中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

011174.01: Operating System
操作系统原理与设计

Project 2: Multiboot2myMain

陈香兰(xlanchen@ustc.edu.cn)
高能效智能计算实验室，CS，USTC @ 合肥
嵌入式系统实验室，CS，USTC @ 苏州

2022/3/15

实验2基础

- 本实验在实验1的基础上进行

- 在实验一提交的截止时间过后，同学们可以就实验一的内容互通有无
- 实验二可以在其他同学实验一的基础上进行
  - 无论你使用哪一个（包括自己的），请在实验报告中标注，实验二的基础来自哪个同学（可以是自己）
  - 给你使用的实验一 打分

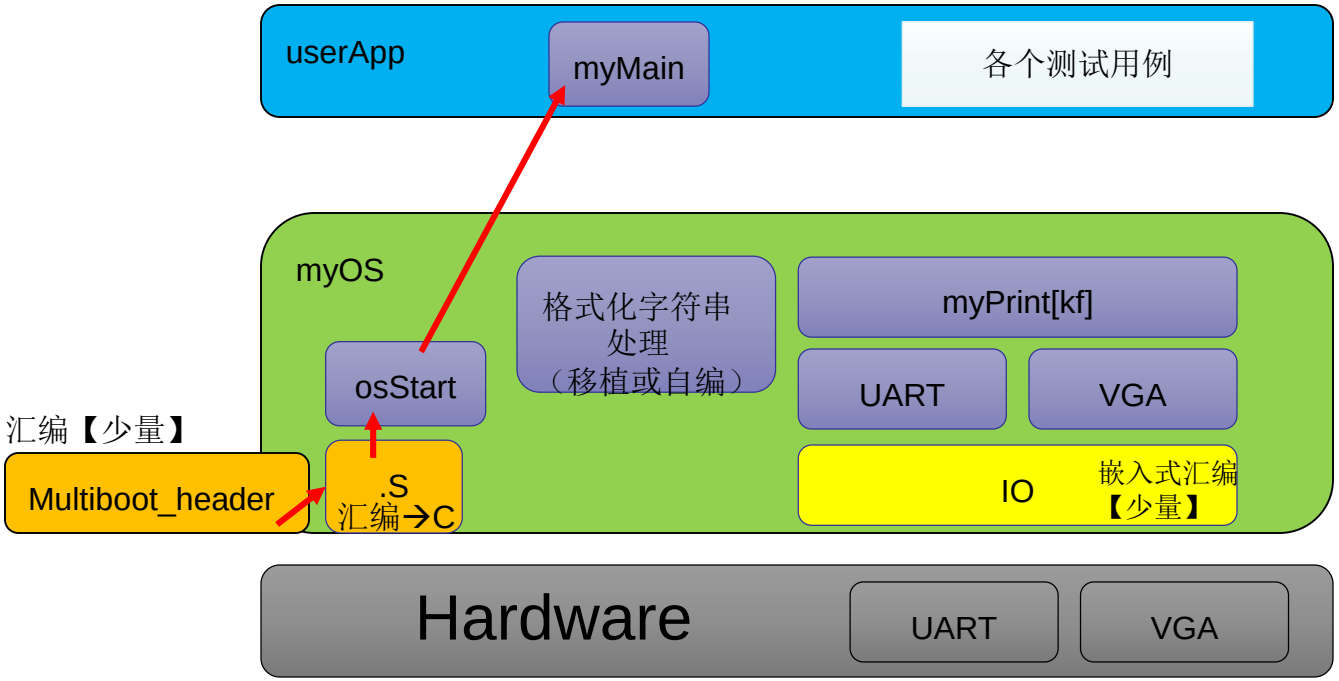
Multiboot2myMain

- 【必须】在源代码的语言层面，完成从汇编语言到C语言的衔接
- 【必须】在功能上，实现清屏、格式化输入输出，设备包括VGA和串口，接口符合要求
- 【必须】在软件层次和结构上，完成multiboot_header、myOS和userApp的划分，体现在文件目录组织和Makefile组织上
- 【必须】采用自定义测试用例和用户（助教）测试用例相结合的方式进行验收
- 【必须】提供脚本完成编译和执行

