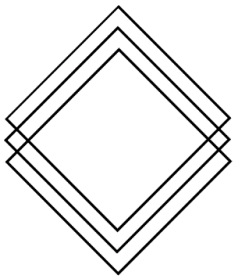
中国石油大学（华东）
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM



OURCE
Operating System
UPC-OS-Homework
BY TOCHUSC

Ource OS 说明文档

《计算机操作系统》学期作业

姓　　名	许祖耀
学　　号	2107010120
专业班级	计算 2101
学　　院	计算机科学与技术学院

2024 年 5 月 27 日

目录

开发环境

Ource OS 参考川合秀实编著，周自恒翻译的《30 天自制操作系统》中的 Haribote 系统编写，原书的附带资源中提供了一系列开发工具，Ource OS 正是通过原书附带的开发工具编写而成的。

原书提供的开发工具包括但不限于以下内容：

- GNU Make - GNU 项目中的工具之一，用于自动化编译和链接程序。
- Nask - NASM 开源汇编器，支持 Intel 语法，将.nas 文件编译为.obj 文件
- cc1 - GCC 的一个组件，负责将 C 源代码编译为 AT&T 语法的.gas 汇编文件。
- gas2nask - 作者者编写的工具，用于将 GNU 的汇编代码转换为 NASM 汇编代码。
- obj2bim - 作者编写的链接工具,可以将对象文件转换为.bim 二进制映像文件。
- bim2hrb - 作者提供的工具,可以将.bim 二进制映像文件转换为 HariboteOS 中的.hrb 可执行二进制文件。
- edimg - 用于创建和编辑磁盘映像文件。
- makefont - 可以将字库文件转换为二进制字库文件.
- bin2obj - 将二进制字库文件转换为语言数组,并储存在.obj 文件中。
- QEMU - 通用开源的计算机仿真器和虚拟器。

在《30 天自制操作系统》这本书的上下文中，作者为了教学与实验目的,使用了自创的.hrb 文件格式作为书中 Haribote 操作系统的可执行二进制文件的目标格式，Ource 也因此将其沿袭了下来。

Ource 是通过利用上述开发工具， 效仿书中 Haribote OS 的开发方式而编写的.

功能介绍

Ource OS 实现了操作系统内核程序应该提供的支撑功能和资源管理功能。

支撑功能

中断处理

通过初始化可编程中断控制器，设置相应的中断向量表，Ource 实现了对中

断的处理，目前支持的中断信号有：

- 异常中断 中断信号 0x0d
- 时钟中断 中断信号 0x20
- 键盘中断 中断信号 0x21
- 鼠标中断 中断信号 0x2c（支持但未使用）
- 电气中断 中断信号 0x27
- 系统调用 中断信号 0x40

时钟管理

通过初始化可编程中断计时器 PIC，定义计时器数据结构，实现时钟中断服务程序，Ource 完成了时钟管理功能。

原语操作

通过汇编语言编写的_io_cli_和_io_sti_函数设置PIC的中断屏蔽位,Ource OS 实现了关中断和开中断功能，以执行相应的原语操作。

资源管理

Ource 充分担当了 OS 内核应具备的资源管理者身份，实现了进程管理、内存管理、设备管理、文件管理功能。

进程管理

Ource 是一个多道分时操作系统，每一个运行在其上的程序都一一对应着一个 TCB 任务控制块（类似 PCB），Ource 使用多级优先队列调度算法实现任务的调度，采用时间片轮转的方式进行任务切换，具有高优先级的任务将会被分配到更长的时间片。

内存管理

Ource 使用空闲分区链表记录和追踪内存中的空闲分区使用情况，并采用分段存储管理的方式进行内存管理，通过设置全局段描述符表 GDT 和局部段描述符表 LDT，将内核程序和不同的用户程序分配在具有不同权限的内存段中，以进行内存的管理。

设备管理

Ource 通过数个简单的.c 代码文件，分别与键盘、屏幕等设备控制器进行直接通信，实现设备的驱动和管理功能。

文件管理

Ource 使用 FAT12 文件系统进行文件管理，目前仅支持文件系统中的文件读取操作。

更多细节

Ource 以《30 天自制操作系统中的》中作者提出的.hrb 文件格式作为系统的可执行文件，并使用其提供的工具集进行程序代码编译和链接。

Ource 通过设置不同程序的内存段属性，实现操作系统和应用程序之间的隔离与保护。Ource 向用户提供了联机命令接口，用户可以通过在命令行窗口中输入命令进行操作;同时 Ource 也提供程序接口,用户程序可以通过系统调用函数，发出中断信号，转移到相应的服务例程中，目前提供了往控制台终端输出字符和换行的系统调用函数 api_putchar 和 api_end。

Ource 的屏幕显示模式默认为 1024x768x8bit 彩色，并通过调色板模式显示彩色，通过修改内存中 VRAM 指定的区域，Ource 控制屏幕中每个像素的显示色彩，并通过外部挂载的二进制字库文件逐像素绘制字符。

