哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院
2016年秋季学期《操作系统》

Lab5:地址映射与共享

姓名	学号	联系方式
匡盟盟	1143220116	kuangmeng@msn.com
樊晨霄	15S008199	18513534698

目　录

一、实验目的

- 深入理解操作系统的段、页式内存管理；
- 深入理解段表、页表、逻辑地址、线性地址、物理地址等概念；
- 实践段、页式内存管理的地址映射过程；
- 编程实现段、页式内存管理上的内存共享，从而深入理解操作系统的内存管理。

二、实验内容

实验基本内容：

1. 用Bochs调试工具跟踪Linux 0.11的地址翻译（地址映射）过程，了解IA-32和Linux 0.11的内存管理机制；
2. 在Ubuntu上编写多进程的生产者－消费者程序，用**共享内存**做缓冲区；
3. 在信号量实验的基础上，为Linux 0.11增加共享内存功能，并将生产者－消费者程序移植到Linux 0.11。

1、跟踪地址翻译过程

首先以汇编级调试的方式启动bochs，引导Linux 0.11，在0.11下编译和运行test.c。它是一个无限循环的程序，永远不会主动退出。然后在调试器中通过查看各项系统参数，从逻辑地址、LDT表、GDT表、线性地址到页表，计算出变量i的物理地址。最后通过直接修改物理内存的方式让test.c退出运行。

test.c的代码如下：

```
#include <stdio.h>
int i = 0x12345678;
int main(void){
        printf("The logical/virtual address of i is 0x%08x", &i);
        fflush(stdout);
        while (i)
                ;
        return 0;
}
```

2、基于共享内存的生产者－消费者程序

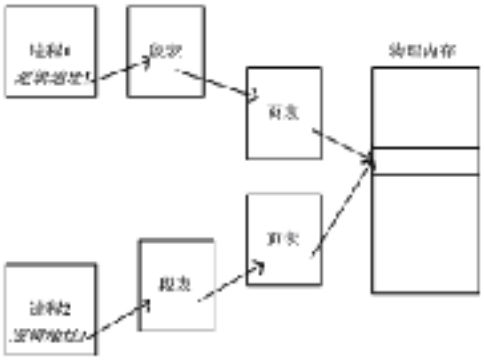
本次实验在Ubuntu下完成，与信号量实验中的pc.c的功能要求基本一致，仅有三点不同：

1. 不用文件做缓冲区，而是使用共享内存；
2. 生产者和消费者分别是不同的程序：生产者是producer.c，消费者是consumer.c；
3. 两个程序都是单进程的，通过信号量和缓冲区进行通信。

Linux下，可以通过shmget()和shmat()两个系统调用使用共享内存。

3、共享内存的实现

进程之间可以通过页共享进行通信，被共享的页叫做共享内存，结构如下图所示：



本部分实验内容是在Linux 0.11上实现上述页面共享，并将上一部分实现的producer.c和consumer.c移植过来，验证页面共享的有效性。

具体要求在mm/shm.c中实现shmget()和shmat()两个系统调用。它们能支持producer.c和consumer.c的运行即可，不需要完整地实现POSIX所规定的功能。

3.1 shmget()

int shmget(key_t key, size_t size, int shmflg);

shmget()会新建/打开一页内存，并返回该页共享内存的shmid（该块共享内存在操作系统内部的id）。所有使用同一块共享内存的进程都要使用相同的key参数。如果key所对应的共享内存已经建立，则直接返回shmid。如果size超过一页内存的大小，返回-1，并置errno为EINVAL。如果系统无空闲内存，返回-1，并置errno为ENOMEM。shmflg参数可忽略。

3.2 shmat()

void *shmat(int shmid, const void *shmaddr, int shmflg);

shmat()会将shmid指定的共享页面映射到当前进程的虚拟地址空间中，并将其首地址返回。如果shmid非法，返回-1，并置errno为EINVAL。shmaddr和shmflg参数可忽略。

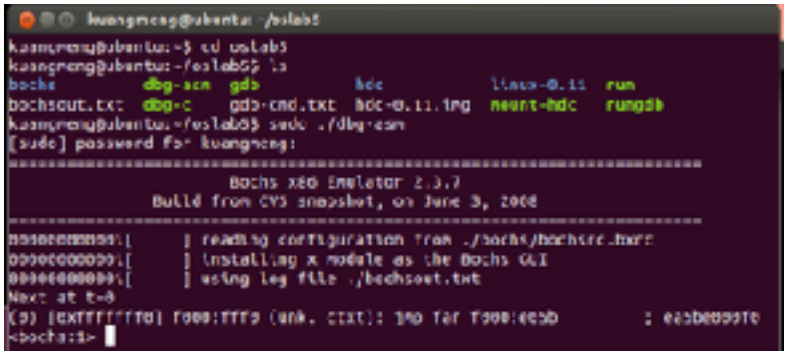
三、实验过程

准备

- 编写test.c文件，放入oslab5/linux-0.11/目录下；
- 编译linux-0.11（进入linux-0.11目录下，直接“make all”即可）。

