实验 3：加载用户程序的监控程序

姓名：姜洋帆　　学号：17341068
院系：数据科学与计算机学院　专业：17 级计算机科学（大数据）

【实验题目】用 C 和汇编实现操作系统内核、增加批处理能力

【实验目的】

1. 掌握 TASM 汇编语言与 TURBO C 语言汇合编程的方法。
2. 实现内核与引导程序分离，掌握软盘上引导操作系统方法。
3. 设计并实现一种简单的作业控制语言，建立具有较友好的控制命令的批处理原型操作系统，掌握操作系统提供用户界面和内部功能的实现方法。

【实验要求】

用 C 和汇编实现操作系统内核，增加批处理能力。

提供返回内核的一种方案。

在磁盘建表，记录用户程序的存储安排。

可以在控制台查看到用户程序的信息，如程序名、字节数、在磁盘映像文件中的位置等。

设计一种命令，命令中可以加载多个用户程序，依次执行，并能在控制台发出命令。

在引导系统前，将一组命令存放在磁盘中，系统可以解释执行。

【实验方案】

一、 硬件及虚拟机配置：Lenovo PC ； Oracle Virtual Box

二、 软件工具及作用：

Notepad++ ：写代码

Nasm：编译引导程序的 asm 文件到 bin 文件

Tasm：编译 16 位的内核代码

Tcc：编译 16 位 C 语言，实现 C 语言与 x86 联合编译

Sublime ：查看、编辑二进制文件，将编译完成的程序机器码写入软盘

C 程序：

1. 自己编写的一个 C 语言程序，用来将编译生成的二进制文件填充为 1.44M 大小，并将后缀改为.img，生成 1.44M 的软盘

2. 内核程序，实现一些逻辑性较强的功能，通过调用汇编实现的一些函数来实现各种基本操作，组合出复杂的功能

86 汇编：

1. 实现引导程序，偏移量位 7c00h，将内核加载至内存并跳转进入内核程序
2. 实现内核程序以及一些常用的函数，如打印字符，输入字符等，可以被 C 语言调用

三、 程序功能

Myos1 作为引导程序，设置好内核的偏移和段地址，加载内核程序，然后跳入内核程序，进行下一步操作。

内核程序实现的功能有：

1. 以表的形式显示、记录用户程序的相关信息
2. 可以在控制台输入命令，输入’table’时清空提示信息，打印上述表格，显示一些信息
3. 输入另一套命令，格式为 run # #为数字，可以执行不同的程序，比如 run 1 执行程序 1，然后跳回内核菜单，重新显示提示信息、输入 run 132，则一次执行 1、3、2 号程序，执行完毕后提示 finish，输入任意键返回菜单，等待输入下一套命令（命令字符数量最大为 20）
4. 输入 run all 则直接按顺序执行 123，然后返回主菜单
5. 命令行实现退格操作，可以在未输入回车时，通过退格键回退，任意修改命令行字符，并且正确执行相应的指令
6. 命令行实现补全功能，比如想在内核控制台输入’table’命令，只要输入任意前几个字符，按 tab 键，就可以在屏幕上显示补全的命令，并且可以正确执行相应指令

四、 程序设计

引导程序采用实验二的形式，修改内核的数据段地址和内存地址，跳转进内核，即可实现引导出内核程序，内核程序大概占用 5 个扇区，在引导程序里直接读了 10 个扇区。

内核部分采用 C 和 x86 交叉调用，这里遇到了较大的问题，花了大量的时间才解决了各种奇怪的问题，主要的思路是，基本功能由汇编实现，如打印字符、

从键盘读入命令（C 与汇编共同实现）、清屏、回退光标、调出用户程序等；C 语言部分实现逻辑性较强的功能，如判断 shell 命令选择执行不同的操作、打印字符串（循环调用打印字符）、控制台命令补全、打印信息、主程序循环的方式等。

用户程序有 3 个，分别为实验二的 1，2，4 号程序（功能完全一致，只修改了内存偏移和返回方式），在被内核调用时，内核用先将 ds，es 段寄存器入栈，再 call 相应的子程序，子程序执行结束后使用 ret 指令跳回内核程序，并将 es，ds 出栈即可。