提纲

1. 软件架构和功能说明
2. 代码组织及其实现
3. 主流程实现
4. 主要功能模块实现
5. 验收标准

1 软件架构和功能



multiboot_header→myOS→userApp

流程：

Multiboot_header

为进入C程序准备好上下文

初始化操作系统

调用userApp入口myMain（自测）

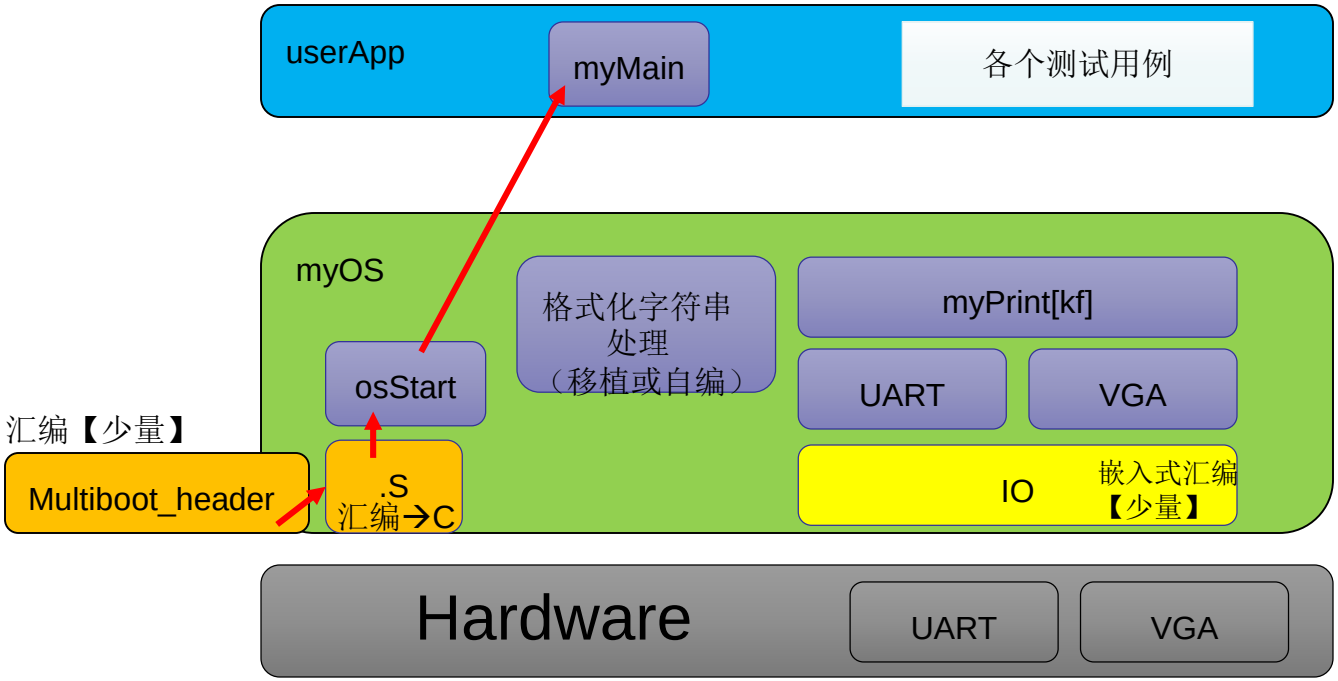
主要功能模块：

IO：端口输入输出【嵌入式汇编】
UART：串口输入
VGA：清屏、屏幕彩色输出（带滚屏）
格式化字符串处理，支持常见格式化输出
彩色格式化输入输出（内核版 VS 用户版）
同时从VGA和串口输出

测试：

被测功能：彩色格式化输入输出（带滚屏、常见格式化输出如%d）
测试方法：自测+他测，基于约定接口
自测：userApp
他测：替换userApp

2 代码组织及其实现



multiboot_header→myOS→userApp

对源代码进行合适的源代码结构和Makefile组织建设

目录划分线索：层次、功能模块、内核代码和用户代码分开管理

基本上每个目录下有一个Makefile

目录结构示意

- 为Project2建立一个子目录，该目录下
  - Makefile　　提供，可修改
  - Multibootheader子目录
  - 内核子目录　　子目录下可以进一步按功能划分子目录
  - userApp子目录
    - main.c
  - output子目录（所有编译链接生成的文件在此）
  - source2run.sh　　脚本文件，提供，不要修改