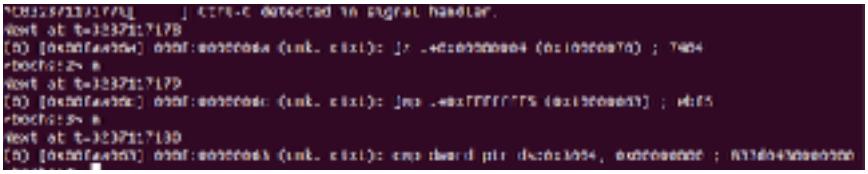
进行test.c实验

1. 通过“sudo ./dbg-asm”命令进入debug模式，此时控制台显示如下（Bochs显示黑屏）：

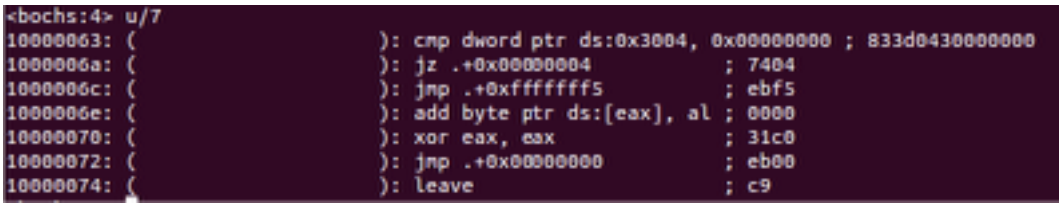


2. 输入指令“c”，继续程序的运行，Bochs此时开始加载系统，运行test,截图如下:

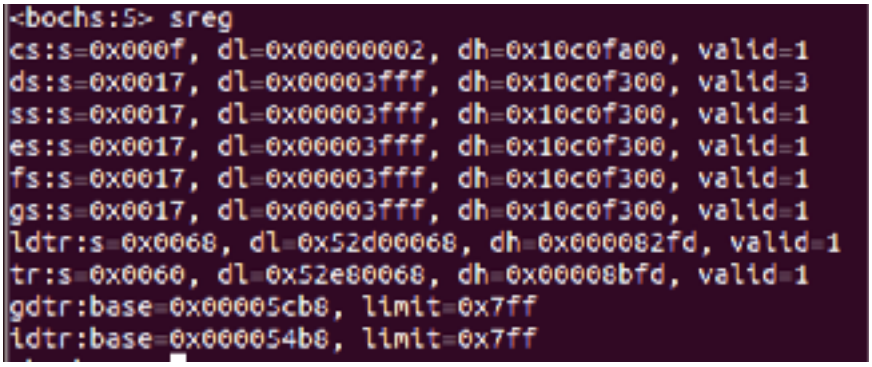
3. 在控制台运行“CTRL/COMMAND+C”，Bochs会暂停运行，进入调试状态，虽然我的程序停在了test内，但是下一条指令不是“cmp……”，用“n”指令单步运行两次，进入指定位置：



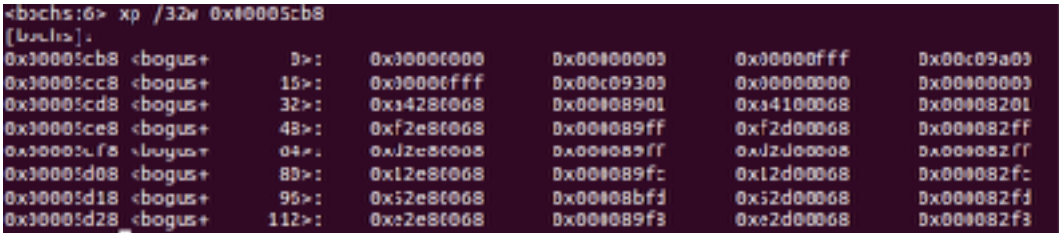
4. 使用指令“u/7”，显示从当前位置开始的7条指令的反汇编代码，如下图：



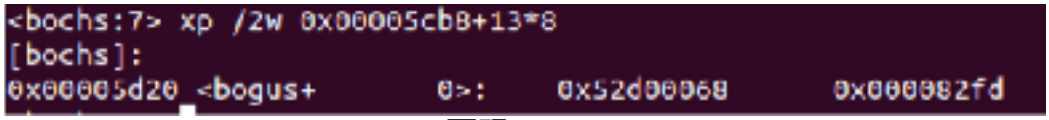
5. ds:0x3004是虚拟地址，ds表明这个地址属于ds段。我们需要首先找到段表，然后通过ds的值在段表中找到ds段的具体信息，才能继续进行地址翻译。每个在IA-32上运行的程序都有一个段表，叫LDT，段的信息叫段描述符。通过“sreg”指令，我们可以得到如下信息：



6. 可以看到ldtr的值是0x0068=0000000001101000（二进制），表示LDT表存放在GDT表的1101(二进制)=13（十进制）号位置（每位数据的意义参考后文叙述的段选择子）。而GDT的位置已经由gdtr明确给出，在物理地址的0x00005cb8。用“xp /32w 0x00005cb8”查看从该地址开始，32个字的内容，及GDT表的前16项：



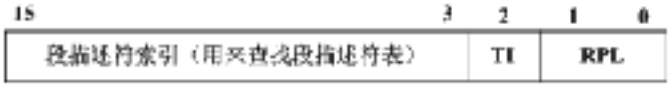
7. GDT表中的每一项占64位（8个字节），所以我们要查找的项的地址是“0x00005cb8 + 13 * 8”。对应指令“xp /2w 0x00005cb8 + 13 * 8”，得到：



8. “0x**52d0**0068 0x**00**0082**fd**”将其中的加粗数字组合为“0x00fd52d0”，这就是LDT表的物理地址。
   通过指令“xp /8w 0x00fd52d0”，得到：

```
<bochs:8> xp /8w 0x00fd52d0
[bochs]:
0x00fd52d0 <bogus+       0>:    0x00000000      0x00000000      0x00000002      0x10c0fa00
0x00fd52e0 <bogus+      16>:    0x00003fff      0x10c0f300      0x00000000      0x00fd6000
```

