

Lab 0 基础

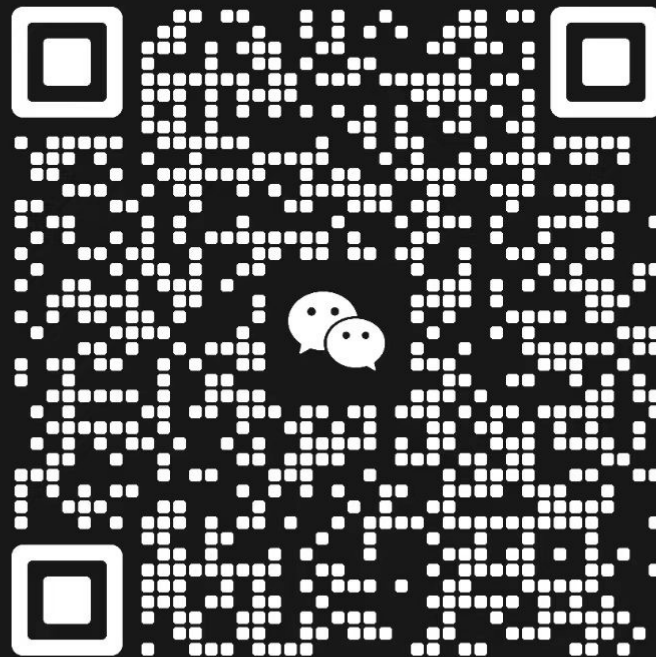
实验说明

- 总共七个实验，基础、锁各占一周，剩下的实验两周，最后一周作为总结以及成绩评定。
- 基础、锁、系统调用、页表管理、Traps、COW、文件系统。
- 每次的实验报告在DDL前提交到elearning。

