something (int var) {
        return var + var;
}
void write_something (const char* str) {
        printf ("%s: %d\n", str, some_global_variable);
}
```

int some_global_variable;

globally visible by all modules (common, bss)

static int some_local_variable;

global/local: visible by all functions within the current module, but not outside the module (data)

```
main () {
        int some_stack_variable;
        allocated on the stack, visible only within the block
        ...
}
```

```
gcc program.c extras.c
./a.out

gcc -c program.c => program.o
gcc -c extras.c => extras.o
gcc program.o functions.o -o exe
./exe
```

gcc调用包含的几个工具

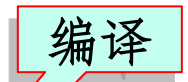
cc1：预处理器和编译器

as：汇编器

collect2：链接器

编译

```
gcc version 5.2.0 (crosstool-NG crosstool-ng-1.22.0)
COLLECT_GCC_OPTIONS='-o' 'exe' '-v' '-mabi=32' '-mllsc' '-mplt' '-mno-shared' '-EB'
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../libexec/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/cc1 -quiet -v -iprefix
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/ -isysroot
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot program.c -meb -quiet -
dumpbase program.c -mabi=32 -mllsc -mplt -mno-shared -auxbase program -version -o /tmp/ccntcnFQ.s

GNU C11 (crosstool-NG crosstool-ng-1.22.0) version 5.2.0 (mips-malta-linux-gnu)
        compiled by GNU C version 4.6.3, GMP version 6.0.0, MPFR version 3.1.3, MPC version 1.0.3
GGC heuristics: --param ggc-min-expand=100 --param ggc-min-heapsize=131072
ignoring duplicate directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/../../lib/gcc/mips-malta-
linux-gnu/5.2.0/include"
ignoring nonexistent directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-
gnu/sysroot/home/wangluming/x-tools/mips-malta-linux-gnu/mips-malta-linux-gnu/sysroot/include"
ignoring duplicate directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/../../lib/gcc/mips-malta-
linux-gnu/5.2.0/include-fixed"
ignoring duplicate directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/../../lib/gcc/mips-malta-
linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-gnu/include"
#include "..." search starts here:
#include <...> search starts here:
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/include
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/include-fixed
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-
gnu/include
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/usr/include
End of search list.
```



GNU C11 (crosstool-NG crosstool-ng-1.22.0) version 5.2.0 (mips-malta-linux-gnu)
compiled by GNU C version 4.6.3, GMP version 6.0.0, MPFR version 3.1.3, MPC version 1.0.3
GGC heuristics: --param ggc-min-expand=100 --param ggc-min-heapsize=131072
Compiler executable checksum: a0212981a25e6bcf7c0ea0e0513f0ef0
COLLECT_GCC_OPTIONS='-o' 'exe' '-v' '-mabi=32' '-mllsc' '-mplt' '-mno-shared' '-EB'
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-gnu/bin/as -v -EB -O1 -no-mdebug -mabi=32 -mno-shared -call_nonpic **-o /tmp/cc0eljh2.o** /tmp/ccntcnFQ.s
GNU assembler version 2.25.1 (mips-malta-linux-gnu) using BFD version (crosstool-NG crosstool-ng-1.22.0) 2.25.1
COLLECT_GCC_OPTIONS='-o' 'exe' '-v' '-mabi=32' '-mllsc' '-mplt' '-mno-shared' '-EB'
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../libexec/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/cc1 -quiet -v -iprefix /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/ -isysroot /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot **extras.c** -meb -quiet -dumpbase extras.c -mabi=32 -mllsc -mplt -mno-shared -auxbase extras -version -o /tmp/ccntcnFQ.s
GNU C11 (crosstool-NG crosstool-ng-1.22.0) version 5.2.0 (mips-malta-linux-gnu)
compiled by GNU C version 4.6.3, GMP version 6.0.0, MPFR version 3.1.3, MPC version 1.0.3
GGC heuristics: --param ggc-min-expand=100 --param ggc-min-heapsize=131072
ignoring duplicate directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/../../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/include"
ignoring nonexistent directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/home/wangluming/x-tools/mips-malta-linux-gnu/mips-malta-linux-gnu/sysroot/include"
ignoring duplicate directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/../../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/include-fixed"
ignoring duplicate directory "/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/../../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-gnu/include"

汇编

```
#include "..." search starts here:
#include <...> search starts here:
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/include
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/include-fixed
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-gnu/include
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/usr/include
End of search list.
GNU C11 (crosstool-NG crosstool-ng-1.22.0) version 5.2.0 (mips-malta-linux-gnu)
        compiled by GNU C version 4.6.3, GMP version 6.0.0, MPFR version 3.1.3, MPC version 1.0.3
GGC heuristics: --param ggc-min-expand=100 --param ggc-min-heapsize=131072
Compiler executable checksum: a0212981a25e6bcf7c0ea0e0513f0ef0
COLLECT_GCC_OPTIONS='-o' 'exe' '-v' '-mabi=32' '-mllsc' '-mplt' '-mno-shared' '-EB'
 /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-gnu/bin/as -v -EB -O1 -no-mdebug -mabi=32 -mno-shared -call_nonpic -o /tmp/cc0fSkXd.o
/tmp/ccntcnFQ.s
GNU assembler version 2.25.1 (mips-malta-linux-gnu) using BFD version (crosstool-NG crosstool-ng-1.22.0) 2.25.1
COMPILER_PATH=/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../libexec/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/:/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../libexec/gcc/:/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-gnu/bin/
LIBRARY_PATH=/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/:/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/:/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-linux-gnu/lib/:/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/lib/:/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/usr/lib/
```

链接

COLLECT_GCC_OPTIONS='-o' 'exe' '-v' '-mabi=32' '-mllsc' '-mplt' '-mno-shared' '-EB'
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../libexec/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/collect2 -plugin
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../libexec/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/liblto_plugin.so -
plugin-opt=/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../libexec/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/lto-
wrapper -plugin-opt=-fresolution=/tmp/ccvlN9Dp.res -plugin-opt=-pass-through=-lgcc -plugin-opt=-pass-
through=-lgcc_s -plugin-opt=-pass-through=-lc -plugin-opt=-pass-through=-lgcc -plugin-opt=-pass-
through=-lgcc_s --sysroot=/OSLAB/compiler/lib/ld.so.1 mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-
gnu/sysroot --eh-frame-hdr -EB -dynamic-linker /-melf32btsmip -o exe /OSLAB/compiler/mips-malta-
linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/usr/lib/crt1.o /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-
gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/usr/lib/crti.o /OSLAB/compiler/mips-malta-linux-
gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/crtbegin.o -L/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-
gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0 -L/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc -
L/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/../../../../mips-malta-
linux-gnu/lib -L/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/lib -
L/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/usr/lib /tmp/cc0eljh2.o
/tmp/cc0fSkXd.o -lgcc --as-needed -lgcc_s --no-as-needed -lc -lgcc --as-needed -lgcc_s --no-as-needed
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../lib/gcc/mips-malta-linux-gnu/5.2.0/crtend.o
/OSLAB/compiler/mips-malta-linux-gnu/bin/../mips-malta-linux-gnu/sysroot/usr/lib/crtn.o

```
        .file   1 "program.c"
        .section .mdebug.abi32
        .previous
        .nan    legacy
        .module fp=32
        .module nooddspreg
        .abicalls
        .option pic0

        .comm   some_global_variable,4,4
        .local  some_local_variable
        .comm   some_local_variable,4,4
        .rdata
        .align  2
$LC0:
        .ascii  "I am done\000"
        .text
        .align  2
        .globl  main
        .set    nomips16
        .set    nomicromips
        .ent    main
        .type   main, @function
main:
        .frame  $fp,40,$31              # vars= 8, regs= 2/0, args= 16,
gp= 8
        .mask   0xc0000000,-4
        .fmask  0x00000000,0
        .set    noreorder
        .set    nomacro
        addiu   $sp,$sp,-40
        sw      $31,36($sp)
        sw      $fp,32($sp)
        move    $fp,$sp
        jal     read_something
        nop

        sw      $2,24($fp)
        lw      $4,24($fp)
        jal     do_something
        nop
        move    $3,$2
        lui     $2,%hi(some_global_variable)
        sw      $3,%lo(some_global_variable)($2)
        lui     $2,%hi($LC0)
        addiu   $4,$2,%lo($LC0)
        jal     write_something
        nop

        move    $2,$0
        move    $sp,$fp
        lw      $31,36($sp)
        lw      $fp,32($sp)
        addiu   $sp,$sp,40
        j       $31
        nop

        .set    macro
        .set    reorder
        .end    main
        .size   main, .-main
        .ident  "GCC: (crosstool-
NG crosstool-ng-1.22.0) 5.2.0"
```

生成的汇编文件

```
.file   1 "program.c"
.section .mdebug.abi32
.previous
.nan    legacy
.module fp=32
.module nooddspreg
.abicalls
.option pic0

.comm   some_global_variable,4,4
.local  some_local_variable
.comm   some_local_variable,4,4
.rdata
.align  2
```