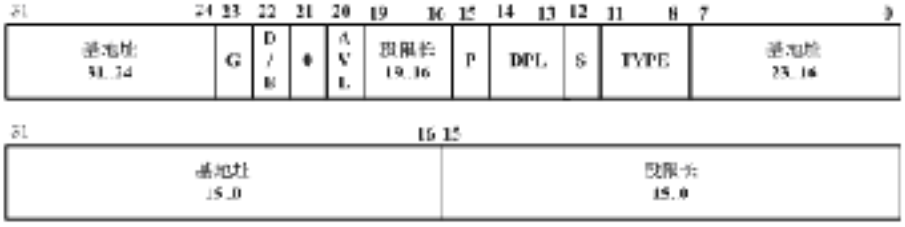
9. 可以看到，ds的值是0x0017。段选择子是一个16位寄存器，它各位的含义如下图：



其中RPL是请求特权级，当访问一个段时，处理器要检查RPL和CPL（放在cs的位0和位1中，用来表示当前代码的特权级），即使程序有足够的特权级（CPL）来访问一个段，但如果RPL（如放在ds中，表示请求数据段）的特权级不足，则仍然不能访问，即如果RPL的数值大于CPL（数值越大，权限越小），则用RPL的值覆盖CPL的值。而段选择子中的TI是表指示标记，如果TI=0，则表示段描述符（段的详细信息）在GDT（全局描述符表）中，即去GDT中去查；而TI=1，则去LDT（局部描述符表）中去查。

看看上面的ds，0x0017=0000000000010111（二进制），所以RPL=11，可见是在最低的特权级（因为在应用程序中执行），TI=1，表示查找LDT表，索引值为10（二进制）= 2（十进制），表示找LDT表中的第3个段描述符（从0开始编号）。

LDT和GDT的结构一样，每项占8个字节。所以第3项“0x00003fff 0x10c0f300”就是搜寻好久的ds的段描述符了。用“sreg”输出中ds所在行的dl和dh值可以验证找到的描述符是否正确。
接下来看看段描述符里面放置的是什么内容：



可以看到，段描述符是一个64位二进制的数，存放了段基址和段限长等重要的数据。其中位P（Present）是段是否存在的标记；位S用来表示是系统段描述符（S=0）还是代码或数据段描述符（S=1）；四位TYPE用来表示段的类型，如数据段、代码段、可读、可写等；DPL是段的权限，和CPL、RPL对应使用；位G是粒度，G=0表示段限长以位为单位，G=1表示段限长以4KB为单位；其他内容就不详细解释了。

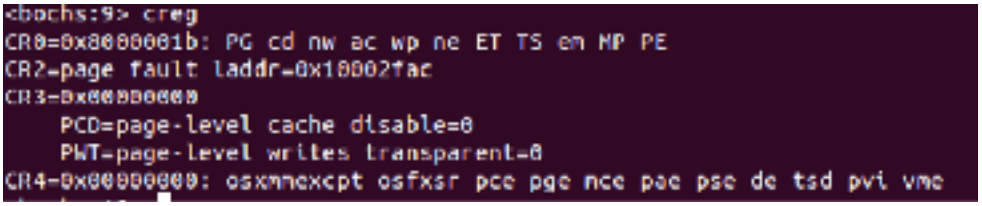
实际上我们需要的只有段基址一项数据，即段描述符“0x**0000**3fff 0x**10**c0f3**00**”中加粗部分组合成的“0x10000000”。这就是ds段在线性地址空间中的起始地址。用同样的方法也可以算算其它段的基址，都是这个数。段基址+段内偏移，就是线性地址了。所以ds:0x3004的线性地址就是：

0x10000000 + 0x3004 = 0x10003004

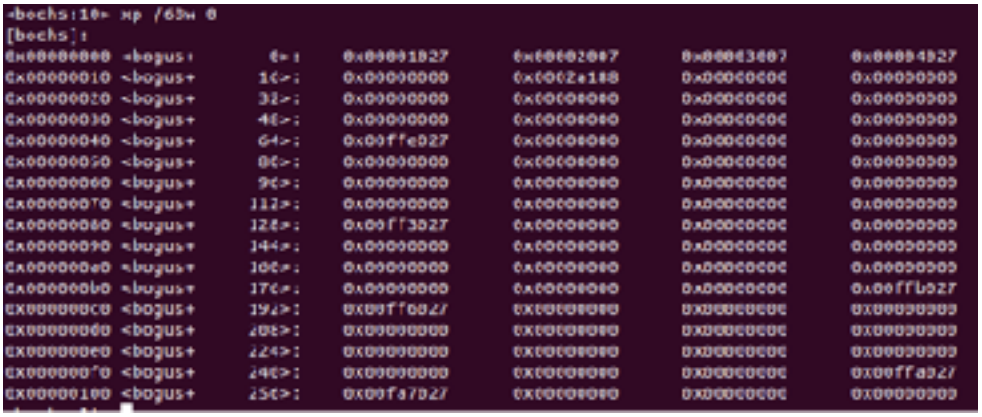
用“calc ds:0x3004”命令可以验证这个结果：

```
<bochs:3> calc ds:0x3004
0x10003004 268447748
```