模块架构

Ource OS 的内核功能由 14 个功能模块组成,其分别为.c 文件或.nas 汇编语言文件分别负责各个独立功能,共同组成 Ource 的核心内核程序. Ource OS 的核心功能文件如下:

- ipl10.nas - 汇编语言编写的操作系统引导扇区 IPL 程序， 负责初始化计算机硬件并加载操作系统的其余部分.
- asmhead.nas - 汇编语言编写的内核启动代码，负责检测硬件环境，初始化内核运行环境等。
- naskfunc.nas - 定义了内核程序需要的且只能通过汇编语言实现的辅助函数等，如关中断_io_cli 和开中断_io_sti。
- bootpack.c - C 语言编写的内核主程序,负责初始化描述符表、内存、进程

等。

- console.c – 命令行终端的相关功能实现，向用户提供命令接口。
- dsctbl.c – 用于管理各种描述表，如全局段描述符表 GDT，中断描述符表 IDT。
- fifo.c – 先入先出型缓冲区的相关实现代码。
- file.c – 对 FAT12 文件系统进行操作与管理的相关代码实现。
- int.c – 负责初始化可编程中断控制器 PIC，并实现部分必需的中断服务程序。
- keyboard.c – 负责驱动键盘，与键盘设备控制器进行通信，定义了键盘中断的中断服务程序。
- memory.c – 内存管理部分的代码实现，使用空闲分区链表进行内存分配、回收等，
- mtask.c – 任务（进程）管理的代码实现，使用多级优先队列，采用时间片轮转方式进行进程调度等。
- timer.c 时钟管理部分的代码实现，负责初始化可编程间隔计时器，向应用程序分配计时器等，定义了时钟中断的中断服务程序。
- graphic.c – 负责驱动屏幕，进行图形绘制的相关代码实现。
- window.c – 在屏幕上绘制应用窗口的相关代码。