五、主要代码

Myos1 引导程序：

设置好各种偏移量，加载、跳转进内核程序即可。（在这里遇到了一个大坑，一开始忘记设置数据段偏移了）

```
;程序源代码（myos1.asm）
org  7c00h      ; BIOS 将把引导扇区加载到 0:7C00h 处，并开始执行
OffSetOfKernalData equ 100h
KernelSeg equ 64*1024/16

Start:
    mov ax, cs          ; 置其他段寄存器值与 CS 相同
    mov ds, ax          ; 数据段
    mov es, ax        ; 置 ES=DS

LoadnEx:
     ;读软盘或硬盘上的若干物理扇区到内存的 ES:BX 处：
      mov ax,KernelSeg                ;段地址 ; 存放数据的内存基地址
      mov es,ax                ;设置段地址（不能直接 mov es,段地址）
      mov bx, OffSetOfKernalData  ;偏移地址; 存放数据的内存偏移地址
      mov ah,2                 ; 功能号
      mov al,10                 ;扇区数
      mov dl,0                 ;驱动器号 ; 软盘为 0，硬盘和 U 盘为 80H
      mov dh,0                 ;磁头号 ; 起始编号为 0
      mov ch,0                 ;柱面号 ; 起始编号为 0
      mov cl,2                 ;起始扇区号 ; 起始编号为 1
      int 13H ;                调用读磁盘 BIOS 的 13h 功能
      ; 内核程序已加载到指定内存区域中

      jmp KernelSeg:OffSetOfKernalData

AfterRun:
      jmp $                     ;无限循环
```

内核程序（汇编部分）

这一部分个人认为是本次实验的核心，一开始使用了老师的 kliba.asm 那个库，但是发现其实问题挺多的，比如打印字符串的 printf 函数，调用次数过多后就会出现乱码，不能正确显示后面的数据，据一些大佬说是缓存的问题，遂在 C 里面实现了打印字符串，就是使用 while 循环，

调用 printChar 函数（这个汇编代码没有问题，直接使用老师的了），一次读入输出每个字符。另外在这里实现了清屏、读键盘输入并显示字符、实现退格键等功能，主要代码如下：

退格功能：

实现退格功能，大致的想法是，获取光标位置，输出空格并将重置光标位置（dl 寄存器减一），实际实现的时候，需要手动在 C 语言中传入一个空格字符（在汇编调用 int 10 中断输出 32 时总是会遇到一些问题，所以就采用这种不太优雅的方式实现了）

```
    public _backspace
    _backspace proc
    push bp
        mov ah,3   ;获取光标位置
        mov bh,0
        int 10h

        mov ah,2   ;置光标
        mov bh,0
        dec dl
        int 10h

        mov bp,sp
        mov al,[bp+4]   ;指向栈顶元素，即字符
        mov bl,2
        mov ah,0eh      ;显示字符光标前移
        int 10h
        mov sp,bp

        mov ah,3   ;获取光标位置
        mov bh,0
        int 10h

        mov ah,2   ;置光标
        mov bh,0
        dec dl
        int 10h
        pop bp
    ret
    _backspace endp
```

打印字符：

将指向字符串地址的 bp 寄存器压栈，调用中断即可，其中 ah=0eh 可以实现动态移动光标，使光标总是出现在当前显示字符的后一位

```
public _printChar
_printChar proc
    push bp
        mov bp,sp
        mov al,[bp+4]   ;指向栈顶元素，即字符
        mov bl,2
        mov ah,0eh      ;显示字符光标前移
        int 10h
        mov sp,bp
    pop bp
    ret
_printChar endp
```

读取字符：

实现比较简单，调用 16 号中断即可，其中 chBuf 是定义在 C 代码中的一个字符缓存，每次输入都先把字符存到 chBuf 中，在进行其他操作。

```
public _getChar
```

```
_getChar proc
    mov ah,0
    int 16h ;0 号功能调用从键盘读入一个字符放入 al 中
    mov byte ptr [_chBuf],al
tag:
    ret
_getChar endp
```