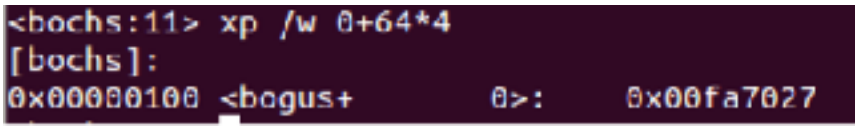
10. 算出线性地址中的页目录号、页表号和页内偏移，它们分别对应了32位线性地址的10位+10位+12位，所以0x10003004的页目录号是64，页号3，页内偏移是4。IA-32下，页目录表的位置由CR3寄存器指引。“creg”命令可以看到：



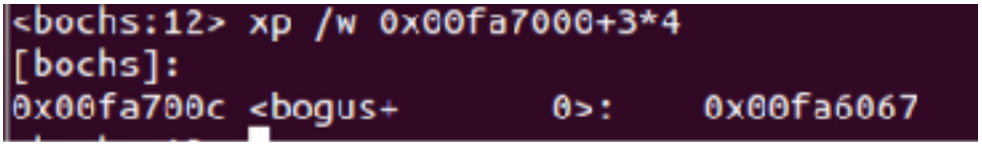
11. 页目录表的基址为0。看看其内容，指令“xp /68w 0”：



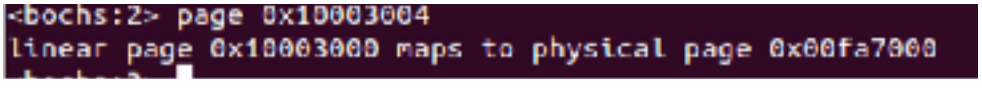
12. 页目录表和页表中的内容很简单，是1024个32位（正好是4K）数。这32位中前20位是物理页框号，后面是一些属性信息（其中最重要的是最后一位P）。其中第65个页目录项就是我们要找的内容，用“xp /w 0+64*4”查看：



13. 其中的027是属性，显然P=1，页表所在物理页框号为0x00fa7，即页表在物理内存的0x00fa7000位置。从该位置开始查找3号页表项，指令“xp /w 0x00fa7000+3*4”：



14. 线性地址0x10003004对应的物理页框号为0x00fa6，和页内偏移0x004接到一起，得到0x00fa6004，这就是变量i的物理地址。可以通过两种方法验证：
    1. 用命令“page 0x10003004”，可以得到信息：



    2. 用命令“xp /w 0x00fa6004”，可以看到（即为i的初值）：

```
<bochs:13> xp /w 0x00fa6004
[bochs]:
0x00fa6004 <bogus+       0>:    0x12345678
```

15. 通过直接修改内存来改变i的值为0，命令是： setpmem 0x00fa7004 4 0，表示从0x00fa7004地址开始的4个字节都设为0，然后再用“c”命令继续Bochs的运行，可以看到test退出了，说明i的修改成功了：

```
<bochs:14> setpmem 0x00fa6004 4 0
<bochs:15> c
```

Bochs停止运行截图：

至此，该实验结束！

进行共享内存实验

1. 修改linux-0.11/mm/目录下的memory.c文件，注释一行（防止报错）：

```
void free_page(unsigned long addr)
{
        if (addr < LOW_MEM) return;
        if (addr >= HIGH_MEMORY)
                panic("trying to free nonexistent page");
        addr -= LOW_MEM;
        addr >>= 12;
        if (mem_map[addr]--) return;
        mem_map[addr]=0;
        // panic("trying to free free page");
}
```

2. 在linux-0.11/mm/目录下编写shm.c文件，并在Makefile中做一些添加：

```
shm.s shm.o: shm.c ../include/linux/kernel.h ../include/unistd.h
```

3. 修改linux-0.11/include/目录下的unistd.h文件，添加系统调用及声明结构体：

```
#define __NR_sem_open   72
#define __NR_sem_wait   73
#define __NR_sem_post   74
#define __NR_sem_unlink 75
#define __NR_shmget 76
#define __NR_shmat 77
```

```
struct semaphore_queue
{
        int front;
        int rear;
        struct task_struct *wait_tasks[QUE_LEN];
};
typedef struct semaphore_queue sem_queue;

struct semaphore_t
{
    int value;
    int occupied;
    char name[16];
    struct semaphore_queue wait_queue;
};
typedef struct semaphore_t sem_t;
```

4. 在linux-0.11/include/linux/目录下的sys.h文件中，添加如下系统函数信息（sys_call_table[]中也添加，没截图）：

```
extern int sys_sem_open();
extern int sys_sem_wait();
extern int sys_sem_post();
extern int sys_sem_unlink();
extern int sys_shmget();
extern void* sys_shmat();
```

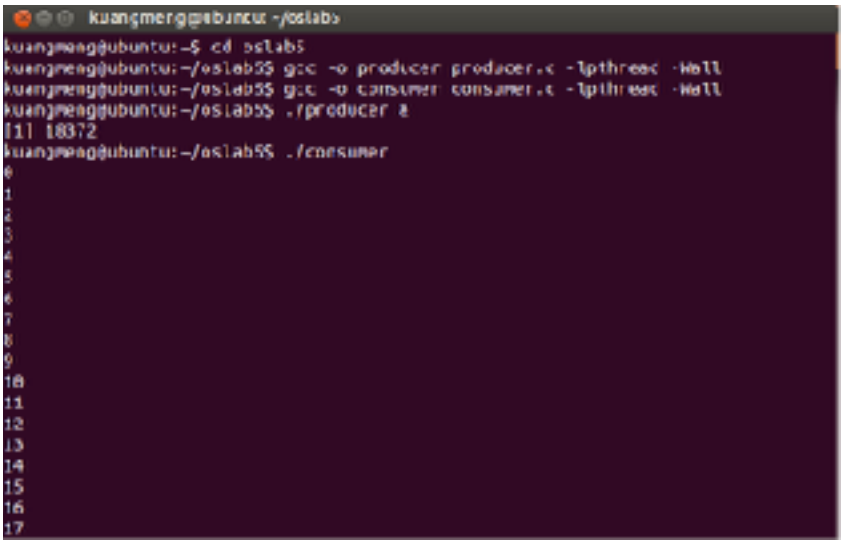
5. 在linux-0.11/kernel/目录下编写sem.c文件，并添加以下内容到Makefile中：