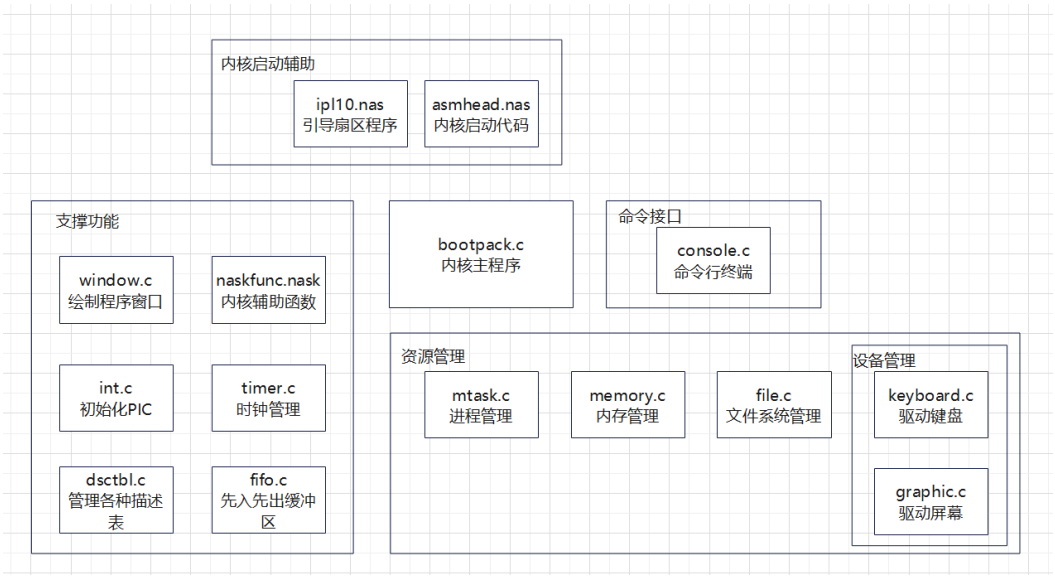


图 1 Ource 内核模块组织结构图

工作流程

整体工作流程

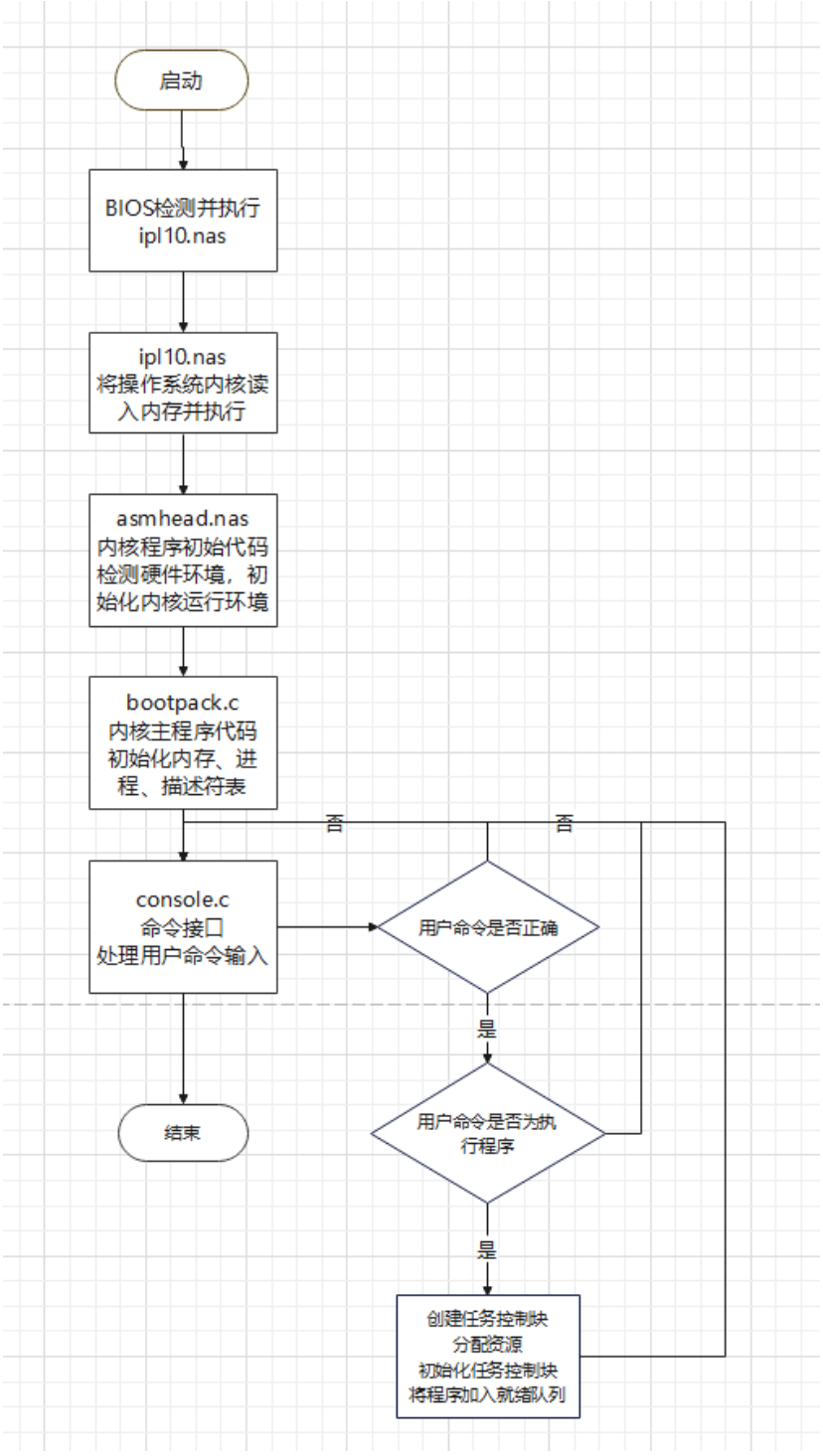


图 2 Ource 启动后的工作流程

内核主程序 bootpack.c 工作流程

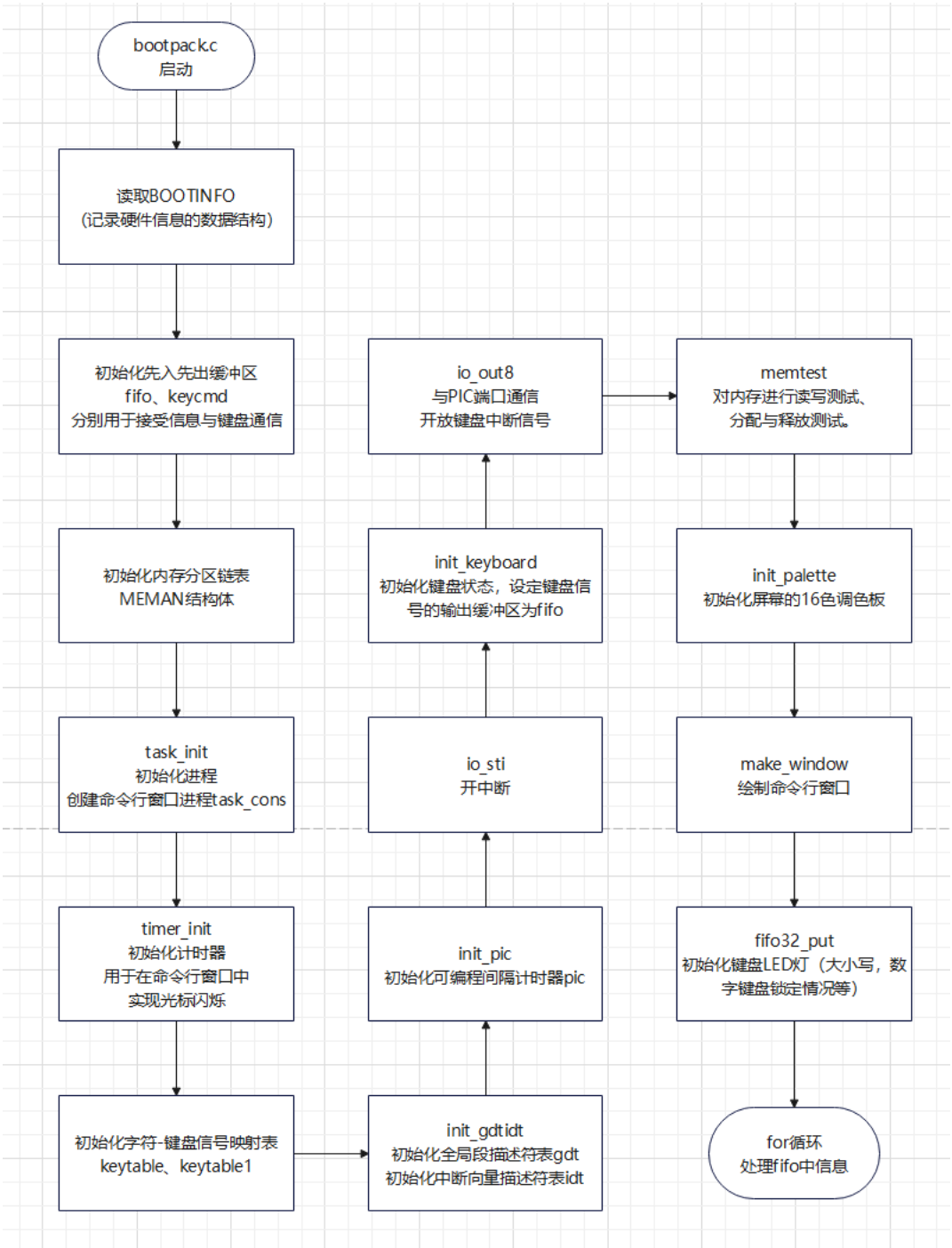


图 3 bootpack.c 内核主程序的工作流程

详解说明

Ource 的代码中有着若干个重要的数据结构，其储存了 OS 内核运行所需要的关键信息。

BOOTINFO 结构体

用于储存计算机的相关硬件信息的结构体。

```
/* asmhead.nas */
struct BOOTINFO { /* 0x0ff0-0x0fff */
    char cyls; /* 启动区读磁盘读到此为止 */
    char leds; /* 启动时键盘的LED的状态 */
    char vmode; /* 显卡模式为多少位彩色 */
    char reserve;
    short scrnx, scrny; /* 画面分辨率 */
    char *vram;
};
#define ADR_BOOTINFO    0x00000ff0
```

BOOTINFO 结构体定义在 asmhead.nas 文件中，其位于内存地址单元 0xff0 处。

```
; BOOT_INFO 相关
CYLS    EQU     0x0ff0          ; 引导扇区设置
LEDS    EQU     0x0ff1
VMODE   EQU     0x0ff2          ; 关于颜色的信息
SCRNX   EQU     0x0ff4          ; 分辨率X
SCRNY   EQU     0x0ff6          ; 分辨率Y
VRAM    EQU     0x0ff8          ; 图像缓冲区的起始地址
```

成员变量说明：

- cyls：引导扇区的结束位置
- leds：启动时键盘 LED 灯状态
- vmode：显卡的显示模式