```
$LC0:
        .ascii  "I am done\000"
        .text
        .align  2
        .globl  main
        .set    nomips16
        .set    nomicromips
        .ent    main
        .type   main, @function
main:
        .frame  $fp,40,$31
        # vars= 8, regs= 2/0, args= 16, gp= 8
        .mask   0xc0000000,-4
        .fmask  0x00000000,0
```

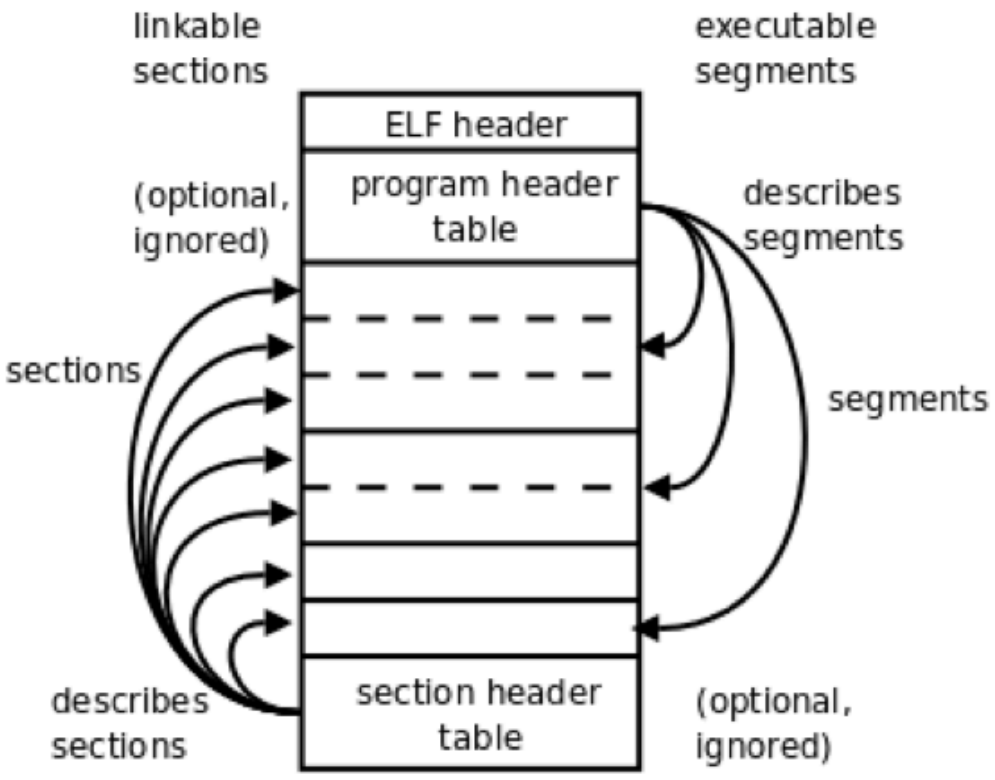
生成的汇编文件

```
.set    noreorder
.set    nomacro
addiu   $sp,$sp,-40
sw      $31,36($sp)
sw      $fp,32($sp)
move    $fp,$sp
jal     read_something
nop

sw      $2,24($fp)
lw      $4,24($fp)
jal     do_something
nop
move    $3,$2
lui     $2,%hi(some_global_variable)
sw      $3,%lo(some_global_variable)($2)
lui     $2,%hi($LC0)
addiu   $4,$2,%lo($LC0)
```

```
jal     write_something
nop
move    $2,$0
move    $sp,$fp
lw      $31,36($sp)
lw      $fp,32($sp)
addiu   $sp,$sp,40
j       $31
nop

.set    macro
.set    reorder
.end    main
.size   main, .-main
.ident  "GCC: (crosstool-NG
        crosstool-ng-1.22.0) 5.2.0"
```

函数调用变成了汇编函数调用指令，do_something只是标记

ELF(Executable and Linkable Format)-可执行文件格式



ELF头
程序头表（可省略）
.text
.rodata
.data
……
节头表

.bss 此节存放用于程序内存映象的未初始化数据。此节类型是SHT_NOBITS,因此不占文件空间。

.comment 此节存放版本控制信息。

.data和.data1 此节存放用于程序内存映象的初始化数据。

.debug 此节存放符号调试信息。

.dynamic 此节存放动态连接信息。

.dynstr 此节存放动态连接所需的字符串，在大多数情况下，这些字符串代表的是与符号表项有关的名字。

.dynsym 此节存放的是“符号表”中描述的动态连接符号表。

.fini 此节存放与进程中指代码有关的执行指令。

.got 此节存放全程偏移量表。

.hash 此节存放一个符号散列表。

.init 此节存放组成进程初始化代码的执行指令。

.interp 此节存放一个程序解释程序的路径名。

.line 此节存放符号调试中使用的行号信息，主要描述源程序与机器指令之间的对应关系。

.note 此节存放供其他程序检测兼容性，一致性的特殊信息。

.plt 此节存放过程连接表。

.rel*name*和.rela*name* 此节存放重定位信息。

.rodata和.rodata1 此节存放进程映象中不可写段的只读数据。

.shstrtab 此节存放节名。

.strtab 此节存放的字符串标识与符号表项有关的名字。

.symtab 此节存放符号表。

.text 此节存放正文，也称程序的执行指令。

ELF文件头的定义

ELF头描述文件组成。

```
typedef struct {
        unsigned char       e_ident[16];     /* 标志本文件为目标文件，提供
                                                机器无关的数据，可实现对文
                                                件内容的译码与解释*/
        unsigned char       e_type[2];       /* 标识目标文件类型 */
        unsigned char       e_machine[2];    /* 指定必需的体系结构 */
        unsigned char       e_version[4];    /* 标识目标文件版本 */
        unsigned char       e_entry[4];      /* 指向起始虚地址的指针 */
        unsigned char       e_phoff[4];      /* 程序头表的文件偏移量 */
        unsigned char       e_shoff[4];      /* 节头表的文件偏移量 */
        unsigned char       e_flags[4];      /* 针对具体处理器的标志 */
        unsigned char       e_ehsize[2];     /* ELF 头的大小 */
        unsigned char       e_phentsize[2];  /* 程序头表每项的大小 */
        unsigned char       e_phnum[2];      /* 程序头表项的个数 */
        unsigned char       e_shentsize[2];  /* 节头表每项的大小 */
        unsigned char       e_shnum[2];      /* 节头表项的个数 */
        unsigned char       e_shstrndx[2];   /* 与节名字符串表相关的节头表
                                                项的索引 */
} Elf32_Ehdr;
```

ELF文件头的定义

e_ident：	这一部分是文件的标志，用于表明该文件是一个ELF文件。ELF文件的头四个字节为magic number。
e_type：	用于标明该文件的类型，如可执行文件、动态连接库、可重定位文件等。
e_machine：	表明体系结构，如x86，x86_64，MIPS，PowerPC等等。
e_version：	文件版本
e_entry：	程序入口的虚拟地址
e_phoff：	程序头表在该ELF文件中的位置(具体地说是偏移)。ELF文件可以没有程序头表。

ELF文件头的定义

e_shoff:	节头表的位置。
e_eflags:	针对具体处理器的标志。
e_ehsize:	ELF 头的大小。
e_phentsize:	程序头表每项的大小。
e_phnum:	程序头表项的个数。
e_shentsize:	节头表每项的大小。
e_shnum:	节头表项的个数。
e_shstrndx:	与节名字符串表相关的节头表。

符号表

Main.o

```
13: 00000004     4 OBJECT  GLOBAL DEFAULT  COM some_global_variable
14: 00000000    96 FUNC    GLOBAL DEFAULT    1 main
15: 00000000     0 NOTYPE  GLOBAL DEFAULT  UND read_something
16: 00000000     0 NOTYPE  GLOBAL DEFAULT  UND do_something
17: 00000000     0 NOTYPE  GLOBAL DEFAULT  UND write_something
```

extras.o

```
12: 00000000    68 FUNC    GLOBAL DEFAULT    1 read_something
13: 00000000     0 NOTYPE  GLOBAL DEFAULT  UND __isoc99_scanf
14: 00000044    52 FUNC    GLOBAL DEFAULT    1 do_something
15: 00000078    84 FUNC    GLOBAL DEFAULT    1 write_something
16: 00000000     0 NOTYPE  GLOBAL DEFAULT  UND some_global_variable
17: 00000000     0 NOTYPE  GLOBAL DEFAULT  UND printf
```

a.out

61: 00400744 52 FUNC GLOBAL DEFAULT 13 do_something

62: 00410a1c 4 OBJECT GLOBAL DEFAULT 26 some_global_variable

67: 00400700 68 FUNC GLOBAL DEFAULT 13 read_something

74: 00400778 84 FUNC GLOBAL DEFAULT 13 write_something

77: 00400990 0 FUNC GLOBAL DEFAULT [MIPS PLT] UND __libc_start_main@@GLIBC_

80: 00410a40 0 NOTYPE GLOBAL DEFAULT 27 _end

81: 00410a1c 0 NOTYPE GLOBAL DEFAULT 26 __bss_start

82: 004006a0 96 FUNC GLOBAL DEFAULT 13 main

Main.o

13: 00000004 4 OBJECT GLOBAL DEFAULT COM some_global_variable

14: 00000000 96 FUNC GLOBAL DEFAULT 1 main

15: 00000000 0 NOTYPE GLOBAL DEFAULT UND read_something

16: 00000000 0 NOTYPE GLOBAL DEFAULT UND do_something

17: 00000000 0 NOTYPE GLOBAL DEFAULT UND write_something

使用objdump反汇编ELF文件