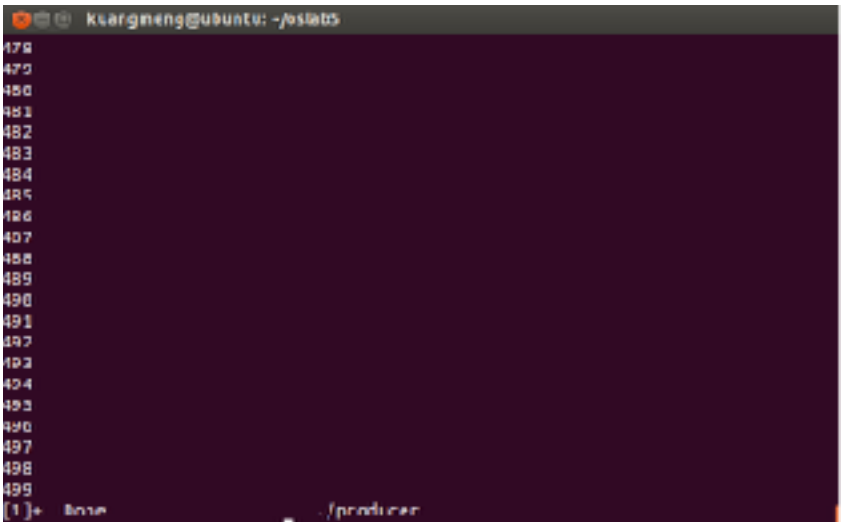
```
sem.s sem.o: sem.c ../include/errno.h ../include/signal.h\
  ../include/sys/types.h ../include/sys/wait.h ../include/linux/sched.h\
  ../include/linux/head.h ../include/linux/fs.h ../include/linux/mm.h\
  ../include/linux/kernel.h ../include/linux/tty.h ../include/termios.h\
  ../include/asm/segment.h
```

6. 修改linux-0.11/kernel/目录下system_call.s文件，修改如下值：

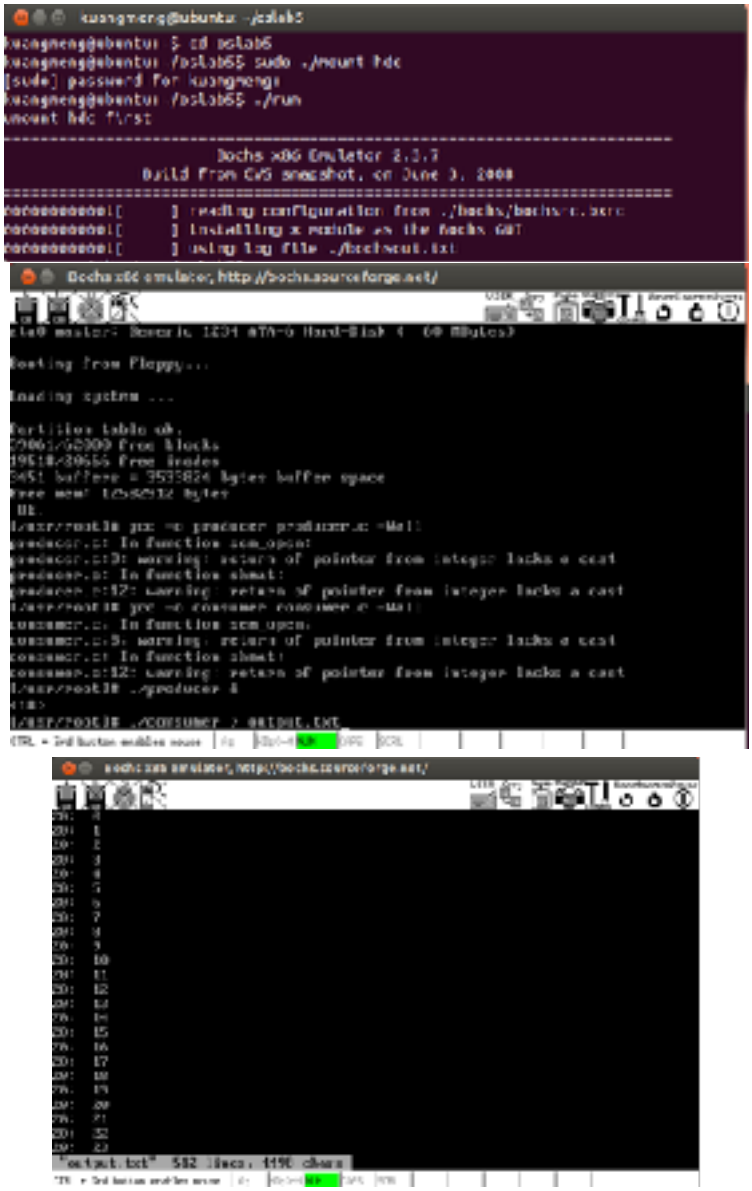
```
nr_system_calls = 78
```

7. 编写用于Ubuntu下运行的consumer.c及producer.c，直接放在oslab5/目录下，在控制台中编译运行，截图如下：





8. 编写linux-0.11系统下使用的consumer.c及producer.c文件，挂载linux-0.11，修改hdc/usr/include/目录下的unistd.h，保持与之前的一致，将上述两文件放到hdc/usr/root/目录下，在bochs中编译运行，并输出到output.txt中，通过vim打开如下内容：