- reserve：保留字节
- scrnx，scrny：画面的横纵分辨率
- vram：图像缓冲区的起始位置，通过修改 vram 可设置屏幕像素的显示颜色。

FIFO32 结构体

实现先入先出的消息队列的数据结构，每个消息大小为 4 字节，32 位，以 int 型表示。

```
/* fifo.c */
struct FIFO32 {
    int *buf;
    int p, q, size, free, flags;
    struct TASK *task;
};
void fifo32_init(struct FIFO32 *fifo, int size, int *buf, struct TASK *task);
int fifo32_put(struct FIFO32 *fifo, int data);
int fifo32_get(struct FIFO32 *fifo);
int fifo32_status(struct FIFO32 *fifo);
```

相关功能实现在 fifo.c 文件中。

成员变量说明：

- buf：指向消息队列的指针
- p：队首指针
- q：队尾指针
- size：消息队列的大小
- free：剩余的空闲空间数
- flags：表示消息队列的状态（为 1 时表示发生溢出）
- task：指向消息队列所服务的进程

SEGMENT_DESCRIPTOR结构体

段描述符数据结构，用于定义段的属性。

```
struct SEGMENT_DESCRIPTOR {
    short limit_low, base_low;
    char base_mid, access_right;
    char limit_high, base_high;
};
```

相关功能实现在 dsctbl.c 文件中。

成员变量说明：

- limit_low：段界限的低 16 位。
- base_low：段基地址的低 16 位。
- base_mid：段基地址的中间 8 位。
- access_right：访问权限字段，定义了段的类型和访问权限。
- limit_high：段界限的最高 4 位。
- base_high：段基地址的最高 8 位。