Makefile系列


```
SRC_RT=$(shell pwd)

CROSS_COMPILE=
ASM_FLAGS= -m32 --pipe -Wall -fasm -g -O1 -fno-stack-protector
C_FLAGS =  -m32 -fno-stack-protector -g

.PHONY: all
all: output/myOS.elf

MULTI_BOOT_HEADER=output/multibootheader/multibootHeader.o
include $(SRC_RT)/myOS/Makefile
include $(SRC_RT)/userApp/Makefile

OS_OBJS       = ${MYOS_OBJS} ${USER_APP_OBJS}

output/myOS.elf: ${OS_OBJS} ${MULTI_BOOT_HEADER}
	${CROSS_COMPILE}ld -n -T myOS/myOS.ld ${MULTI_BOOT_HEADER} ${OS_OBJS} -o output/myOS.elf

output/%.o : %.S
	@mkdir -p $(dir $@)
	@${CROSS_COMPILE}gcc ${ASM_FLAGS} -c -o $@ $<

output/%.o : %.c
	@mkdir -p $(dir $@)
	@${CROSS_COMPILE}gcc ${C_FLAGS} -c -o $@ $<

clean:
	rm -rf output
```

```
include $(SRC_RT)/myOS/dev/Makefile
include $(SRC_RT)/myOS/i386/Makefile
include $(SRC_RT)/myOS/printk/Makefile

MYOS_OBJS =     output/myOS/start32.o \
                ${DEV_OBJS} \
                ${I386_OBJS} \
                ${PRINTK_OBJS}
```

```
USER_APP_OBJS = output/userApp/main.o
```

链接描述文件


```
SECTIONS {
        . = 1M;
        .text : {
            *(.multiboot_header)
                . = ALIGN(8);
                *(.text)
        }

        . = ALIGN(16);
        .data           : { *(.data*) }

        . = ALIGN(16);
        .bss            :
        {
                __bss_start = .;
                _bss_start = .;
                *(.bss)
                __bss_end = .;
        }
        . = ALIGN(16);
        _end = .;
        . = ALIGN(512);
}
```

What is BSS segment?

脚本source2run.sh

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

```
#!/bin/sh

make clean

make

if [ $? -ne 0 ]; then
        echo "make failed"
else
        echo "make succeed"
        qemu-system-i386 -kernel output/myOS.elf -serial stdio
fi
```

3 主流程实现

1. Multiboot_header【略】
2. 从multiboot header到myOS
   - 实现分离Multiboot header和myOS
     - myOS提供_start入口
     - Multiboot header中调用_start入口
3. 第一次调用C语言入口前的准备
   - 思考：在执行C语言程序前要做哪些准备？
   - 提供参考代码
4. myOS→userApp

```
.text
.code32
start:
  call _start
  hlt
```

从汇编到C

- myOS从汇编开始，入口为_start

```
.text
.code32
_start:
        jmp establish_stack

dead:   jmp dead                    # Never here

# Set up the stack
establish_stack:
        movl    $????????, %eax

        movl    %eax, %esp          # set stack pointer
        movl    %eax, %ebp          # set base pointer

# Zero out the BSS segment
zero_bss:
        cld                         # make direction flag count up
        movl    $_end, %ecx         # find end of .bss
        movl    $_bss_start, %edi   # edi = beginning of .bss
        subl    %edi, %ecx          # ecx = size of .bss in bytes
        shrl    %ecx                # size of .bss in longs
        shrl    %ecx

        xorl    %eax, %eax          # value to clear out memory
        repne                       # while ecx != 0
        stosl                       # clear a long in the bss
```

```
# Transfer control to osStart
to_osStart:
        call    osStart

shut_down:
        jmp     shut_down       # Never here
```