四、回答问题

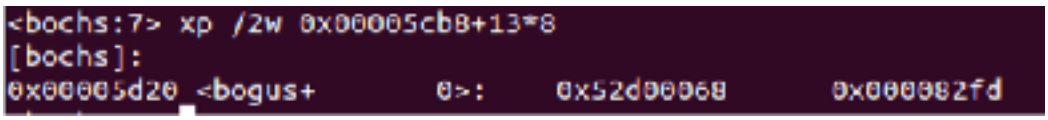
1. **对于地址映射实验部分，列出你认为最重要的那几步（不超过4步），并给出你获得的实验数据。**

答：**第一步：首先需要获得逻辑地址，LDT的地址**

逻辑地址 0x00003004

全局描述符表物理地址： gdtr:base=0x00005cb8, limit=0x7ff

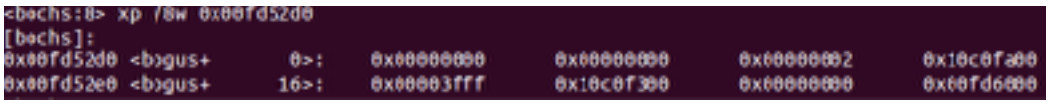
而局部描述符选择子：ldtr:s=0x0068 二进制0000,0000,0110,1000b 1101即GDT表第14项



即LDT的物理地址： 0x00fd52d40

第二步：需要获得线性地址

ds段选择子 ds:s=0x0017 即LDT表中第3项



即ds段基地址为：0x10000000

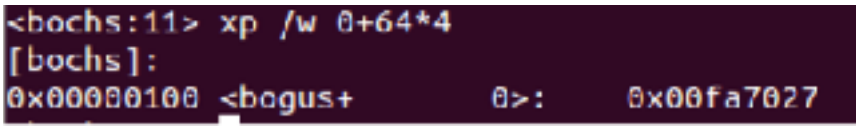
所以线性地址为：0x10003004

第三步：获得页目录及页表地址计算得物理地址

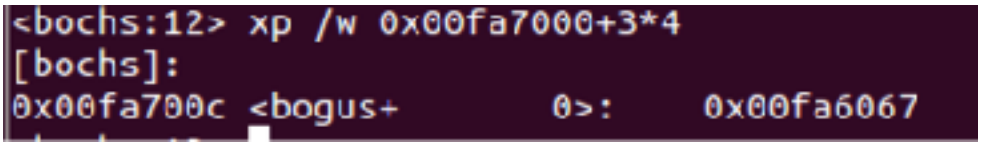
CR3内容: CR3=0x00000000

虚拟地址对应页目录第65项，页表第4项，页表内偏移0x004

查询页目录第65项：

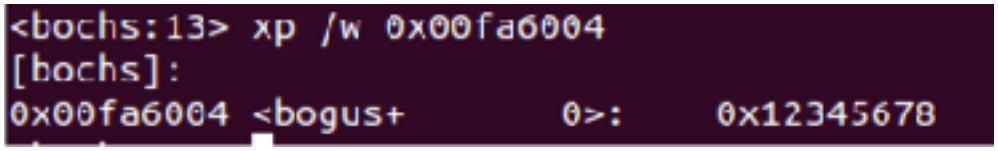


页表物理地址为： 0x00fa7000, 查询第4项



页框物理地址：0x00fa6000 加上偏移0x004

计算得到物理地址： 0x00fa6004（此处为i的初值）



2. **test.c退出后，如果马上再运行一次，并再进行地址跟踪，你发现有哪些异同？为什么？**

答：**不变的是：虚拟地址、线性地址**

变化的是：物理地址

理由：再运行一次，操作系统又会为程序分配64MB的虚拟地址空间，虚拟地址与线性地址都是操作系统虚拟抽象出来的，操作系统加载程序时，由于虚拟地址是按nr分配64M，两次运行nr一致，所以虚拟地址没变，同样线性地址也没变；页目录地址是操作系统放置的， 物理分页变了，所以物理地址就会变化。

实验心得

通过这次实验，我们更进一步理解了为什么程序的虚拟地址会是相同的的原因，感受了Linux开发者设计出的GDT、LDT的强大之处。

我觉得Linux的地址共享，非常适合于我们程序的编写，在我们编写程序时，丝毫不需要考虑物理地址的问题，这样不仅为我们省去了很多麻烦，而且由于操作系统的这样的设置，大大增强了计算机运行程序的能力，合理地管理多个进程。

操作系统GDT、LDT表的设置，符合分段、分页管理的思想。分段管理可以把虚拟地址转换成线性地址，而分页管理可以进一步将线性地址转换成物理地址。使每段程序都能合理地取得资源，从而保证程序的有效运行。