```
program.o:     file format elf32-tradbigmips
Disassembly of section .text:
00000000 <main>:
  0:   27bdffd8        addiu   sp,sp,-40
  4:   afbf0024        sw      ra,36(sp)
  8:   afbe0020        sw      s8,32(sp)
  c:   03a0f021        move    s8,sp
 10:   0c000000        jal     0 <main>
 14:   00000000        nop
 18:   afc20018        sw      v0,24(s8)
 1c:   8fc40018        lw      a0,24(s8)
 20:   0c000000        jal     0 <main>
 24:   00000000        nop
 28:   00401821        move    v1,v0
 2c:   3c020000        lui     v0,0x0
 30:   ac430000        sw      v1,0(v0)
 34:   3c020000        lui     v0,0x0
 38:   24440000        addiu   a0,v0,0
 3c:   0c000000        jal     0 <main>
...
```

偏移

汇编指令

机器码

使用objdump反汇编ELF文件

- 在源文件三处函数调用，对应到汇编文件里，就是三处jal指令。
- 三条jal所对应的机器码，头六位二进制数(000011)代表jal，而后面的一串0是操作数，也就是要跳转到的地址。

10: 0c000000 jal 0 <main>

该条机器指令的二进制表示:

$(0c000000)_{16}=(0000\ 1100\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000)_2$

要跳转的函数地址都是0？！

链接的过程

- 编译C程序的时候，是以.c文件作为编译单元的。
  - 编译：.c→.o
  - 编译时函数定义在不同文件，无法知道地址。
- 链接的过程：
  - 将这些.o文件链接到一起，形成最终的可执行文件。
  - 在链接时，链接器会扫描各个目标文件，将之前未填写的地址填写上，从而生成一个真正可执行的文件。
    - E重定位目标文件
    - U未解析符号
    - D已定义符号
- 重定位(Relocation)
  - 将之前未填写的地址填写的过程。

```
gcc -Wall -o link program.o

program.o: In function `main':
program.c:(.text+0x10): undefined reference to `read_something'
program.c:(.text+0x20): undefined reference to `do_something'
program.c:(.text+0x3c): undefined reference to `write_something'
collect2: error: ld returned 1 exit status
```

Relocation entry

typedef struct {

/*给出了使用重定位动作的地点。对重定位文件来说，它的值是从节起始处到受重定位影响的存储单元的字节偏移量；对可执行文件或共享目标文件来说，它的值是受重定位影响的存储单元的虚拟地址*/

Elf32_Addr r_offset;

/*给出了与重定位修改地点有关的符号表索引和所使用的重定位的类型*/

Elf32_Word r_info;(symbol:24; type:8)

} Elf32_Rel;

Readelf读取重定位节

- Relocation section '.rel.text' at offset 0x348 contains 7 entries:

Offset	Info	Type	Sym.Value	Sym. Name
00000010	00000f04	R_MIPS_26	00000000	read_something
00000020	00001004	R_MIPS_26	00000000	do_something
0000002c	00000d05	R_MIPS_HI16	00000004	some_global_variable
00000030	00000d06	R_MIPS_LO16	00000004	some_global_variable
00000034	00000705	R_MIPS_HI16	00000000	.rodata
00000038	00000706	R_MIPS_LO16	00000000	.rodata
0000003c	00001104	R_MIPS_26	00000000	write_something

10: 0c000000 jal 0 <main>

链接后…

```
004006a0 <main>:
 4006a0:    27bdffd8    addiu   sp,sp,-40
 4006a4:    afbf0024    sw      ra,36(sp)
 4006a8:    afbe0020    sw      s8,32(sp)
 4006ac:    03a0f021    move    s8,sp
 4006b0:    0c1001c0    jal     400700 <read_something>
 4006b4:    00000000    nop
 4006b8:    afc20018    sw      v0,24(s8)
 4006bc:    8fc40018    lw      a0,24(s8)
 4006c0:    0c1001d1    jal     400744 <do_something>
 4006c4:    00000000    nop
 4006c8:    00401821    move    v1,v0
 4006cc:    3c020041    lui     v0,0x41
 4006d0:    ac430a1c    sw      v1,2588(v0)
 4006d4:    3c020040    lui     v0,0x40
 4006d8:    24440930    addiu   a0,v0,2352
 4006dc:    0c1001de    jal     400778 <write_something>
 4006e0:    00000000    nop
 4006e4:    00001021    move    v0,zero
 4006e8:    03c0e821    move    sp,s8
 4006ec:    8fbf0024    lw      ra,36(sp)
 4006f0:    8fbe0020    lw      s8,32(sp)
 4006f4:    27bd0028    addiu   sp,sp,40
 4006f8:    03e00008    jr      ra
 4006fc:    00000000    nop
```

```
 0:   27bdffd8    addiu   sp,sp,-40
 4:   afbf0024    sw      ra,36(sp)
 8:   afbe0020    sw      s8,32(sp)
 c:   03a0f021    move    s8,sp
10:   0c000000    jal     0 <main>
14:   00000000    nop
18:   afc20018    sw      v0,24(s8)
1c:   8fc40018    lw      a0,24(s8)
20:   0c000000    jal     0 <main>
24:   00000000    nop
28:   00401821    move    v1,v0
2c:   3c020000    lui     v0,0x0
30:   ac430000    sw      v1,0(v0)
34:   3c020000    lui     v0,0x0
38:   24440000    addiu   a0,v0,0
3c:   0c000000    jal     0 <main>
......
```

重定位时链接地址的计算

Name	Symbol	Calculation
R_MIPS_26	Local	((A | ((P + 4) & 0xf0000000)) + S) >> 2
	External	(sign_extend(A) + S) >> 2
R_MIPS_HI16	Any	%high(AHL + S) The %high(x) function is (x - (short)x) >> 16
R_MIPS_LO16	Any	AHL+S

A　　附加值(addend)。
S　　符号的地址。
AHL　地址的附加量(addend)。

链接地址的计算read_something

10: 0c000000 jal 0 <main> 编译后main.o

```
Offset     Info     Type            Sym.Value    Sym. Name
00000010  00000f04  R_MIPS_26       00000000     read_something

Symbol table '.symtab' contains 93 entries:
Num:    Value      Size  Type    Bind      Vis       Ndx   Name
 67:   00400700    68   FUNC   GLOBAL DEFAULT   13    read_something
```

计算的公式为(sign_extend(A) + S) >> 2，其中，A=0，S=00400700，所以结果为1001c0，填写到jal指令的操作数的位置，得到的结果正是0c1001c0，与汇编器给出的一致。

0000 1100 0100 0000 0000 0111 0000 0000 右移2位→

0000 1100 0001 0000 0000 0001 1100 0000

4006b0: 0c1001c0 jal 400700 <read_something> 链接后

Extras.o

```
00000078 <write_something>:
  78:  27bdffe0      addiu   sp,sp,-32
  7c:  afbf001c      sw      ra,28(sp)
  80:  afbe0018      sw      s8,24(sp)
  84:  03a0f021      move    s8,sp
  88:  afc40020      sw      a0,32(s8)
  8c:  3c020000      lui     v0,0x0
  90:  8c420000      lw      v0,0(v0)
  94:  00000000      nop
  98:  00403021      move    a2,v0
  9c:  8fc50020      lw      a1,32(s8)
  a0:  3c020000      lui     v0,0x0
  a4:  24440004      addiu   a0,v0,4
  a8:  0c000000      jal     0 <read_something>
  ac:  00000000      nop
  b0:  00000000      nop
  b4:  03c0e821      move    sp,s8
  b8:  8fbf001c      lw      ra,28(sp)
  bc:  8fbe0018      lw      s8,24(sp)
  c0:  27bd0020      addiu   sp,sp,32
  c4:  03e00008      jr      ra
  c8:  00000000      nop
  cc:  00000000      nop
```

```
void write_something (const char* str) {
        printf ("%s: %d\n", str, some_global_variable);
}
```

exe

62: 00410a1c 4 OBJECT GLOBAL DEFAULT 26 some_global_variable