实验课群



群聊：2023操作系统



该二维码7天内(9月26日前)有效，重新进入将更新

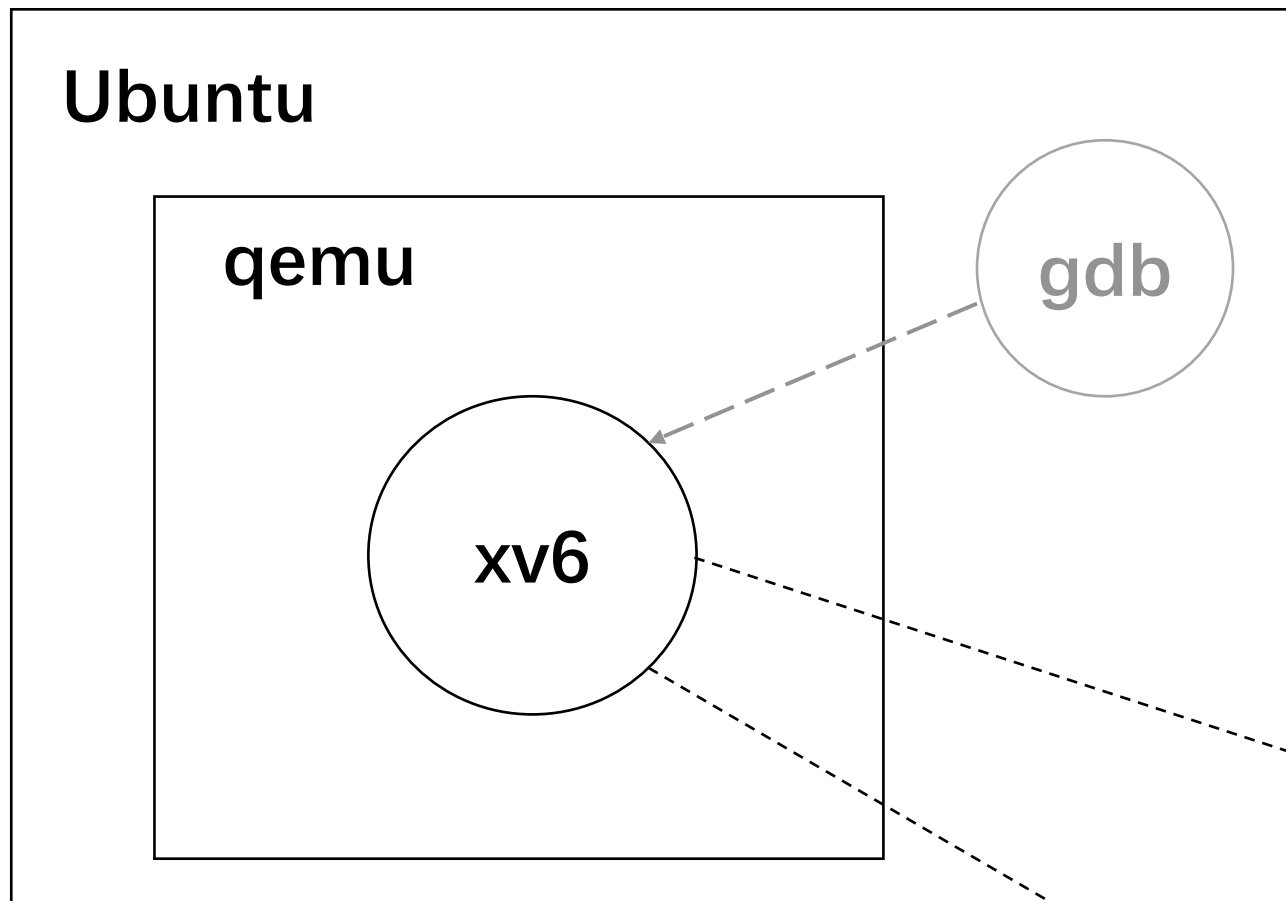
目录

- 实验目的
- 实验环境介绍
- 设置实验环境
- 常见系统调用函数
- I/O机制与Pipe的相关知识
- 练习和解答

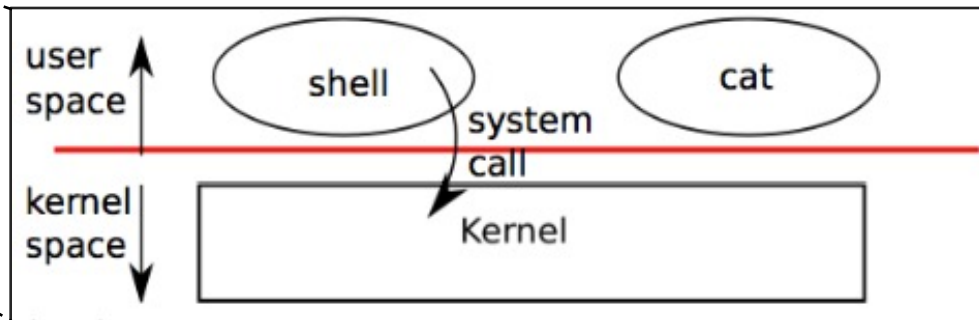
一、实验目的

- 了解xv6实验的环境
- 熟悉Linux命令行的使用
- 掌握常见系统调用函数的使用
- 了解内核的I/O机制
- 学习使用pipe进行进程间通信

二、实验环境介绍



- **qemu**: 硬件模拟器
- **xv6**: 实验操作系统
(类unix操作系统)
- **gdb**: 调试工具



三、设置实验环境

- VirtualBox / VMware安装Ubuntu（课前准备）

- 在qemu硬件模拟器上安装xv6操作系统

打开终端

```
sudo apt-get install git build-essential gdb-multiarch qemu-system-misc gcc-riscv64-  
linux-gnu binutils-riscv64-linux-gnu qemu-system
```

