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 4: Memory Management

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

# 实验4基础



- 本实验在实验3的基础上进行

- 在实验3提交的截止时间过后，同学们可以就实验3的内容互通有无
- 实验4可以在其他同学实验3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4的基础来自哪个同学（可以是自己）
  - 给你使用的实验3打分

# Memory Management



- 【必须】内存检测，确定动态内存的范围
- 【必须】提供动态分区管理机制dPartition
- 【必须】提供等大小固定分区管理机制ePartition
- 【必须】使用动态分区管理机制来管理所有动态内存
- 【必须】提供kmalloc/kfree和malloc/free两套接口，分别提供给内核和用户
- 【可选】kmalloc/kfree、malloc/free相互隔离
- 【必须】自测
  - shell改用malloc/free来动态注册新命令（将涉及部分字符串处理)
  - 自编测试用例，并添加到shell命令列表中，执行新增的shell命令

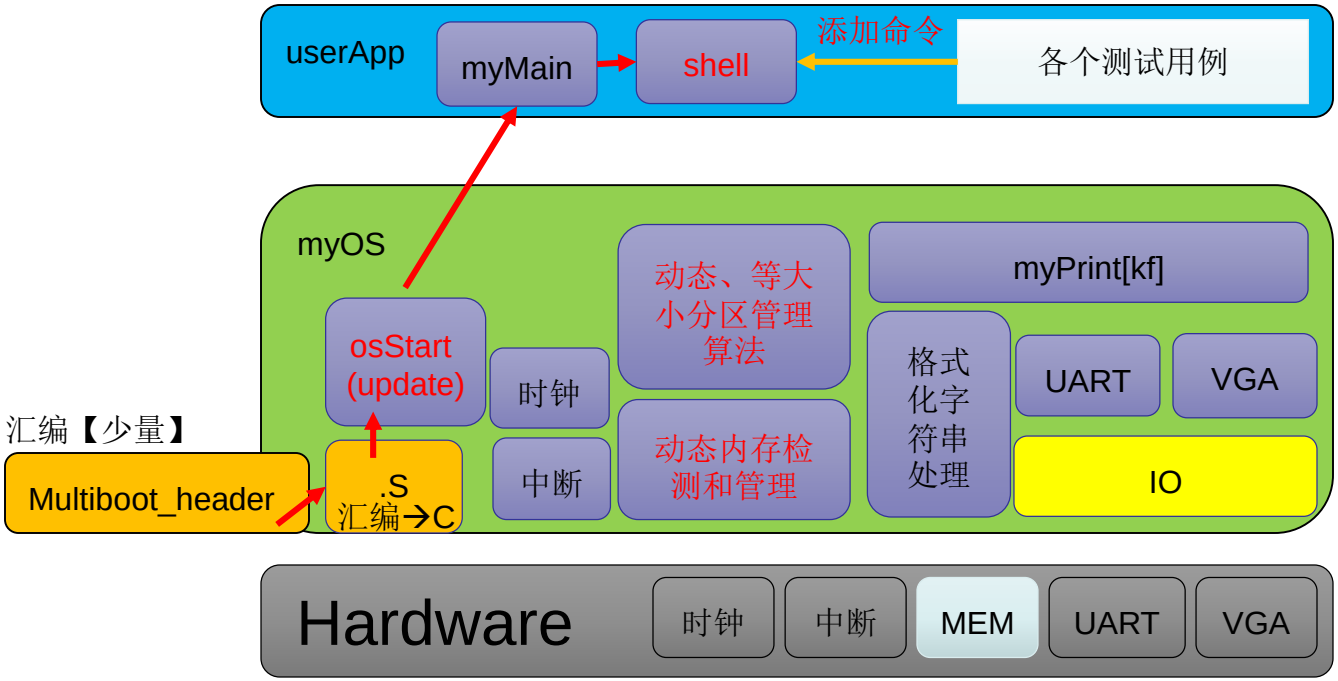
# 提纲



1. 软件架构和功能说明
2. 主要功能模块说明
    1. 内存检测和动态内存
    2. 等大小分区管理算法
    3. 动态分区管理算法
    4. 动态内存管理、kmalloc/kfree和malloc/free
    5. 改造shell以动态分配命令结构
3. 关于头文件的使用
4. 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）+shell