```
00400778 <write_something>:
  400778:   27bdffe0   addiu   sp,sp,-32
  40077c:   afbf001c   sw      ra,28(sp)
  400780:   afbe0018   sw      s8,24(sp)
  400784:   03a0f021   move    s8,sp
  400788:   afc40020   sw      a0,32(s8)
  40078c:   3c020041   lui     v0,0x41
  400790:   8c420a1c   lw      v0,2588(v0)
  400794:   00000000   nop
  400798:   00403021   move    a2,v0
  40079c:   8fc50020   lw      a1,32(s8)
  4007a0:   3c020040   lui     v0,0x40
  4007a4:   24440944   addiu   a0,v0,2372
  4007a8:   0c100260   jal     400980 <printf@plt>
  4007ac:   00000000   nop
  4007b0:   00000000   nop
  4007b4:   03c0e821   move    sp,s8
  4007b8:   8fbf001c   lw      ra,28(sp)
  4007bc:   8fbe0018   lw      s8,24(sp)
  4007c0:   27bd0020   addiu   sp,sp,32
  4007c4:   03e00008   jr      ra
  4007c8:   00000000   nop
  4007cc:   00000000   nop
```

链接地址的计算some_global_variable

2c: 3c020000 lui v0, 0x0

30: ac430000 sw v1,0(v0) 编译后main.o

Offset	Info	Type	Sym.Value	Sym. Name
0000002c	00000d05	R_MIPS_HI16	00000004	some_global_variable
00000030	00000d06	R_MIPS_LO16	00000004	some_global_variable

Symbol table '.symtab' contains 93 entries:

Num:	Value	Size	Type	Bind	Vis	Ndx	Name
62:	00410a1c	4	OBJECT	GLOBAL	DEFAULT	26	some_global_variable

高16位的类型为R_MIPS_HI16，计算公式为((AHL + S)-(short)(AHL + S))>>16，此处AHL为0，S为00410a1c，结果为41

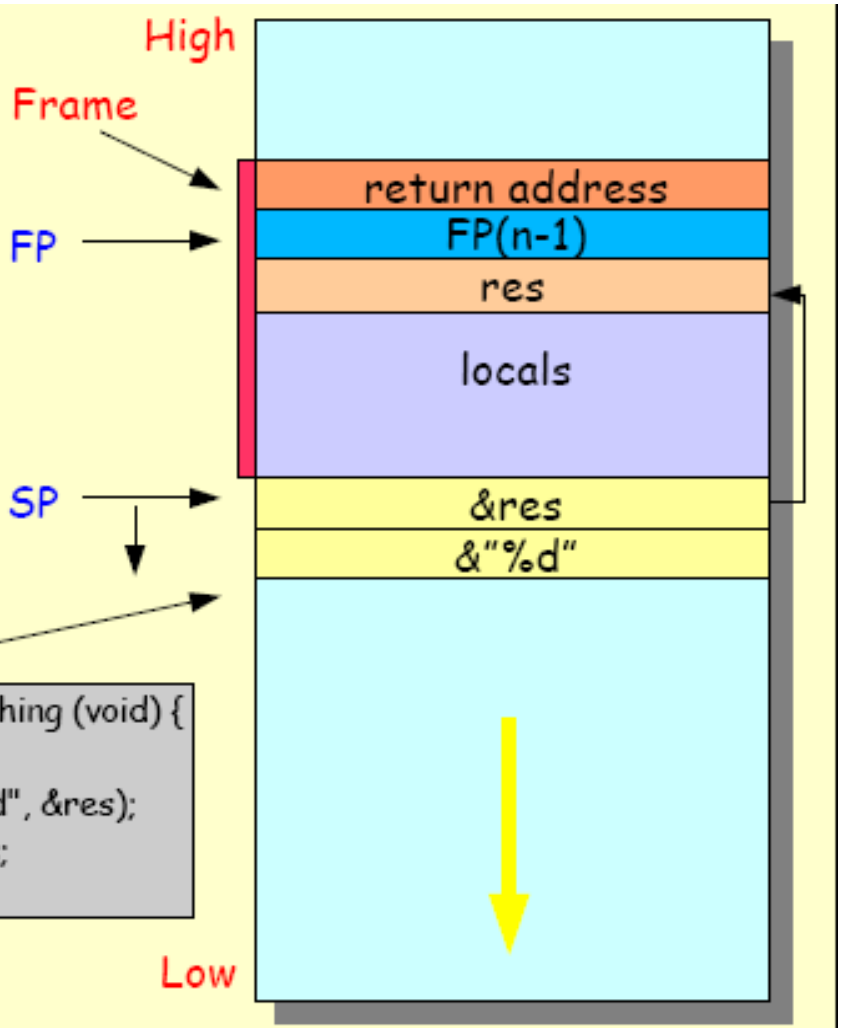
低16位地址的类型为R_MIPS_LO16，计算公式为AHL+S，此处AHL为0，S为00410a1c。这里只保留16位，因此，结果为0a1c

4006cc: 3c020041 lui v0, 0x41

4006d0: ac430a1c sw v0, 2588(v0) 链接后

```
        .file   "extras.c"
        .version "01.01"
gcc2_compiled.:
        .section .rodata
.LC0:
        .string "%d"
.text
        .align 4
.globl read_something
        .type    read_something,@function
read_something:
        pushl   %ebp
        movl    %esp, %ebp
        subl    $16, %esp
        leal    -4(%ebp), %eax
        pushl   %eax
        pushl   $.LC0
        call    scanf
        movl    -4(%ebp), %eax
        leave
        ret
....
```

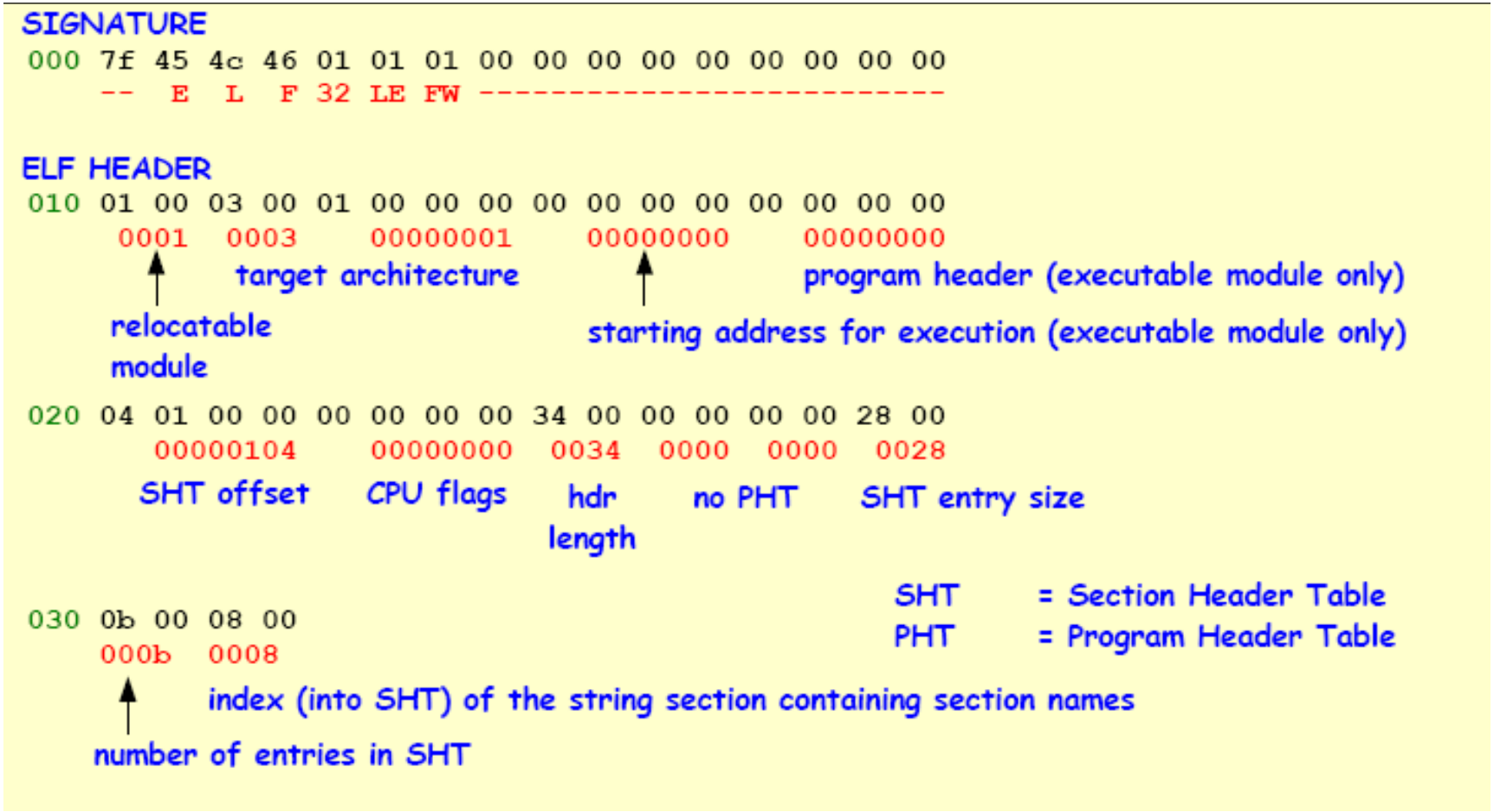
```
int read_something (void) {
        int res;
        scanf ("%d", &res);
        return res;
}
```