还有一些其他功能，如执行某个程序，将相关的寄存器（ds、es）压栈，设偏移量，然后 call 即可。清屏的功能直接使用老师的代码来实现。

内核程序（C 语言部分）

之前汇编部分都在造底层的轮子，在 C 语言实现一些逻辑功能，由于对 C 语言使用比较熟悉，而且可以不用考虑底层，尤其是那一堆寄存器和各种中断，这里写起来比较容易，不过需要主义函数定义的相对位置的问题，在 C 内部相互调用函数，似乎需要被调用的函数定义在调用的函数之前。之前以为编译成 obj 文件后，用符号表示入口，链接的时候，可以忽略这些问题。在这里实现的功能主要有输入命令行、打印字符串、打印信息、实现 tab 补全以及一个主函数，通过 while（1）死循环，使每次程序执行完毕后，打印提示并跳回菜单。主要代码如下：

Tab 补全

通过暴力匹配的方式来确定当前可能在输入的命令，并返回不同的值来区分不同的命令（实现写在定义好的字符串中）。若没有匹配项则返回 0

```
int tab() {
    j=0;
    while(CMDline[j]!='a'){
        if(CMDline[j]==shell1[j]){
            j++;
        }
        else break;
    }
    if(CMDline[j]=='a'&&j>0){
        for(j=0;j<5;j++)
            CMDline[j]=shell1[j];
        return 1;
    }

    j=0;
    while(CMDline[j]!='a'){
        if(CMDline[j]==shell2[j]){
            j++;
        }
        else break;
    }
    if(CMDline[j]=='a'&&j>0){
        for(j=0;j<4;j++)
            CMDline[j]=shell2[j];
        return 2;
    }
    return 0;
}
```

读命令行

采用简单的循环，调用 getChar，实现输入功能，每次输入后判断，若不是退格或者回车或 tab，则存入 CMDline 字符串，遇到回车退出，遇到退格则调用汇编写的退格功能，并将 CMDline 下标前移。遇到 tab 键则调用 tab 函数实现相关操作。

```
void ReadCommand() {
    i=0;
    getChar();
    printChar(chBuf);
    CMDline[i++]=chBuf;
    while(chBuf!=13) {
        getChar();
        if(chBuf!=8 && chBuf!=9){
            printChar(chBuf);
            CMDline[i++]=chBuf;
        }
        else if(chBuf==8){
            backspace(' ');
            CMDline[i--]='a';
            chBuf='a';
        }
        else {
            printChar(' ');
            backspace(' ');
            flag = tab();
            if(flag==1) {
                for(i;i<5;i++)
                    printChar(shell1[i]);
            }
            else if(flag==2) {
                for(i;i<4;i++)
                    printChar(shell2[i]);
            }
        }
    }
    printf("\n\r");
    i=0;
}
```

命令行控制模块：

根据读入 CMDline 的数据，选择调用不同的功能或者报错。

```
void shu()          /*批处理 根据指令，执行一连串程序*/
{
    printf(">>");
    ReadCommand();
    num=4;
    if(CMDline[0]=='r'&&CMDline[1]=='u'&&
        CMDline[2]=='n'&&CMDline[3]==' '){
        if(CMDline[4]=='a'&&CMDline[5]=='l'&&CMDline[6]=='l') {
            mypro1();
            mypro2();
            mypro3();
        }
        else if(CMDline[num]>='1'&&CMDline[num]<='3') {
            while(CMDline[num]>='1'&&CMDline[num]<='3') {
                if(CMDline[num]=='1')
                    mypro1();
                else if(CMDline[num]=='2')
                    mypro2();
```

```
            else if(CMDline[num]=='3')
                mypro3();
            num++;
        }
        num=3;
    }
    else printf("Invalid Command!\n\r");
}
else if(CMDline[0]=='t'&&CMDline[1]=='a'&&CMDline[2]=='b'
        &&CMDline[3]=='l'&&CMDline[4]=='e'){
    printProInfo();
}
else {
    printf("Invalid Command!\n\r");
}
getChar();
for(jj=0;jj<28;jj++)
    CMDline[jj]='a';
printf("Press any ket to continue...\n\r");
myrestart();
}
```