附录

A. shm.c

```
#include <asm/segment.h>
#include <linux/kernel.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <linux/sched.h>
#define SHM_COUNT 20
#define SHM_NAME_SIZE 20
struct struct_shm_tables{
        int occupied;
        char name[SHM_NAME_SIZE];
        long addr;
} shm_tables[SHM_COUNT];
int find_shm_location(char *name){
        int i;
        for(i=0; i<SHM_COUNT; i++){
                if(!strcmp(name,shm_tables[i].name) && shm_tables[i].occupied ==1){
                        return i;
                }
        }
        return -1;
}
int sys_shmget(char * name){
        int i,shmid;
        char tmp[SHM_NAME_SIZE];
        for(i=0; i<SHM_NAME_SIZE; i++){
                tmp[i] = get_fs_byte(name+i);
                if(tmp[i] == '\0') break;
        }
        shmid = find_shm_location(tmp);
        if( shmid != -1) {
                return shmid;
```

```
        }
        for(i=0; i<SHM_COUNT; i++){
                if(shm_tables[i].occupied == 0){
                        strcpy(shm_tables[i].name,tmp);
                        shm_tables[i].occupied = 1;
                        shm_tables[i].addr = get_free_page();
                        return i;
                }
        }
        printk("SHM Number limited!\n");
        return -1;
}
void * sys_shmat(int shmid){
        if(shm_tables[shmid].occupied != 1){
                printk("SHM not exists!\n");
                return -1;
        }
        put_page(shm_tables[shmid].addr,current->brk + current->start_code);
        return (void*)current->brk;
}
```

B. sem.c

```
#define __LIBRARY__
#include <unistd.h>
#include <linux/sched.h>
#include <linux/kernel.h>
#include <asm/segment.h>
#include <asm/system.h>
#define SEM_COUNT 32
sem_t semaphores[SEM_COUNT];
/*队列相关操作，rear始终是下一个待写入的位置，front始终是队列第一个元素*/
void init_queue(sem_queue* q)  {
   q->front = q->rear = 0;
}
int is_empty(sem_queue* q){
        return q->front == q->rear?1:0;
}
/*留下标QUE_LEN-1不用，判断是否慢*/
int is_full(sem_queue* q){
        return (q->rear+1)%QUE_LEN == q->front?1:0;
}
/*获得队列头第一个任务*/
struct task_struct * get_task(sem_queue* q){
        if(is_empty(q)){
                printk("Queue is empty!\n");
                return NULL;
        }
        struct task_struct *tmp = q->wait_tasks[q->front];
        q->front = (q->front+1)%QUE_LEN;
        return tmp;
}
/*任务插入队列尾*/
int insert_task(struct task_struct *p,sem_queue* q){
        // printk("Insert %d",p->pid);
        if(is_full(q)){
```

```
                printk("Queue is full!\n");
                return -1;
        }
        q->wait_tasks[q->rear] = p;
        q->rear = (q->rear+1)%QUE_LEN;
        return 1;
}
/*信号量是否已打开，是返回位置*/
int sem_location(const char* name){
    int i;
    for(i = 0;i < SEM_COUNT; i++)  {
        if(strcmp(name,semaphores[i].name) == 0 && semaphores[i].occupied == 1){
            return i;
        }
    }
    return -1;
}
/*打开信号量*/
sem_t* sys_sem_open(const char* name,unsigned int value){
        char tmp[16];
        char c;
        int i;
        for( i = 0; i<16; i++){
                c = get_fs_byte(name+i);
                tmp[i] = c;
                if(c =='\0') break;
        }
        if(c >= 16){
                printk("Semaphore name is too long!");
                return NULL;
        }
        if((i = sem_location(tmp)) != -1){
                return &semaphores[i];
        }
        for(i = 0;i< SEM_COUNT; i++){
                if(!semaphores[i].occupied){
                        strcpy(semaphores[i].name,tmp);
                        semaphores[i].occupied = 1;
                        semaphores[i].value = value;
                        init_queue(&(semaphores[i].wait_queue));
                        // printk("%d %d %d
%s\n",semaphores[i].occupied,i,semaphores[i].value,semaphores[i].name);
                        // printk("%p\n",&semaphores[i]);
                        return &semaphores[i];
                }
        }
        printk("Numbers of semaphores are limited!\n");
        return NULL;
}
/*P原子操作*/
int sys_sem_wait(sem_t* sem){
        cli();
        sem->value--;
        if(sem->value < 0){
```

```
                /*参见sleep_on*/
                current->state = TASK_UNINTERRUPTIBLE;
                insert_task(current,&(sem->wait_queue));
                schedule();
        }
        sti();
        return 0;
}
/*V原子操作*/
int sys_sem_post(sem_t* sem){
        cli();
        struct task_struct *p;
        sem->value++;
        if(sem->value <= 0){
                p = get_task(&(sem->wait_queue));
                if(p != NULL){
                        (*p).state = TASK_RUNNING;
                }
        }
        sti();
        return 0;
}
/*释放信号量*/
int sys_sem_unlink(const char *name){
   char tmp[16];
   char c;
        int i;
        for( i = 0; i<16; i++){
                c = get_fs_byte(name+i);
                tmp[i] = c;
                if(c =='\0') break;
        }
        if(c >= 16){
                printk("Semphore name is too long!");
                return -1;
        }
   int ret = sem_location(tmp);
   if(ret != -1){
        semaphores[ret].value = 0;
        strcpy(semaphores[ret].name,"\0");
        semaphores[ret].occupied = 0;
        return 0;
   }
   return -1;
}
```