```
00000000h: 7F 45 4C 46 01 01 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; ELF.............
00000010h: 01 00 03 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
00000020h: C4 00 00 00 00 00 00 00 34 00 00 00 00 00 28 00 ; ?.......4.....(.
00000030h: 09 00 06 00 55 89 E5 83 EC 08 83 E4 F0 B8 00 00 ; ....U夂波.稞莺..
00000040h: 00 00 29 C4 E8 FC FF FF FF B8 00 00 00 00 C9 C3 ; ..)焉?    ?...擅
00000050h: 01 00 00 00 02 00 00 00 00 47 43 43 3A 20 28 47 ; .........GCC: (G
00000060h: 4E 55 29 20 33 2E 32 2E 32 20 32 30 30 33 30 32 ; NU) 3.2.2 200302
00000070h: 32 32 20 28 52 65 64 20 48 61 74 20 4C 69 6E 75 ; 22 (Red Hat Linu
00000080h: 78 20 33 2E 32 2E 32 2D 35 29 00 00 2E 73 79 6D ; x 3.2.2-5)...sym
00000090h: 74 61 62 00 2E 73 74 72 74 61 62 00 2E 73 68 73 ; tab..strtab..shs
000000a0h: 74 72 74 61 62 00 2E 72 65 6C 2E 74 65 78 74 00 ; trtab..rel.text.
000000b0h: 2E 64 61 74 61 00 2E 62 73 73 00 2E 63 6F 6D 6D ; .data..bss..comm
000000c0h: 65 6E 74 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; ent.............
000000d0h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
000000e0h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 1F 00 00 00 ; ................
000000f0h: 01 00 00 00 06 00 00 00 00 00 00 00 34 00 00 00 ; ............4...
00000100h: 1C 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 00 00 00 ; ................
00000110h: 00 00 00 00 1B 00 00 00 09 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
00000120h: 00 00 00 00 D4 02 00 00 08 00 00 00 07 00 00 00 ; ....?...........
00000130h: 01 00 00 00 04 00 00 00 08 00 00 00 25 00 00 00 ; ............%...
00000140h: 01 00 00 00 03 00 00 00 00 00 00 00 50 00 00 00 ; ............P...
00000150h: 08 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 00 00 00 ; ................
00000160h: 00 00 00 00 2B 00 00 00 08 00 00 00 03 00 00 00 ; ....+...........
00000170h: 00 00 00 00 58 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; ....X...........
00000180h: 00 00 00 00 04 00 00 00 00 00 00 00 30 00 00 00 ; ............0...
00000190h: 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 58 00 00 00 ; ............X...
000001a0h: 33 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 ; 3...............
000001b0h: 00 00 00 00 11 00 00 00 03 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
000001c0h: 00 00 00 00 8B 00 00 00 39 00 00 00 00 00 00 00 ; ....?..9........
000001d0h: 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 ; ................
000001e0h: 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 2C 02 00 00 ; ............,...
000001f0h: 90 00 00 00 08 00 00 00 06 00 00 00 04 00 00 00 ; ?...............
00000200h: 10 00 00 00 09 00 00 00 03 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
00000210h: 00 00 00 00 BC 02 00 00 16 00 00 00 00 00 00 00 ; ....?...........
00000220h: 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
```

```
00000000h: 7F 45 4C 46 01 01 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ;  ELF............
00000010h: 02 00 03 00 01 00 00 00 40 83 04 08 34 00 00 00 ; ........@?.4...
00000020h: 74 2A 00 00 00 00 00 00 34 00 20 00 06 00 28 00 ; t*......4. ...(.
00000030h: 1D 00 1A 00 06 00 00 00 34 00 00 00 34 80 04 08 ; ........4...4€..
00000040h: 34 80 04 08 C0 00 00 00 C0 00 00 00 05 00 00 00 ; 4€..?..?......
00000050h: 04 00 00 00 03 00 00 00 F4 00 00 00 F4 80 04 08 ; ........?..劒..
00000060h: F4 80 04 08 13 00 00 00 13 00 00 00 04 00 00 00 ; 劒.............
00000070h: 01 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 80 04 08 ; ............€..
00000080h: 00 80 04 08 4D 05 00 00 4D 05 00 00 05 00 00 00 ; .€..M...M.......
00000090h: 00 10 00 00 01 00 00 00 50 05 00 00 50 95 04 08 ; ........P...P?.
000000a0h: 50 95 04 08 10 01 00 00 30 01 00 00 06 00 00 00 ; P?.....0.......
000000b0h: 00 10 00 00 02 00 00 00 64 05 00 00 64 95 04 08 ; ........d...d?.
000000c0h: 64 95 04 08 C8 00 00 00 C8 00 00 00 06 00 00 00 ; d?.?..?......
000000d0h: 04 00 00 00 04 00 00 00 08 01 00 00 08 81 04 08 ; ............?.
000000e0h: 08 81 04 08 20 00 00 00 20 00 00 00 04 00 00 00 ; .?. ... .......
000000f0h: 04 00 00 00 2F 6C 69 62 2F 6C 64 2D 6C 69 6E 75 ; ..../lib/ld-linu
00000100h: 78 2E 73 6F 2E 32 00 00 04 00 00 00 10 00 00 00 ; x.so.2.........
00000110h: 01 00 00 00 47 4E 55 00 00 00 00 00 02 00 00 00 ; ....GNU.........
00000120h: 02 00 00 00 05 00 00 00 03 00 00 00 08 00 00 00 ; ................
00000130h: 07 00 00 00 04 00 00 00 06 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
00000140h: 00 00 00 00 01 00 00 00 02 00 00 00 03 00 00 00 ; ................
00000150h: 00 00 00 00 05 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ; ................
00000160h: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 51 00 00 00 ; ............Q...
00000170h: E4 82 04 08 95 00 00 00 22 00 00 00 2A 00 00 00 ; 鏊..?..".*...
00000180h: F4 82 04 08 34 00 00 00 12 00 00 00 12 00 00 00 ; 劒..4...........
00000190h: 04 83 04 08 25 00 00 00 22 00 00 00 3F 00 00 00 ; .?.%..."...?...
000001a0h: 14 83 04 08 D3 00 00 00 12 00 00 00 0B 00 00 00 ; .?.?...........
000001b0h: 24 83 04 08 32 00 00 00 12 00 00 00 30 00 00 00 ; $?.2.......0...
000001c0h: 34 85 04 08 04 00 00 00 11 00 0E 00 67 00 00 00 ; 4?.........g...
000001d0h: 00 00 00 00 00 00 00 00 20 00 00 00 00 6C 69 62 ; ........ ....lib
000001e0h: 63 2E 73 6F 2E 36 00 70 72 69 6E 74 66 00 5F 5F ; c.so.6.printf.__
000001f0h: 64 65 72 65 67 69 73 74 65 72 5F 66 72 61 6D 65 ; deregister_frame
00000200h: 5F 69 6E 66 6F 00 73 63 61 6E 66 00 5F 49 4F 5F ; _info.scanf._IO_
00000210h: 73 74 64 69 6E 5F 75 73 65 64 00 5F 5F 6C 69 62 ; stdin_used.__lib
00000220h: 63 5F 73 74 61 72 74 5F 6D 61 69 6E 00 5F 5F 72 ; c_start_main.__r
```


ELF头
程序头表
.init
.text
.rodata
.data
.bss
.symtab
.debug
节头表


SIGNATURE
000 7f 45 4c 46 01 01 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00
-- E L F 32 LE FW ----------
ELF HEADER
010 01 00 03 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0001 0003 00000001 00000000 00000000
target architecture
program header (executable module only)
relocatable module
starting address for execution (executable module only)
020 04 01 00 00 00 00 00 00 34 00 00 00 00 00 28 00
00000104 00000000 0034 0000 0000 0028
SHT offset
CPU flags
hdr length
no PHT
SHT entry size
SHT = Section Header Table
PHT = Program Header Table
030 0b 00 08 00
000b 0008
index (into SHT) of the string section containing section names
number of entries in SHT

- ./exe

程序入口点

```
ELF Header:
  Magic:   7f 45 4c 46 01 02 01 00 01 00 00 00 00 00 00 00
  Class:                             ELF32
  Data:                              2's complement, big endian
  Version:                           1 (current)
  OS/ABI:                            UNIX - System V
  ABI Version:                       1
  Type:                              EXEC (Executable file)
  Machine:                           MIPS R3000
  Version:                           0x1
  Entry point address:               0x4004c0
  Start of program headers:          52 (bytes into file)
  Start of section headers:          5520 (bytes into file)
  Flags:                             0x1005, noreorder, cpic, o32, mips1
  Size of this header:               52 (bytes)
  Size of program headers:           32 (bytes)
  Number of program headers:         9
  Size of section headers:           40 (bytes)
  Number of section headers:         35
  Section header string table index: 32
```

但是不等于Main的地址：
004006a0？？？

Crt1.o

- g F .text 00000000 _start

- Call __libc_csu_init
- Call __libc_start_main
- Call main
- Call __libc_csu_fini

程序入口点-_start 函数