主要功能模块【新】：

内核：内存（算法、检测、管理）
用户：新功能测试

测试：

被测功能：动态内存管理功能、两种算法
自测：userApp
他测：替换userApp或增加shell命令

# 参考目录结构



```
├── Makefile
├── README_mem.txt
├── multibootheader
│   └── multibootHeader.S
├── myOS
│   ├── Makefile
│   ├── dev
│   │   ├── Makefile
│   │   ├── i8253.c
│   │   ├── i8259A.c
│   │   ├── uart.c
│   │   └── vga.c
│   ├── i386
│   │   ├── Makefile
│   │   ├── io.c
│   │   ├── irq.S
│   │   └── irqs.c
│   ├── include
│   │   ├── i8253.h
│   │   ├── i8259.h
│   │   ├── io.h
│   │   ├── irq.h
│   │   ├── kmalloc.h
│   │   ├── malloc.h
│   │   ├── mem.h
│   │   ├── myPrintk.h
│   │   ├── string.h
│   │   ├── uart.h
│   │   ├── vga.h
│   │   ├── vsprintf.h
│   │   └── wallClock.h
│   ├── kernel
│   │   ├── Makefile
│   │   ├── mem
│   │   │   ├── Makefile
│   │   │   ├── dPartition.c
│   │   │   ├── eFPartition.c
│   │   │   ├── malloc.c
│   │   │   └── pMemInit.c
│   │   ├── tick.c
│   │   └── wallClock.c
│   ├── lib
│   │   ├── Makefile
│   │   └── string.c
│   ├── myOS.ld
│   ├── osStart.c
│   ├── printk
│   │   ├── Makefile
│   │   ├── myPrintk.c
│   │   ├── types.h
│   │   └── vsprintf.c
│   ├── start32.S
│   └── userInterface.h
├── source2img.sh
└── userApp
    ├── Makefile
    ├── main.c
    ├── memTestCase.c
    ├── memTestCase.h
    ├── shell.c
    └── shell.h
```

# 2.1 内存检测和动态内存



- OS通过检测了解系统中的内存配置情况
  - 参考：x86内存布局或者其他架构的内存布局（例如鲲鹏）
- 本实验采用简化版检测
  - 假设从1M开始（1M以内的不考虑【可选】）
  - 假设只有1块连续的内存空间（多个非连续的【可选】）
  - 通过检测得到这个内存块的大小
  - 检测算法 void memTest(unsigned long start, unsigned long grainSize)
    - 从start开始，以grainSize为步长，进行内存检测
    - 检测方法：

      1）读出grain的头2个字节
      2）覆盖写入0xAA55，再读出并检查是否是0xAA55，若不是则检测结束；
      3）覆盖写入0x55AA，再读出并检查是否是0x55AA，若不是则检测结束；
      4）写回原来的值
      5）对grain的尾2个字节，重复2-4
      6）步进到下一个grain，重复1-5，直到检测结束

# 2.1 内存检测和动态内存



- 可以自由分配管理的**动态内存**，应当不包含已用内存
  - 范围在myOS.ld中定义（如从1M到“_end”）
  - 可以在汇编文件中或者C文件中访问“_end”，如下所示

```
5   SECTIONS {
6       . = 1M;
7       .text : {
8           *(.multiboot_header)
9           . = ALIGN(8);
10          *(.text)
11      }
12
13      . = ALIGN(16);
14      .data       : { *(.data*) }
15
16      . = ALIGN(16);
17      .bss        :
18      {
19          __bss_start = .;
20          _bss_start = .;
21          *(.bss)
22          __bss_end = .;
23      }
24      . = ALIGN(16);
25      _end = .;
26      . = ALIGN(512);
27  }
28
```


注意：当前使用的栈在哪里？

例：从汇编文件中访问

```
# 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
```

例：从C文件中访问

```
extern unsigned long _end;
void pMemInit(void){
    unsigned long _end_addr = (unsigned long) &_end;
```

# 2.2 等大小分区管理算法



- 给定一个空闲内存块A，按等大小分区的方式加以管理
  - 指定大小（这个大小是用户所需大小）
  - 根据某些原则，调整大小为算法所需大小 不能影响最终用户可用大小
  - 将空闲内存块，按照算法所需大小划分成若干块，并按照算法所需进行管理（应**便于分配/回收**、**省空间**）
- 接口【必须统一】：

```
unsigned long eFPartitionTotalSize(unsigned long perSize, unsigned long n); //用于计算A的合理大小

unsigned long eFPartitionInit(unsigned long start, unsigned long perSize, unsigned long n);  //返回句柄EFPHandler
unsigned long eFPartitionAlloc(unsigned long EFPHandler);
unsigned long eFPartitionFree(unsigned long EFPHandler,unsigned long mbStart);
```