操作系统第一个C入口

- 本实验以osStart为myOS的第一个C入口
  - 功能：先进行OS初始化；初始化完毕后，执行userApp
  - 可以调用myOS内部接口
  - 与userApp之间的接口是myMain

```
extern int myPrintk(int color,const char *format, ...);
extern void clear_screen(void);
extern void myMain(void);

void osStart(void){
        clear_screen();

                //操作系统各个功能模块的初始化

        myPrintk(0x2,"START RUNNING userApp......\n");
        myMain();
        myPrintk(0x2, "STOP RUNNING userApp......ShutDown\n");
        while(1);
}
```

用户程序入口

- 进入用户程序的接口

  void myMain(void);

  – 在操作系统初始化完毕后，调用myMain，转入用户程序运行
- 用户程序只能调用操作系统定义的接口和用户自定义的函数
  – 例如：myPrintf
- 本实验中的功能：调用myPrintf输出某些内容
  – 【必须】输出内容：main, 学号_姓名拼音

```
extern int myPrintf(int color,const char *format, ...);

void myMain(void){
    myPrintf(0x7,"main\n");
                //……
    return;
}
```

4 主要功能实现

1. IO：端口输出，采用嵌入式汇编，提供

```
void outb (unsigned short int port_to, unsigned char value){
    __asm__ __volatile__ ("outb %b0,%w1"::"a" (value),"Nd" (port_to));
}
```

2. 串口uart输出（仍不要求初始化）
   - 单个字符输出：void uart_put_char(unsigned char c)
   - 字符串输出：void uart_put_chars(char *str)
     - 注意回车换行的处理：遇到 '\n' 实际输出 '\r'
3. VGA输出，管理好字符界面输出
   - 清屏功能：void clear_screen(void)
   - 屏幕输出功能：void append2screen(char *str,int color)
     - 能够显示光标，光标位置要正确
     - 提供合理的字符界面输出功能，屏满时能滚屏继续输出
4. 实现myPrint[kf]

关于光标

- 光标的位置可以读取，也可设置，由显卡相关端口上的读写操作完成
  - 首先通过索引端口指定要读写的寄存器，然后通过数据端口进行读写
  - 索引端口地址是：0x3D4　数据端口地址是：0x3D5
- 光标位置使用行号和列号来指明，行号和列号分别使用两个8位的寄存器来记录
  - 行号寄存器的索引号是14，即0xE；列号寄存器的索引号是15，即0xF
- 编程实现读取当前位置，或者设置新位置
  - 首先将上述某个**索引号写入索引端口0x3D4**，即可指定对应的寄存器
  - 然后**读 数据端口0x3D5，就可以读取光标的行值/列值**
  - **或者写 数据端口0x3D5，就可以设置光标的行值/列值**

```
unsigned char inb(unsigned short int port_from){
  unsigned char _in_value;

  /* something for __asm__
     %w1: w=word
     read a byte from port %w1 to %0
     "=a": read-only, get value from eax/ax/al
     "d": set value to edx/dx/dl
   */
  __asm__ __volatile__ ("inb %w1,%0":"=a"(_in_value):"Nd"(port_from));

  return _in_value;
}
```

实现myPrint[kf]

int myPrintk(int color,const char *format, ...);

int myPrintf(int color,const char *format, ...);

- 能够识别基本的格式化字符串【移植/自编】
  - 满足当前【必须】和后续【非必须，可以后面改进】实验的输出要求
    - %d

  int vsprintf(char *buf, const char *fmt, va_list args)

  int sprintf(char *buf, const char *fmt, ...)
- 调用VGA和串口输出接口

验收标准

- 提交：源代码打包 + 实验报告；验收标准如下：
  - 完成源代码编写和调试，能够编译正确运行
    - 实现主流程，提供规定接口
    - 实现主要功能，提供规定接口
    - 将源代码进行合理的组织、提供相应的Makefile，能够生成myOS
    - 提供编译和运行脚本
  - 提交实验报告，实验报告中包括
    - 给出软件的框图，并加以概述
    - 详细说明主流程及其实现，画出流程图
    - 详细说明主要功能模块及其实现，画出流程图
    - 源代码说明（目录组织、Makefile组织）
    - 代码布局说明（地址空间）
    - 编译过程说明
    - 运行和运行结果说明
    - 遇到的问题和解决方案说明

演示

中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

Q & A