```
/usr/lib/crt1.o:   file format elf32-tradbigmips
Disassembly of section .text:
00000000 <__start>:
 0:  3c1c0000      lui    gp,0x0
 4:  279c0000      addiu  gp,gp,0
 8:  0000f821      move   ra,zero
 c:  3c040000      lui    a0,0x0
10:  24840000      addiu  a0,a0,0
14:  8fa50000      lw     a1,0(sp)
18:  27a60004      addiu  a2,sp,4
1c:  2401fff8      li     at,-8
20:  03a1e824      and    sp,sp,at
24:  27bdffe0      addiu  sp,sp,-32
28:  3c070000      lui    a3,0x0
2c:  24e70000      addiu  a3,a3,0
30:  3c080000      lui    t0,0x0
34:  25080000      addiu  t0,t0,0
38:  afa80010      sw     t0,16(sp)
3c:  afa20014      sw     v0,20(sp)
40:  afbd0018      sw     sp,24(sp)
44:  3c190000      lui    t9,0x0
48:  27390000      addiu  t9,t9,0
4c:  0320f809      jalr   t9
…
```

程序入口点

Crt1.o 的定位表：

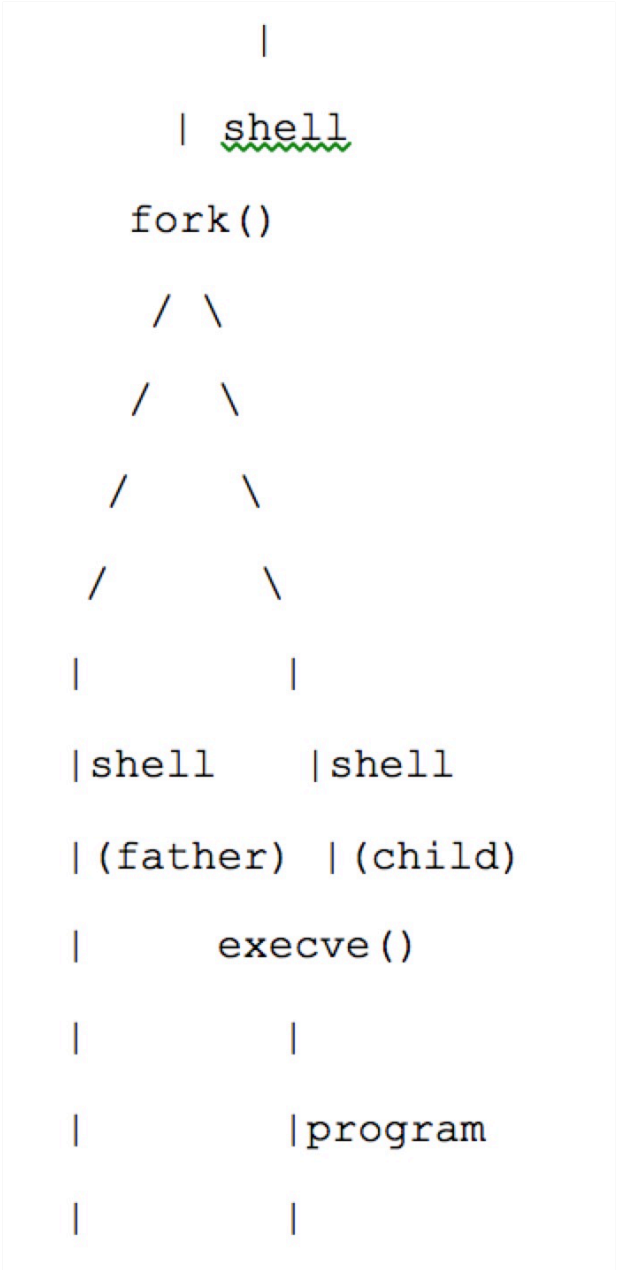
start_入口函数调用了main

Relocation section '.rel.text' at offset 0x42c contains 10 entries:

Offset	Info	Type	Sym.Value	Sym. Name
00000000	00000f05	R_MIPS_HI16	00000000	_gp
00000004	00000f06	R_MIPS_LO16	00000000	_gp
0000000c	00001305	R_MIPS_HI16	00000000	main
00000010	00001306	R_MIPS_LO16	00000000	main
00000028	00001205	R_MIPS_HI16	00000000	__libc_csu_init
0000002c	00001206	R_MIPS_LO16	00000000	__libc_csu_init
00000030	00001005	R_MIPS_HI16	00000000	__libc_csu_fini
00000034	00001006	R_MIPS_LO16	00000000	__libc_csu_fini
00000044	00001605	R_MIPS_HI16	00000000	__libc_start_main
00000048	00001606	R_MIPS_LO16	00000000	__libc_start_main

程序的装载和运行

- 执行程序的过程
  - shell调用fork()系统调用，
  - 创建出一个子进程
  - 子进程调用execve()加载program
- Fork()
- Execve(char *filename, char *argv[], char *envp)



程序的装载

装载前的工作：

- shell调用fork()系统调用，创建出一个子进程。

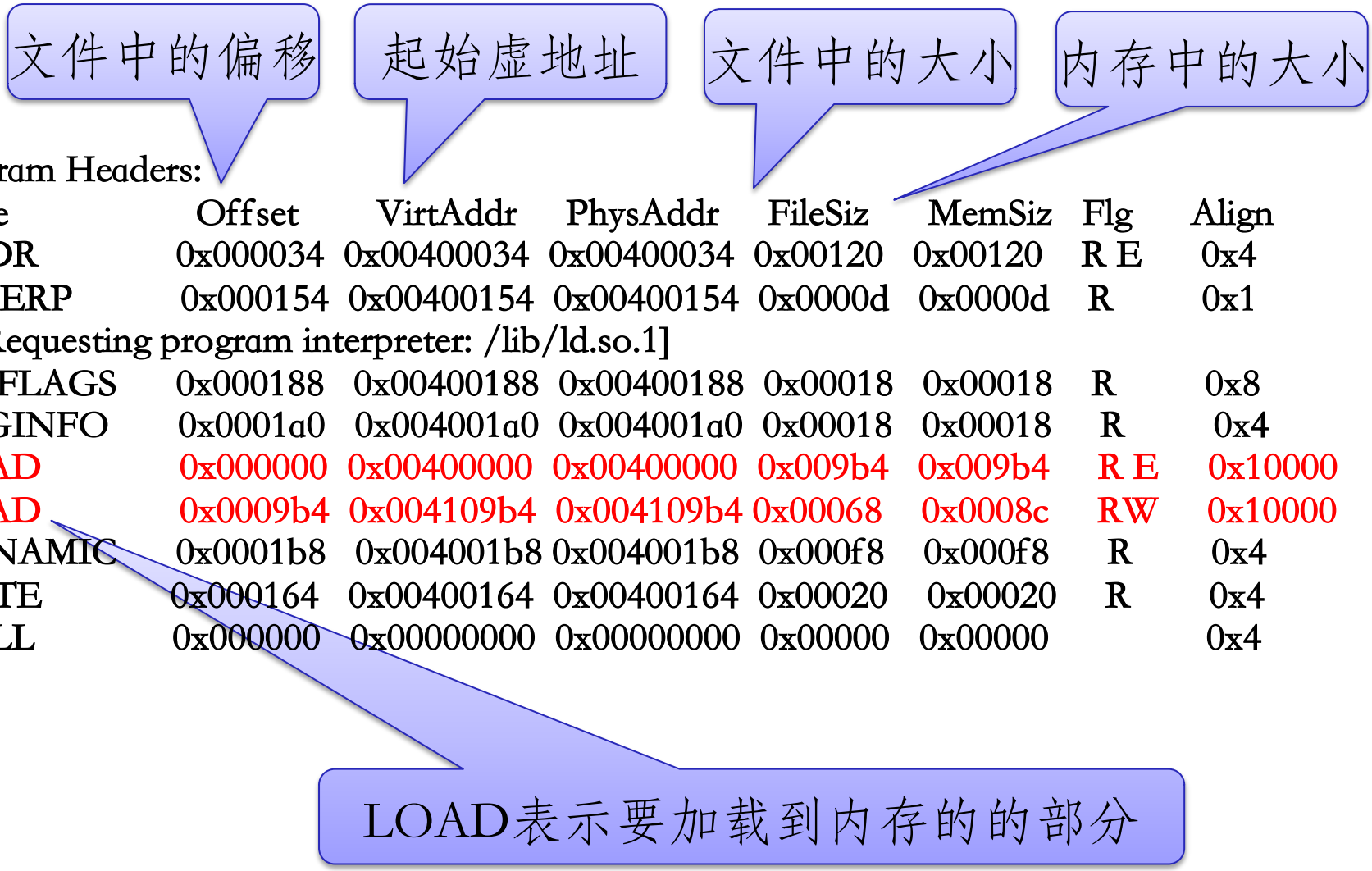
装载工作：

- 子进程调用execve()加载program(即要执行的程序)。

程序如何被加载：