GATE_DESCRIPTOR 结构体

门描述符数据结构，用于定义中断或异常处理程序的入口点。

```
struct GATE_DESCRIPTOR {
    short offset_low, selector;
    char dw_count, access_right;
    short offset_high;
};
```

相关功能实现在 dsctbl.c 文件中。

成员变量说明：

- offset_low：中断或异常处理程序的偏移地址的低 16 位。
- selector：段选择器，指向包含中断或异常处理程序代码的段。
- dw_count：储存访问权限字段的高 8 位。
- access_right：访问权限字段，定义了门的类型和访问权限。
- offset_high：中断或异常处理程序的偏移地址的高 16 位。

TIMER 结构体

实现计时器对象的数据结构。

```
struct TIMER {
    struct TIMER *next;
    unsigned int timeout, flags;
    struct FIFO32 *fifo;
    int data;
};
```

相关功能实现在 dsctbl.c 文件中。

成员变量说明：

- next：指向下一个 TIMER 结构体的指针，用于构建定时器链表。
- timeout：表示定时器的超时时间。
- flags：用于存储定时器的状态（0 为未启用，1 为启用）
- fifo：指向 FIFO32 先进先出队列，当定时器触发时，向该队列传输消息。
- data：用于存储与定时器触发时向 FIFO32 传输的数据。

TIMERCTL 结构体

计时器控制块，实现对计时器对象进行控制的数据结构。

```
struct TIMERCTL {
    unsigned int count, next;
    struct TIMER *t0;
    struct TIMER timers0[MAX_TIMER];
};
```

相关功能实现在 dsctbl.c 文件中。

成员变量说明：

- count：用于存储当前启用的定时器数量。
- next：表示下一个将要超时的定时器的时间。
- t0：指向下一个将要超时的计时器的指针，指向计时器链表的头部。
- timers0：TIMER 结构体数组，存储系统中所有定时器对象。

TSS32 结构体

储存当前进程的处理器上下文的数据结构，包含了 CPU 在执行任务切换时需要保存和恢复的寄存器状态。

```
struct TSS32 {
    int backlink, esp0, ss0, esp1, ss1, esp2, ss2, cr3;
    int eip, eflags, eax, ecx, edx, ebx, esp, ebp, esi, edi;
    int es, cs, ss, ds, fs, gs;
    int ldtr, iomap;
};
```

相关操作实现在 mtask.c 文件中

成员变量说明：

- backlink：指向先前任务的 TSS 的链接。
- esp0 到 ss2：分别为不同特权级别的堆栈指针和堆栈段选择器。
- cr3：存储当前任务的页目录基地址寄存器值。
- eip, eflags, eax 到 edi：通用寄存器和指令指针，保存当前任务的执行状态。
- es 到 gs：段寄存器。
- ldtr：局部描述符表寄存器。
- iomap：I/O 位图的基地址，用于处理 I/O 权限。

TASK 结构体

用于表示进程控制块 PCB 的数据结构，包含了操作系统了解进程状态，以及对进程进行管理的所有必要信息。

```
struct TASK {
    int sel, flags;      /* sel用来存放GDT的编号*/
    int level, priority; /* 优先级 */
    struct FIFO32 fifo;
    struct TSS32 tss;
};
```

相关操作实现在 mtask.c 文件中

成员变量说明：

- sel：任务的全局描述符表（GDT）编号。
- flags：任务的标志位。
- level：任务的优先级级别。
- priority：任务的具体优先级。
- fifo：一个先进先出（FIFO）消息队列
- tss：任务的状态，通过 TSS32 结构体定义。

TASKLEVEL 结构体

某一特定优先级级别的就绪进程队列。

```
struct TASKLEVEL {
    int running; /*正在运行的任务数量*/
    int now; /*这个变量用来记录当前正在运行的是哪个任务*/
    struct TASK *tasks[MAX_TASKS_LV];
};
```

相关操作实现在 mtask.c 文件中

成员变量说明：

- running：当前级别上正在运行的任务数量。
- now：当前正在运行的任务的索引。
- tasks[MAX_TASKS_LV]：一个数组，存储指向当前级别上所有任务的指针。

TASKCTL 结构体

用于实现多级优先队列的数据结构，用于完成进程调度功能。

```
struct TASKCTL {
    int now_lv; /*现在活动中的LEVEL */
    char lv_change; /*在下次任务切换时是否需要改变LEVEL */
    struct TASKLEVEL level[MAX_TASKLEVELS];
    struct TASK tasks0[MAX_TASKS];
};
```

相关操作实现在 mtask.c 文件中

成员变量说明：

- now_lv：当前活动的优先级级别。
- lv_change：指示在下次任务切换时是否需要改变优先级级别。
- level[MAX_TASKLEVELS]：每个元素是一个 TASKLEVEL 结构体，代表一个优先级级别。
- tasks0[MAX_TASKS]：存储所有进程控制块的数组。