C. 用于linux-0.11使用的producer.c

```
#define   __LIBRARY__
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
_syscall2(sem_t*,sem_open,const char *,name,unsigned int,value);
_syscall1(int,sem_wait,sem_t*,sem);
```

```
_syscall1(int,sem_post,sem_t*,sem);
_syscall1(int,sem_unlink,const char *,name);
_syscall1(void*,shmat,int,shmid);
_syscall1(int,shmget,char*,name);
#define NUMBER 520 /*打出数字总数*/
#define BUFSIZE 10 /*缓冲区大小*/
sem_t   *empty, *full, *mutex;
int main(){
    int  i,shmid;
    int *p;
    int  buf_in = 0; /*写入缓冲区位置*/
    /*打开信号量*/
    if((mutex = sem_open("carpelamutex",1)) == SEM_FAILED){
        perror("sem_open() error!\n");
        return -1;
    }
    if((empty = sem_open("carpelaempty",10)) == SEM_FAILED){
        perror("sem_open() error!\n");
        return -1;
    }
    if((full = sem_open("carpelafull",0)) == SEM_FAILED){
        perror("sem_open() error!\n");
        return -1;
    }
    shmid = shmget("buffer");
    if(shmid == -1){
        return -1;
    }
    p = (int*) shmat(shmid);
    /*生产者进程*/
    for( i = 0 ; i < NUMBER; i++){
        sem_wait(empty);
        sem_wait(mutex);
        p[buf_in] = i;
        buf_in = ( buf_in + 1)% BUFSIZE;
        sem_post(mutex);
        sem_post(full);
    }
    /*释放信号量*/
    sem_unlink("carpelafull");
    sem_unlink("carpelaempty");
    sem_unlink("carpelamutex");
    return 0;
}
```

D. 用于linux-0.11使用的consumer.c

```
#define   __LIBRARY__
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
_syscall2(sem_t*,sem_open,const char *,name,unsigned int,value);
_syscall1(int,sem_wait,sem_t*,sem);
```

```
_syscall1(int,sem_post,sem_t*,sem);
_syscall1(int,sem_unlink,const char *,name);
_syscall1(void*,shmat,int,shmid);
_syscall1(int,shmget,char*,name);
#define NUMBER 520 /*打出数字总数*/
#define BUFSIZE 10 /*缓冲区大小*/
sem_t   *empty, *full, *mutex;
int main(){
    int  i,shmid,data;
    int *p;
    int  buf_out = 0; /*从缓冲区读取位置*/
    /*打开信号量*/
    if((mutex = sem_open("carpelamutex",1)) == SEM_FAILED){
        perror("sem_open() error!\n");
        return -1;
    }
    if((empty = sem_open("carpelaempty",10)) == SEM_FAILED){
        perror("sem_open() error!\n");
        return -1;
    }
    if((full = sem_open("carpelafull",0)) == SEM_FAILED){
        perror("sem_open() error!\n");
        return -1;
    }
    shmid = shmget("buffer");
    if(shmid == -1){
        return -1;
    }
    p = (int *)shmat(shmid);

    for( i = 0; i < NUMBER; i++ ){
        sem_wait(full);
        sem_wait(mutex);
        data = p[buf_out];
        buf_out = (buf_out + 1) % BUFSIZE;
        sem_post(mutex);
        sem_post(empty);
        /*消费资源*/
        printf("%d:  %d\n",getpid(),data);
        fflush(stdout);
    }
    /*释放信号量*/
    sem_unlink("carpelafull");
    sem_unlink("carpelaempty");
    sem_unlink("carpelamutex");
    return 0;
}
```

E. 用于Ubuntu使用的producer.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <semaphore.h>
#include <sys/shm.h>
```

```
int main(){
	sem_t *empty,*full,*mutex;
	empty=(sem_t *)sem_open("empty",O_CREAT,0777,10);
	full=(sem_t *)sem_open("full",O_CREAT,0777,0);
	mutex=(sem_t *)sem_open("mutex",O_CREAT,0777,1);
	int i,*buff,buffsig;
	buffsig=shmget(666666,sizeof(int)*10,IPC_CREATl0666);
	if(buffsig==-1){
		printf("Share Memory Error!\n");
		return 0;
	}
	buff=(int *)shmat(buffsig,NULL,0);
	for(i=0;i<500;i++){
		sem_wait(empty);
		sem_wait(mutex);
		buff[i%10]=i;
		sem_post(mutex);
		sem_post(full);
	}
	sem_unlink("empty");
	sem_unlink("full");
	sem_unlink("mutex");
	return 0;
}
```

F. 用于Ubuntu使用的consumer.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <semaphore.h>
#include <sys/shm.h>
int main(){
	sem_t *empty,*full,*mutex;
	empty=(sem_t *)sem_open("empty",O_CREAT,0777,10);
	full=(sem_t *)sem_open("full",O_CREAT,0777,0);
	mutex=(sem_t *)sem_open("mutex",O_CREAT,0777,1);
	int i,*buff,buffsig;
	buffsig=shmget(666666,sizeof(int)*10,IPC_CREATl0666);
	if(buffsig==-1){
		printf("Share Memory Error!\n");
		return 0;
	}
	buff=(int *)shmat(buffsig,NULL,0);
	for(i=0;i<500;i++){
		sem_wait(full);
		sem_wait(mutex);
		printf("%d\n",buff[i%10]);
		fflush(stdout);
		sem_post(mutex);
		sem_post(empty);
	}
	sem_unlink("empty");
	sem_unlink("full");
	sem_unlink("mutex");
	return 0;
}
```