- 加载器在加载程序的时候只需要看ELF文件中和segment相关的信息即可。我们用readelf工具将segment读取出来：读出的信息分为两部分，一部分是各segment的具体信息，另一部分是section和segment之间的对应关系。
- 其中Type为Load的segment是需要被加载到内存中的部分。

程序的装载



Program Headers:

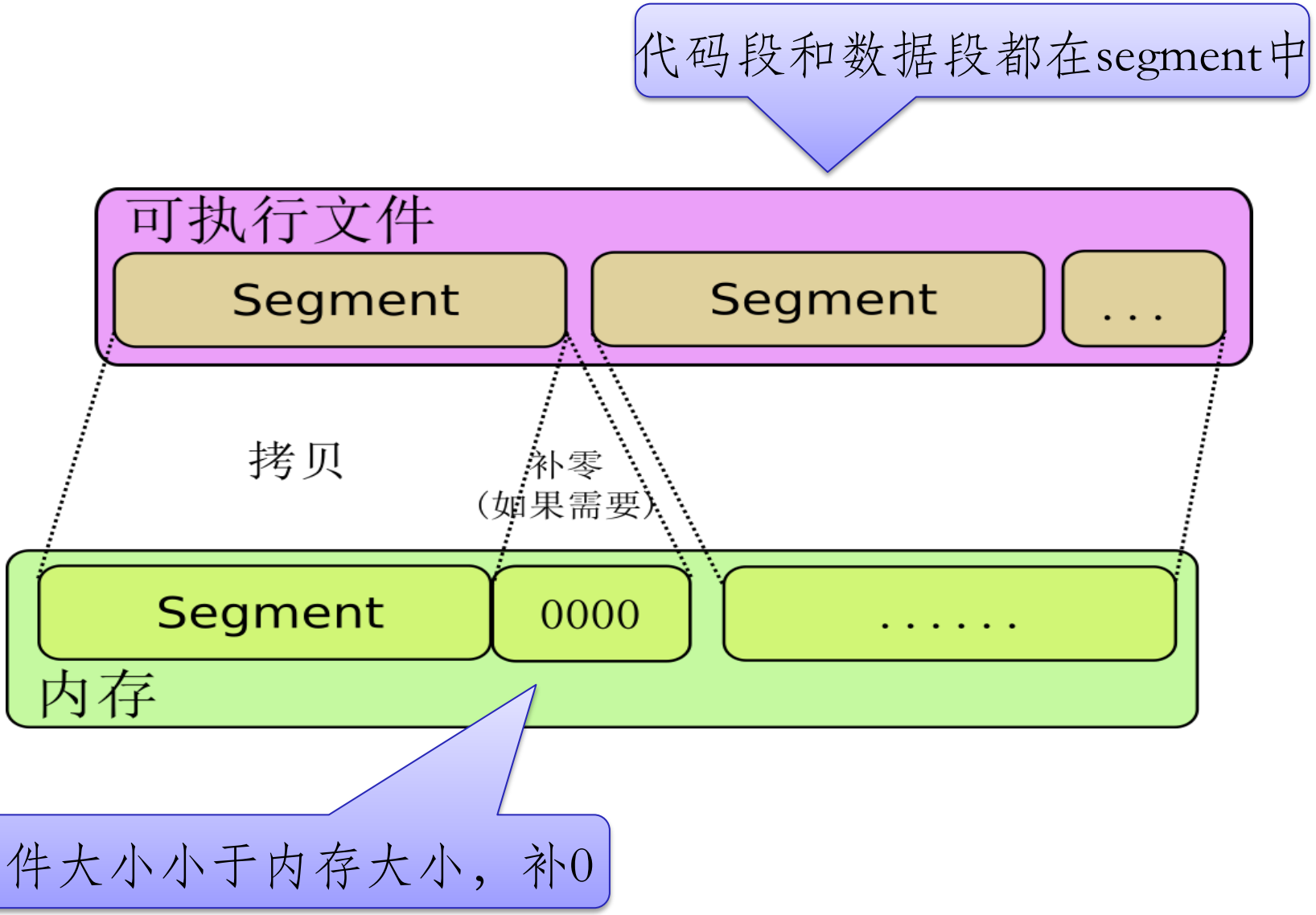
Type	Offset	VirtAddr	PhysAddr	FileSiz	MemSiz	Flg	Align
PHDR	0x000034	0x00400034	0x00400034	0x00120	0x00120	R E	0x4
INTERP	0x000154	0x00400154	0x00400154	0x0000d	0x0000d	R	0x1
[Requesting program interpreter: /lib/ld.so.1]							
ABIFLAGS	0x000188	0x00400188	0x00400188	0x00018	0x00018	R	0x8
REGINFO	0x0001a0	0x004001a0	0x004001a0	0x00018	0x00018	R	0x4
LOAD	0x000000	0x00400000	0x00400000	0x009b4	0x009b4	R E	0x10000
LOAD	0x0009b4	0x004109b4	0x004109b4	0x00068	0x0008c	RW	0x10000
DYNAMIC	0x0001b8	0x004001b8	0x004001b8	0x000f8	0x000f8	R	0x4
NOTE	0x000164	0x00400164	0x00400164	0x00020	0x00020	R	0x4
NULL	0x000000	0x00000000	0x00000000	0x00000	0x00000		0x4

程序的装载

细节：

- 一个segment在文件中的大小是小于等于其在内存中的大小。
- 如果在文件中的大小小于在内存中的大小，那么在载入内存时通过补零使其达到其在内存中应有的大小。

程序的装载和运行


代码段和数据段都在segment中
可执行文件
Segment
Segment
...
拷贝
补零
(如果需要)
Segment
0000
.....
内存
文件大小小于内存大小，补0

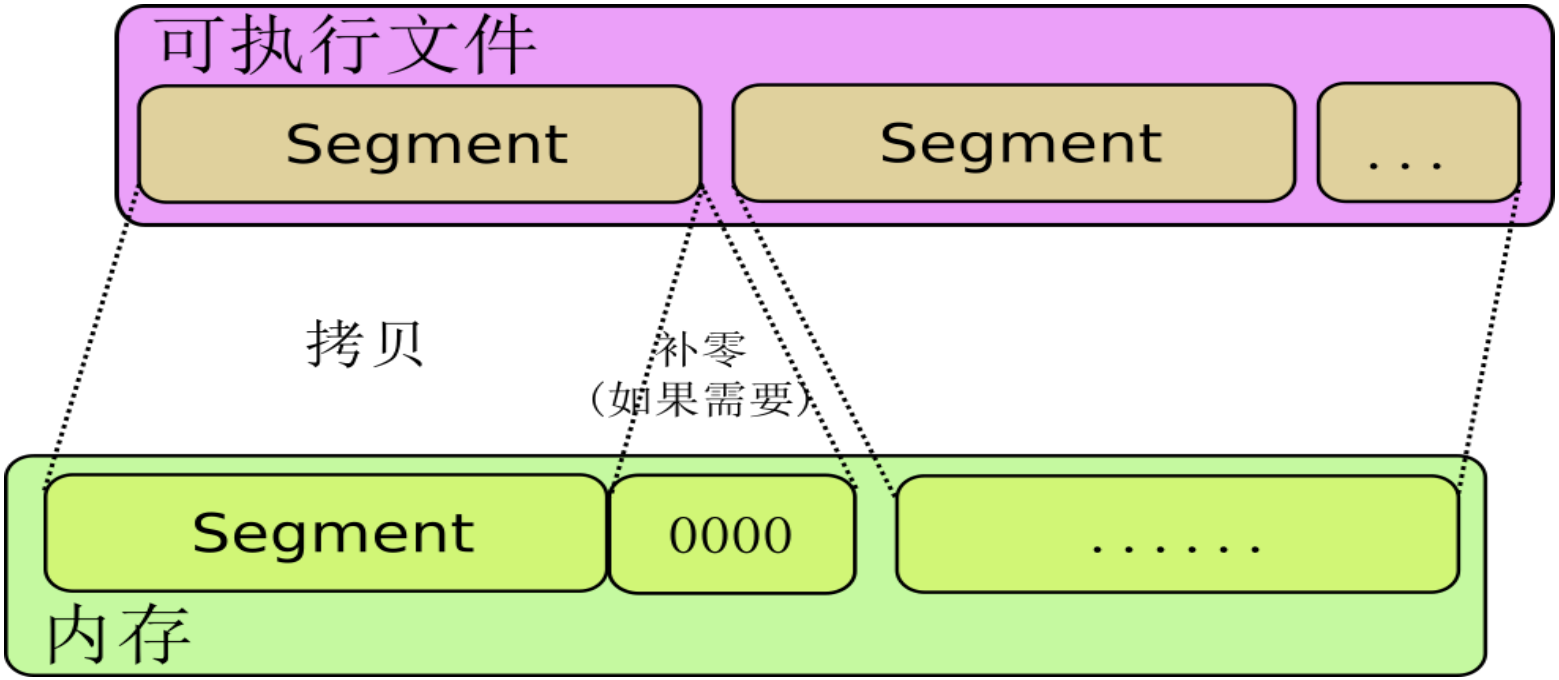
程序的装载流程

- 读取ELF头部的魔数(Magic Number)，以确认该文件确实是ELF文件。
  - ELF文件的头四个字节依次为’0x7f’、’E’、‘L’、‘F’。
  - 加载器会首先对比这四个字节，若不一致，则报错。
- 找到段表项。
  - ELF头部会给出的段表起始位置在文件中的偏移，段表项的大小，以及段表包含了多少项。根据这些信息可以找到每一个段表项。
- 对于每个段表项解析出各个段应当被加载的虚地址，在文件中的偏移。以及在内存中的大小和在文件中的大小。（段在文件中的大小小于等于内存中的大小）。

程序的装载流程

- 对于每一个段，根据其在内存中的大小，为其分配足够的物理页，并映射到指定的虚地址上。再将文件中的内容拷贝到内存中。
- 若ELF中记录的段在内存中的大小大于在文件中的大小，则多出来的部分用0进行填充。
- 设置进程控制块中的PC为ELF文件中记载的入口地址。
- 控制权交给进程开始执行！

程序的运行



各个segment都装入内存后，控制权交给应用，从应用入口开始执行

- 系统调用： execve()
- 对应函数：
  - int do_execve(char *filename, char **argv, char **envp, struct pt_regs *regs);
  - asmlinkage int sys_execve (struct pt_regs regs);
- 主要数据结构：
  - struct pt_regs在系统调用时用于保存寄存器组；
  - struct linux_binprm用于存储执行该文件的一些参数；
  - struct linux_binfmt其中定义了一些用以载入二进制文件的函数。