主程序：

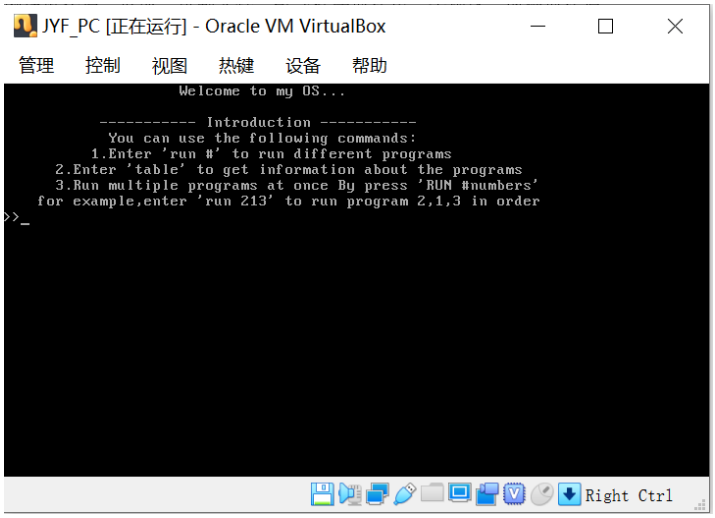
```
void cmain() {
    while(1) {
        printmsg();
        shu();
    }
}
```

【实验过程】

功能展示

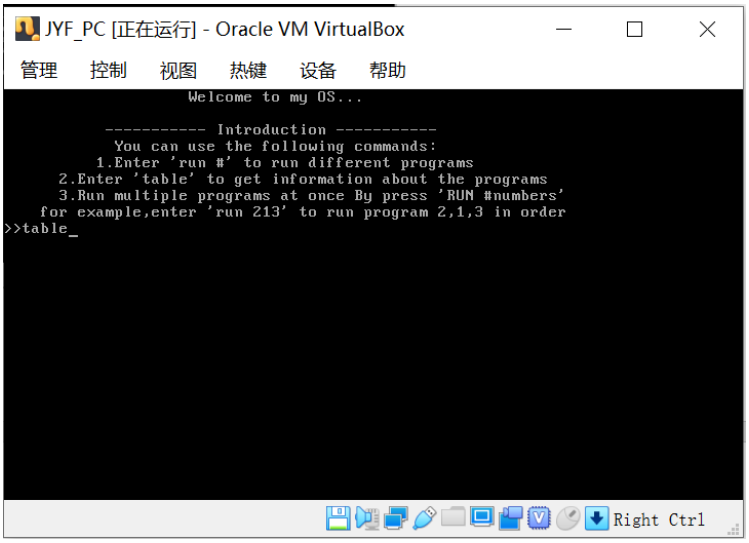
将所有代码编译链接后，形成二进制文件，引导程序放在第一个扇区，内核放在后五个扇区，然后从第十个扇区开始一次放置用户程序 1，2，4