FILEINFO 结构体

用于表示文件系统中文件基本信息的数据结构。

```
/* file.c */
struct FILEINFO {
    unsigned char name[8], ext[3], type;
    char reserve[10];
    unsigned short time, date, clustno;
    unsigned int size;
};
void file_readfat(int *fat, unsigned char *img);
void file_loadfile(int clustno, int size, char *buf, int *fat, char *img);
struct FILEINFO *file_search(char *name, struct FILEINFO *finfo, int max);
```

相关操作实现在 file.c 文件中

成员变量说明：

- name[8]：用于存储文件的名称。
- ext[3]：用于存储文件的扩展名。
- type：用于存储文件的类型或属性。
- reserve[10]：10 字节的保留字段
- time：表示文件的最后修改时间。
- date：表示文件的最后修改日期。
- clustno：表示文件在 FAT12 文件系统中的第一个簇的编号。
- size：表示文件的大小.

以上数据结构记录了内核程序所需要的关键信息，是内核程序中的重要变量。

运行测试

系统启动

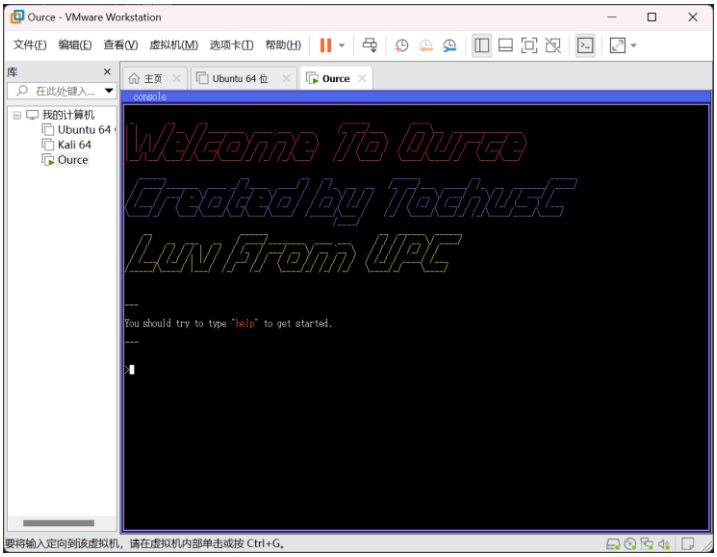


图 4　Ource 启动画面

如图 4 所示，Ource 成功启动并输出了欢迎信息及提示信息。

相关命令

输入 help 命令，查看帮助。

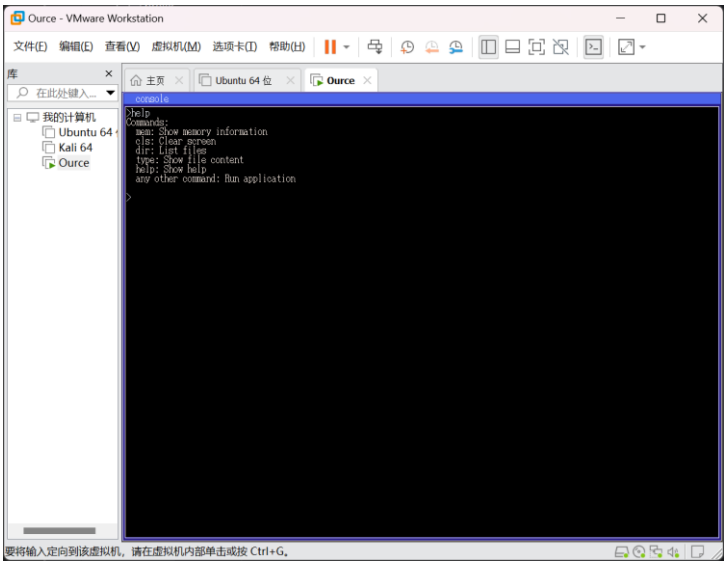


图 5　help 命令运行结果

如图 5 所示，输入 help 命令后，命令行中列出了支持的所有指令。

输入 mem 命令，查看系统内存使用情况

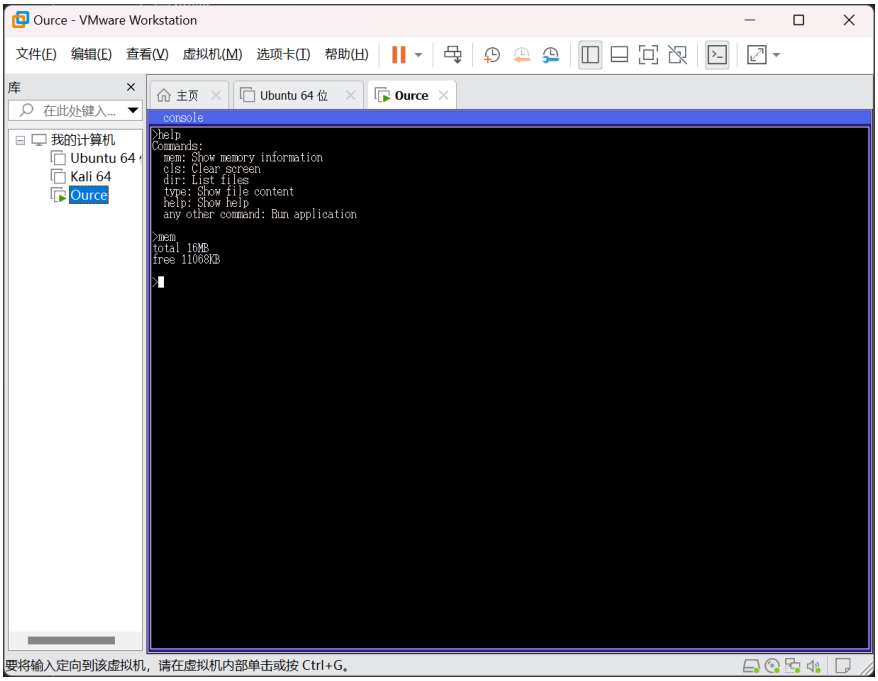


图 6 mem 命令运行结果

如图 6 所示，mem 命令输出了系统的所有内存和空闲内存情况。

输入 dir 命令，查看外存文件目录。

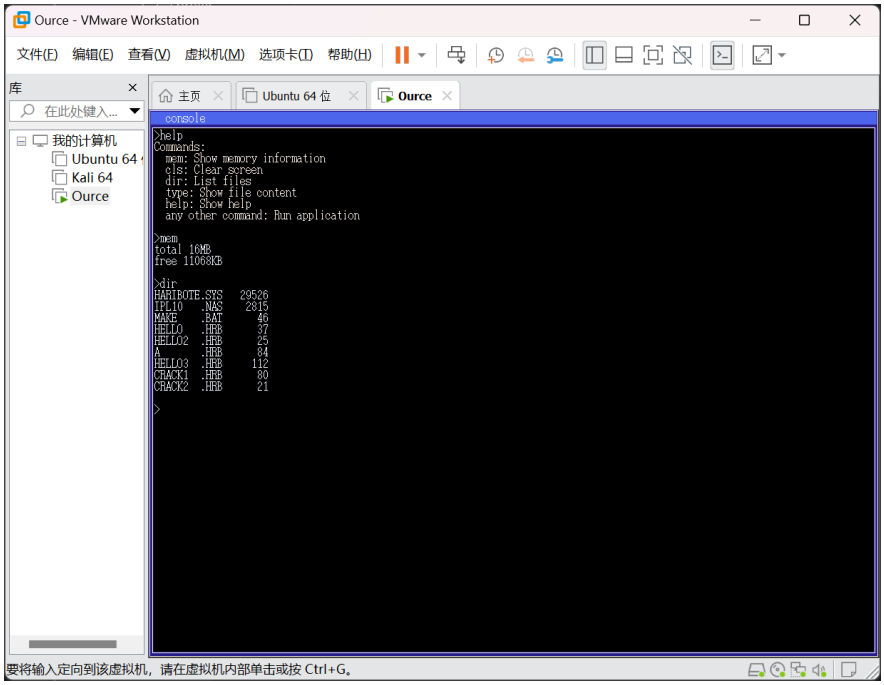


图 7 dir 命令运行结果

从图 7 可以看到，dir 命令列出了文件系统中所包含文件的基本信息。

通过 type 命令，查看某个文件的内容

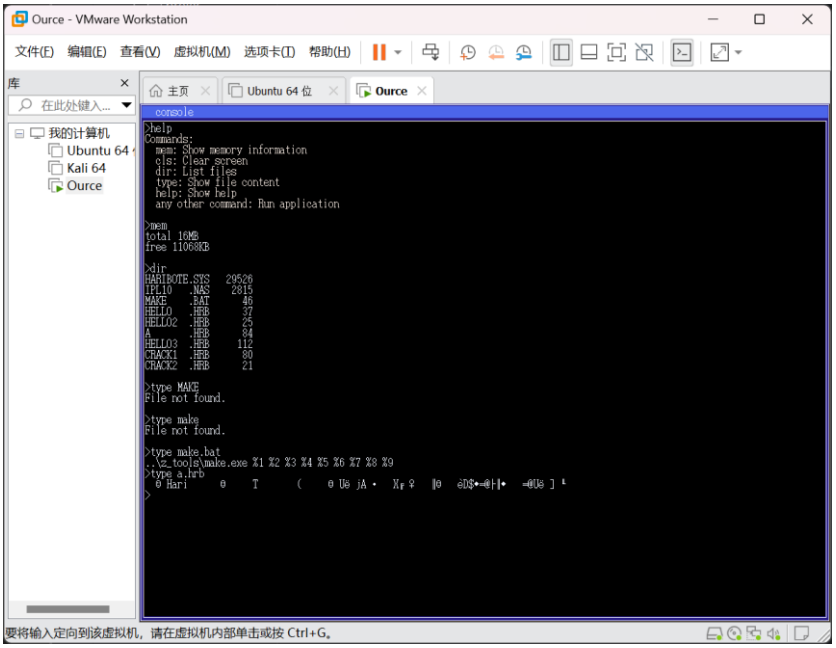


图 8 type 命令运行结果

如图 8 所示，type 命令输出了 make.bat 和 a.hrb 的内容，其中因为 a.hrb 为二进制格式的可执行文件，所以输出了乱码信息。