- 建议用法：
  - 1）计算A的合理大小，使用eFPartitionTotalSize
  - 2）向系统申请分配A，使用kmalloc或malloc
  - 3）对A进行划分和管理，使用eFPartitionInit
  - 4）按需分配或回收，分别使用eFPartitionAlloc和eFPartitionFree

一般，适用于大小已知、最大个数已知且不变的数据结构、缓冲区等的管理

# 算法建议



仅仅是几个建议：

1.用户给定的大小，可能是不对齐的，建议对齐

- 例如4、8、16、32字节对齐

2.不建议使用着色算法（为什么需要着色？）

3.建议充分利用空闲块本身进行空闲块管理，以减少消耗

4.建议分配出来的内存块前后有隔离带（为什么需要隔离带？）
可以利用隔离带的空间存储某些信息以提高回收性能

5.建议利用空闲链表来提高分配性能

6.不建议将空闲块填充为特殊字符（调试除外）

# 2.3 动态分区管理算法



- 给定一个空闲块B，按动态分区的方式加以管理
  一开始是一整块，随着分配/回收的进行，逐渐碎片化
  - 考虑分割和合并；考虑采用哪个分配算法？例如：firstfit? bestfit? worstfit?
  - 每次用户请求的大小不一，是否考虑对齐？
- 接口【必须统一】

```
unsigned long dPartitionInit(unsigned long start, unsigned long size);  //返回句柄dpHandler
unsigned long dPartitionAlloc(unsigned long dpHandler, unsigned long size);
unsigned long dPartitionFree( unsigned long dpHandler, unsigned long start);
```

- 建议用法：

  1）向系统申请分配B，使用kmalloc或malloc；

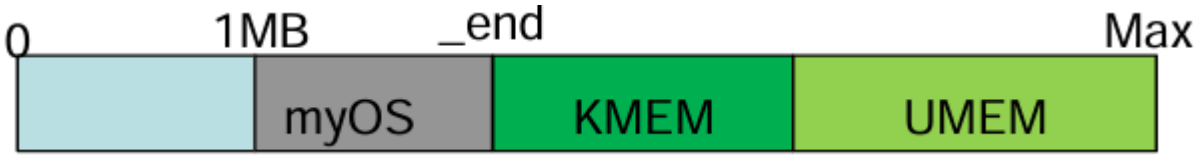
  2）对B进行管理，使用dPartitionInit进行初始化

  3）按需分配或回收，分别使用dPartitionAlloc和dPartitionFree，或封装后的接口

# 2.4 动态内存管理




- 建议：
  - 采用动态分区管理算法来管理动态内存
  - 将动态分区分成2大块，分别是内核用内存KMEM，用户用内存UMEM




  - KMEM和UMEM进一步采用动态分区管理算法来管理
    - KMEM上封装接口kmalloc和kfree
    - UMEM上封装接口malloc和free

```
unsigned long malloc(unsigned long size);
unsigned long free(unsigned long start);
```

# 2.5 Shell的变化



- 接口：

```
void addNewCmd( unsigned char *cmd,                                  //命令名
                int (*func)(int argc, unsigned char **argv), //命令入口
                void (*help_func)(void),                             //该命令的help入口，可为空
                unsigned char* description);                         //该命令的描述
```

- 功能：注册一个新的命令
  - 建议：一个命令的元信息为
    （命令名，func，help_func, 描述命令的字符串）

动态分配cmd所需的空间；
等大小，或不等大小

- Shell的其他部分配套修改

- 涉及的其他模块可能有：字符串处理

根据具体实现，可能涉及可能不涉及

例如长度受限的字符串拷贝

# 3 使用头文件



- 是时候把头文件使用起来了

```
1   #ifndef __XXXXX_H__
2   #define __XXXXX_H__
3
4   /*
5    * 此处各种声明:
6    * 1）可以嵌套包含其他头文件
7    * 2）可以使用宏定义
8    * 3）可以声明变量
9    * 4）函数原型
10   * 5）等等
11  */
12
13  #endif
```

建议：
1）模块化管理
2）区分内核接口和用户接口

注意：文件路径

涉及已实现的各个模块

【必须】内核提供给userApp的所有接口通过文件**myOS/userInterface.h**提供

# 4 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

Q & A