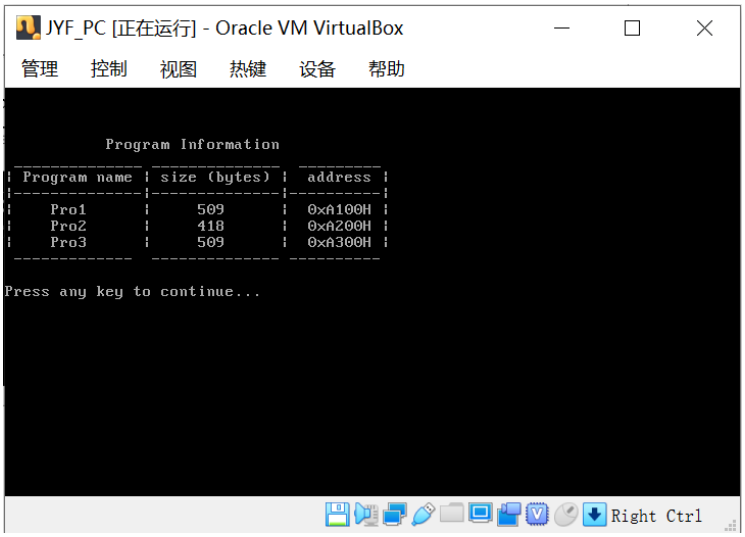
运行虚拟机，自动完成引导，加载出内核程序，显示相关信息：



提示可以输入不同的命令，达到不同的功能

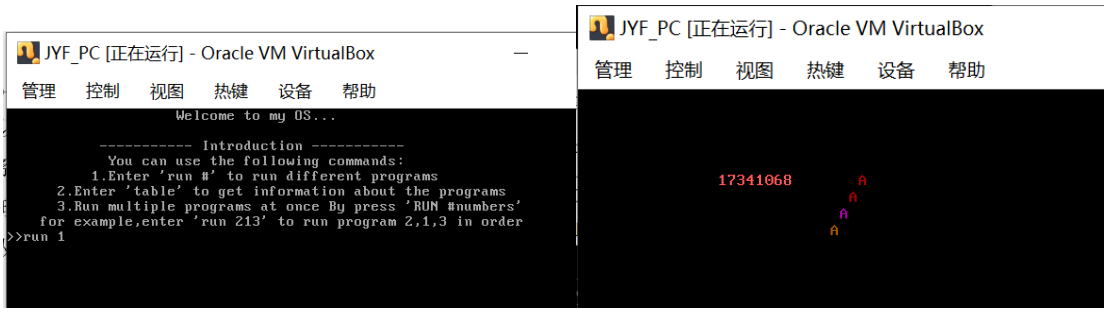
1. 输入 table 查看程序的信息：





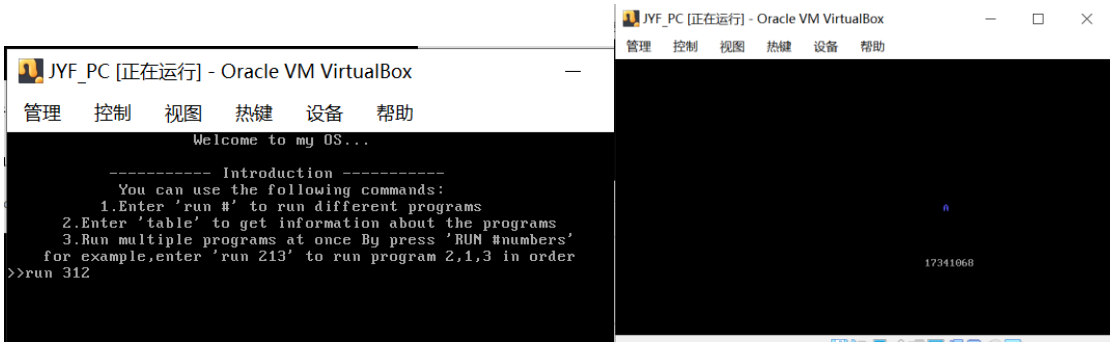
输入任意键后回到主菜单

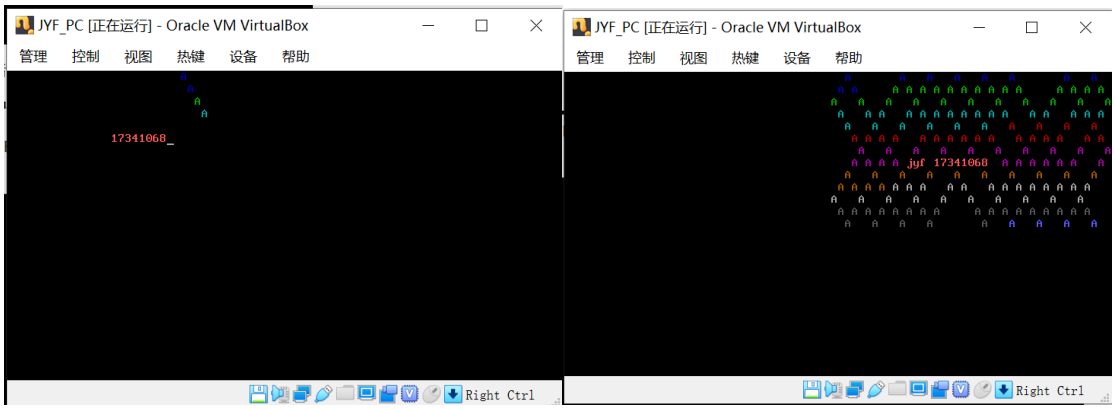
2. 输入 run 1，执行一次 1 号程序：



程序结束后画面停止，按任意键弹出提示信息，再输入任意键返回到主菜单

3. 输入 run 312 按顺序，执行 3、1、2 号程序：

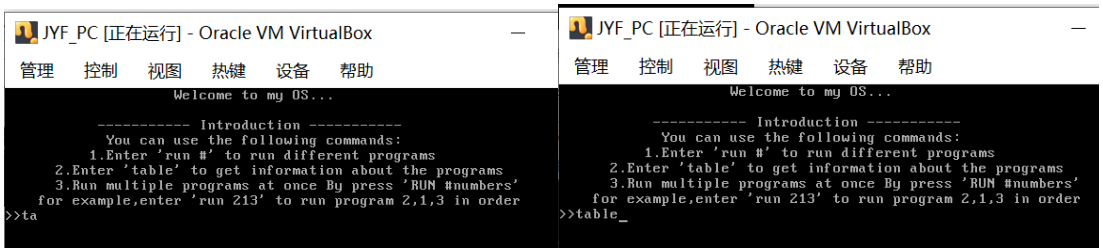




4. 输入 run all 命令脚本，一次执行 1，2，3 号程序，执行完成后输入任意键提示程序结束，再输入任意键返回菜单。

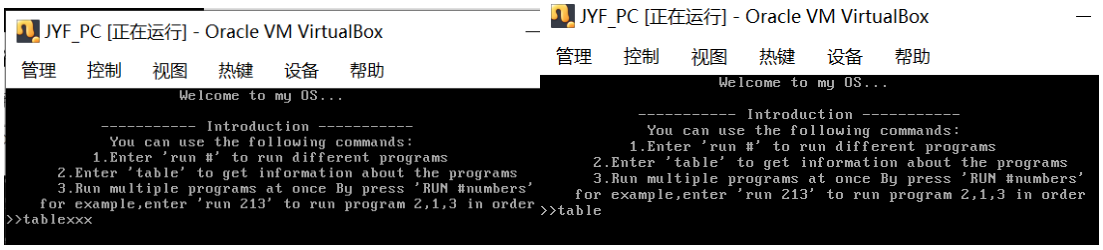
5. 命令行补全功能

比如只输入 ta 然后按下 tab 键，会补全 table



6. 退格键

再输入错误时，可以通过 backspac 键，取消之前的输入，并且同时改变屏幕上显示的信息



7. 输入错误的命令，输出提示 Invalid Command!，回车后重置菜单，重新输入

【实验总结】