```
struct linux_binprm{
    char buf[128];
    unsigned long page[MAX_ARG_PAGES];
    unsigned long p;
    int sh_bang;
    struct inode * inode;
    int e_uid, e_gid;
    int argc, envc;
    char * filename;            /* Name of binary */
    unsigned long loader, exec;
    int dont_iput;              /* binfmt handler has put inode */
};
```

```
struct linux_binfmt {
    struct linux_binfmt * next;
    long *use_count;
    int (*load_binary)(struct linux_binprm *, struct  pt_regs *
    regs);
    int (*load_shlib)(int fd);
    int (*core_dump)(long signr, struct pt_regs * regs);
};
```

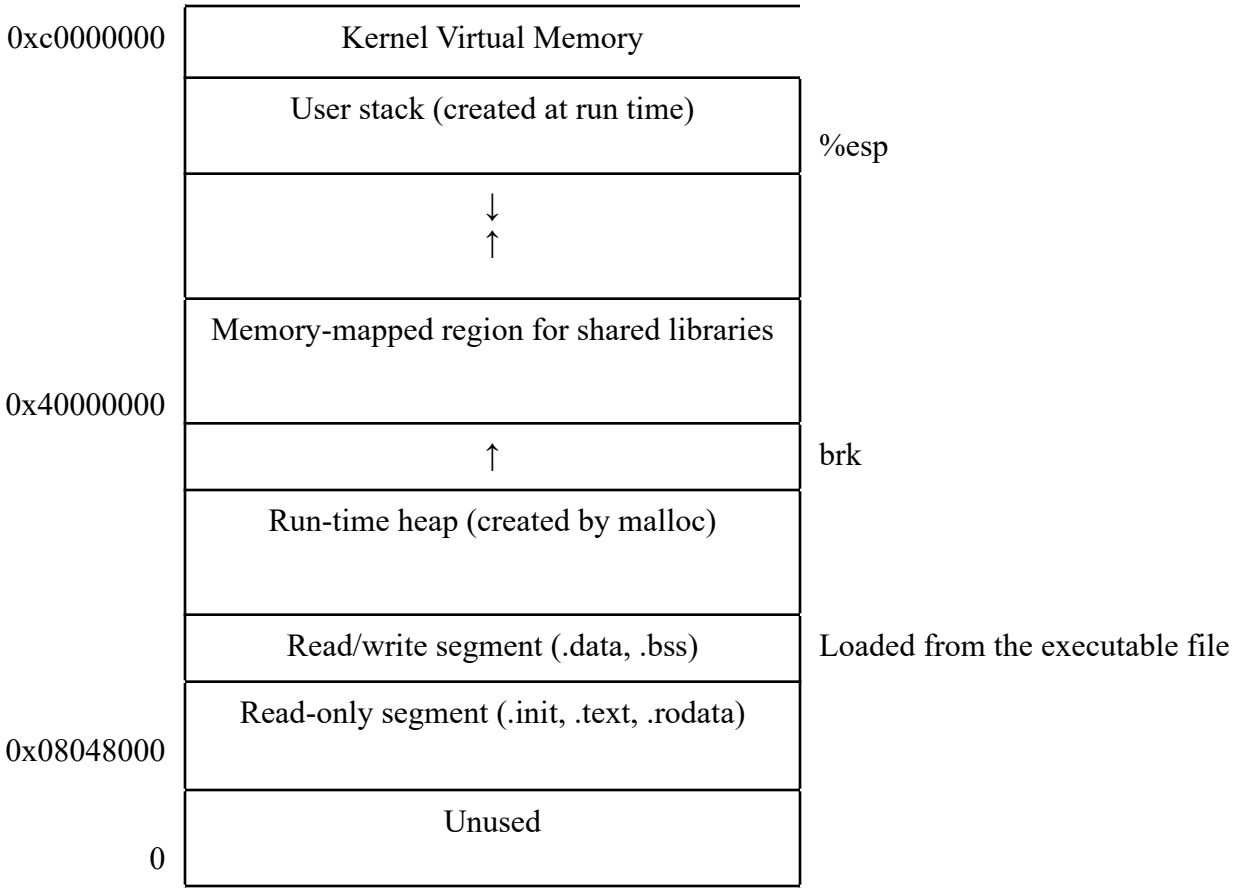
- sys_execve()只是函数do_execve()的一个界面，实际的处理动作在do_execve()中完成。
- regs.ebx：指向程序文件名的指针；
- regs.ecx：指向传递给程序的参数的指针；
- regs.edx：程序运行的环境的地址。

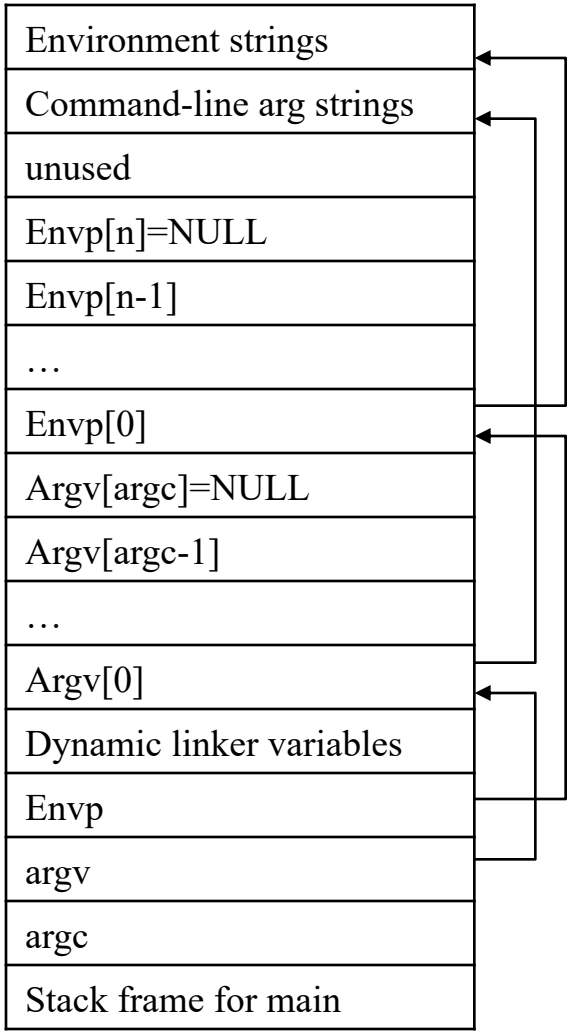
do_execve

- 通过这个程序的文件名，找到该程序对应的可执行文件即i结点；
- 检查对该文件的接触权限（在打开i结点的函数open_namei()中实现）；
- 设置程序所需的参数结构struct linux_binprm bprm；
- 以bprm为参数，调用函数prepare_binprm()，进行一些其他的检查并读入该文件的前128字节；
- 使用函数search_binary_handler()，试着用多种方式将该可执行文件载入。Linux为它所支持的每一种格式的可执行文件都提供了一个函数（由函数指针load_binary指向）以载入文件。轮流调用这些函数，并判断其返回值是否为成功标识。如果成功，则可以判断该可执行文件的格式。如果都不成功，则返回错误标识NOEXEC；

do_load_elf_binary

- 在参数bprm->buf中存储了文件的前128字节；
- 该函数先对欲载入文件的格式进行检查，判断是否正确。如果不正确，返回错误标识ENOEXEC，于是函数do_execve()可以继续进行检查。
- 如果判断结果是正确的，这个文件将被载入。然后，将原进程所分配的内存释放。
- 将文件的代码段和数据段使用do_mmap()函数载入内存。
- 使用set_brk()函数载入BSS段，接着将寄存器特别是指令寄存器初始化。
- 在系统调用execve结束时，使用start_thread()开始让进程从新的地址开始执行。


0xc0000000
Kernel Virtual Memory
User stack (created at run time)
%esp
↓
↑
Memory-mapped region for shared libraries
0x40000000
↑
brk
Run-time heap (created by malloc)
Read/write segment (.data, .bss)
Loaded from the executable file
Read-only segment (.init, .text, .rodata)
0x08048000
Unused
0


Environment strings
Command-line arg strings
unused
Envp[n]=NULL
Envp[n-1]
…
Envp[0]
Argv[argc]=NULL
Argv[argc-1]
…
Argv[0]
Dynamic linker variables
Envp
argv
argc
Stack frame for main