通过 cls 指令刷新屏幕

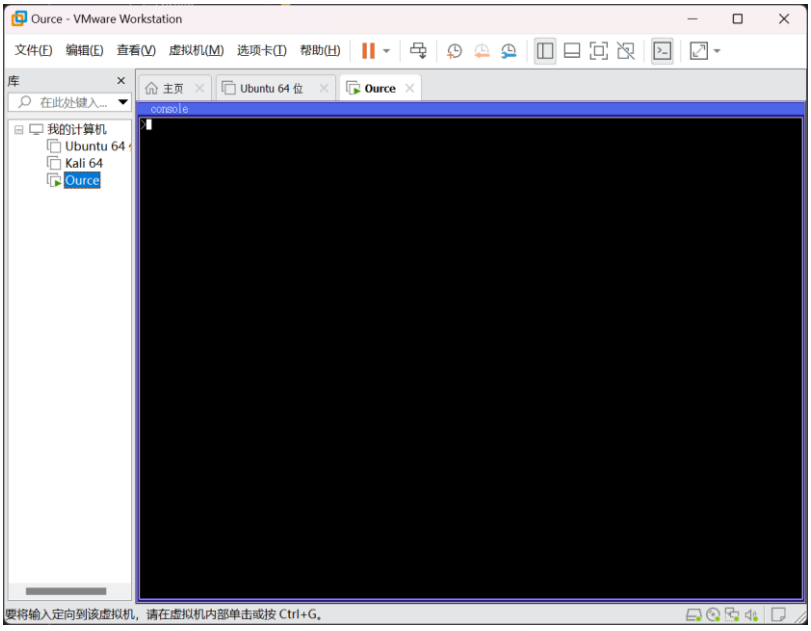


图 9 cls 命令运行结果

如图 9 所示，cls 指令刷新了命令行屏幕。

通过命令行运行.hrb 可执行二进制文件

a.hrb 是用 C 语言编写并编译的外部程序,其 C 源代码如下:

```
void api_putchar(int c);
void api_end(void);

void HariMain(void)
{
    api_putchar( c: 'A');
    api_end();
}
```

图 10 a.c 内容

hello3.hrb 是用汇编语言编写并汇编的外部程序，其汇编语言源代码如下:

```
[INSTRSET "i486p"]
[BITS 32]
        MOV     EDX,2
        MOV     EBX,msg
        INT     0x40
        MOV     EDX,4
        INT     0x40
msg:
        DB  "hello",0
```

图 11 hello3.nas 内容

通过 Ource 运行该两个外部程序，运行结果如图 12 所示。

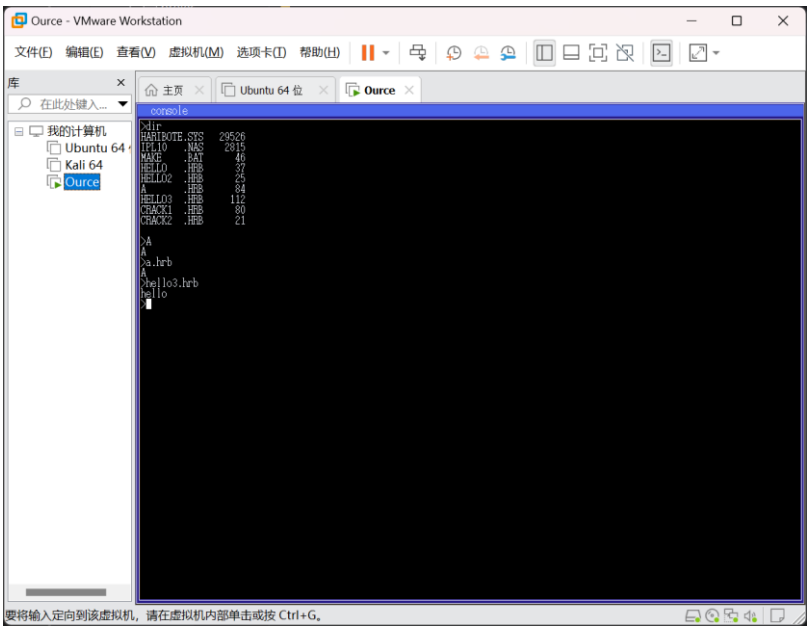


图 12 可执行二进制文件运行结果