本次实验做得非常坎坷，花了大量的时间去试错调错。这次实验的重点应该是了解 C 和汇编的交叉调用，熟悉内核的工作机制。然而我自己为了实现在虚拟机上显示出字符串这一个简单的功能，花了好几天时间，中途更换过各种方法，最后才找到问题。在 com 文件测试时可以显示，但是放进虚拟机却不行，一开始以为是汇编代码的问题，后面初步认为是数据段的问题，可是发现汇编代码中数据段都设置正确了，到最后才找到问题，出现在引导程序，忘记去设置内核地址段的偏移了。

在开始实验之前是打算做 32 位保护模式的，在 linux 环境下，使用 gcc+nasm，使用助教配备的虚拟机，做了一天的尝试，最后以失败告终，因为之前没有学过 x86 汇编，要从零开始造轮子，而且有一些特权指令、中断和实模式不太一样，用不了，最后认为难度太大，而且时间也不够。

然而在使用了老师的实例代码时，也遇到种种问题，比如 printf 函数有 bug，Readcommand 函数不好用等等，最后在老师提供的汇编库的代码，做了一些补充和重构，才实现各种需要的功能。一开始做思路不清晰，C 和汇编交叉调用的

非常多，代码结构也比较混乱，在遇到一大堆问题之后，重构了代码，把所有基础的功能放在汇编里实现，而所有高层的逻辑结构的实现，由 C 语言 来实现，这样 debug 更加方便，而且思路也会比较清晰。

有些内核汇编代码的实现比较粗糙，应该有更好办法实现，内核程序也有不少实用的功能没有实现，另外自己实现的退格功能有个小 bug，会把命令提示符>>也给退掉，打算在之后的实验里再去修复这些问题，并且慢慢补全各种功能。