- 编译并启动xv6系统

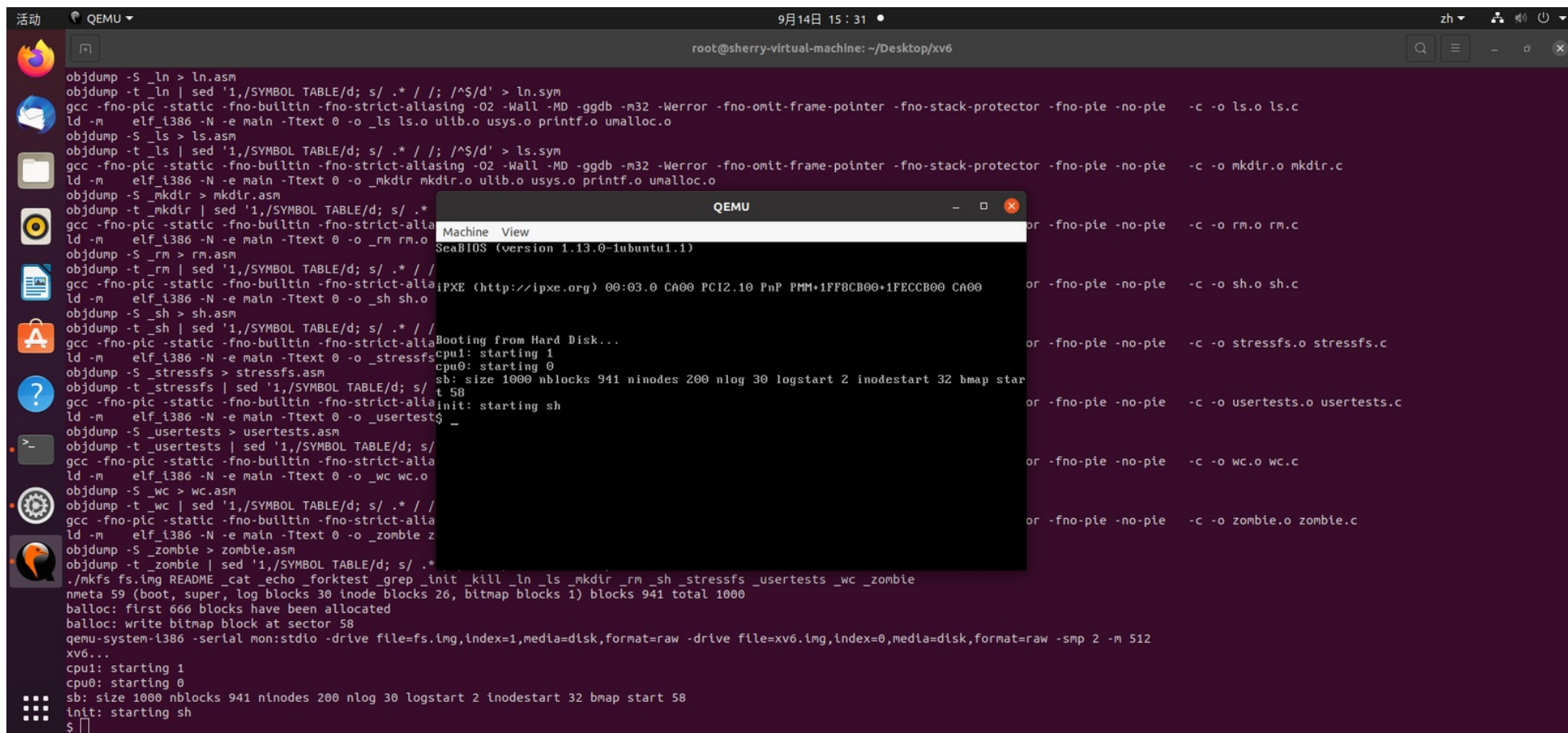
```
git clone git://g.csail.mit.edu/xv6-labs-2022 ~/Desktop/xv6-labs-  
2022  
cd ~/Desktop/xv6-labs-2022
```

make

- 之后每次使用**make qemu**命令即可在qemu中启动xv6系统
- 详见：[【腾讯文档】2023操作系统实验课准备工作](#)
- <https://docs.qq.com/doc/DZWxld0ZEaWFTTWNE>

三、设置实验环境

- xv6启动成功的效果



```
objdump -S _ln > ln.asm
objdump -t _ln | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > ln.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o ls.o ls.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _ls ls.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _ls > ls.asm
objdump -t _ls | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > ls.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o mkdir.o mkdir.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _mkdir mkdir.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _mkdir > mkdir.asm
objdump -t _mkdir | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > mkdir.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o rm.o rm.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _rm rm.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _rm > rm.asm
objdump -t _rm | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > rm.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o sh.o sh.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _sh sh.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _sh > sh.asm
objdump -t _sh | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > sh.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o stressfs.o stressfs.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _stressfs stressfs.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _stressfs > stressfs.asm
objdump -t _stressfs | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > stressfs.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o userstests.o userstests.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _userstests userstests.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _userstests > userstests.asm
objdump -t _userstests | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > userstests.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o wc.o wc.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _wc wc.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _wc > wc.asm
objdump -t _wc | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > wc.sym
gcc -fno-pic -static -fno-builtin -fno-strict-aliasing -O2 -Wall -MD -ggdb -m32 -Werror -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -fno-pie -no-pie -c -o zombie.o zombie.c
ld -m elf_i386 -N -e main -Ttext 0 -o _zombie zombie.o ulib.o usys.o printf.o umalloc.o
objdump -S _zombie > zombie.asm
objdump -t _zombie | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > zombie.sym
./mkfs fs.img README _cat _echo _forktest _grep _init _kill _ln _ls _mkdir _rm _sh _stressfs _userstests _wc _zombie
nmeta 59 (boot, super, log blocks 30 inode blocks 26, bitmap blocks 1) blocks 941 total 1000
ballocc: first 666 blocks have been allocated
ballocc: write bitmap block at sector 58
qemu-system-i386 -serial mon:stdio -drive file=fs.img,index=1,media=disk,format=raw -drive file=xv6.img,index=0,media=disk,format=raw -smp 2 -m 512
xv6...
cpu1: starting 1
cpu0: starting 0
sb: size 1000 nblocks 941 ninodes 200 nlog 30 logstart 2 inodestart 32 bmap start 58
init: starting sh
$
```

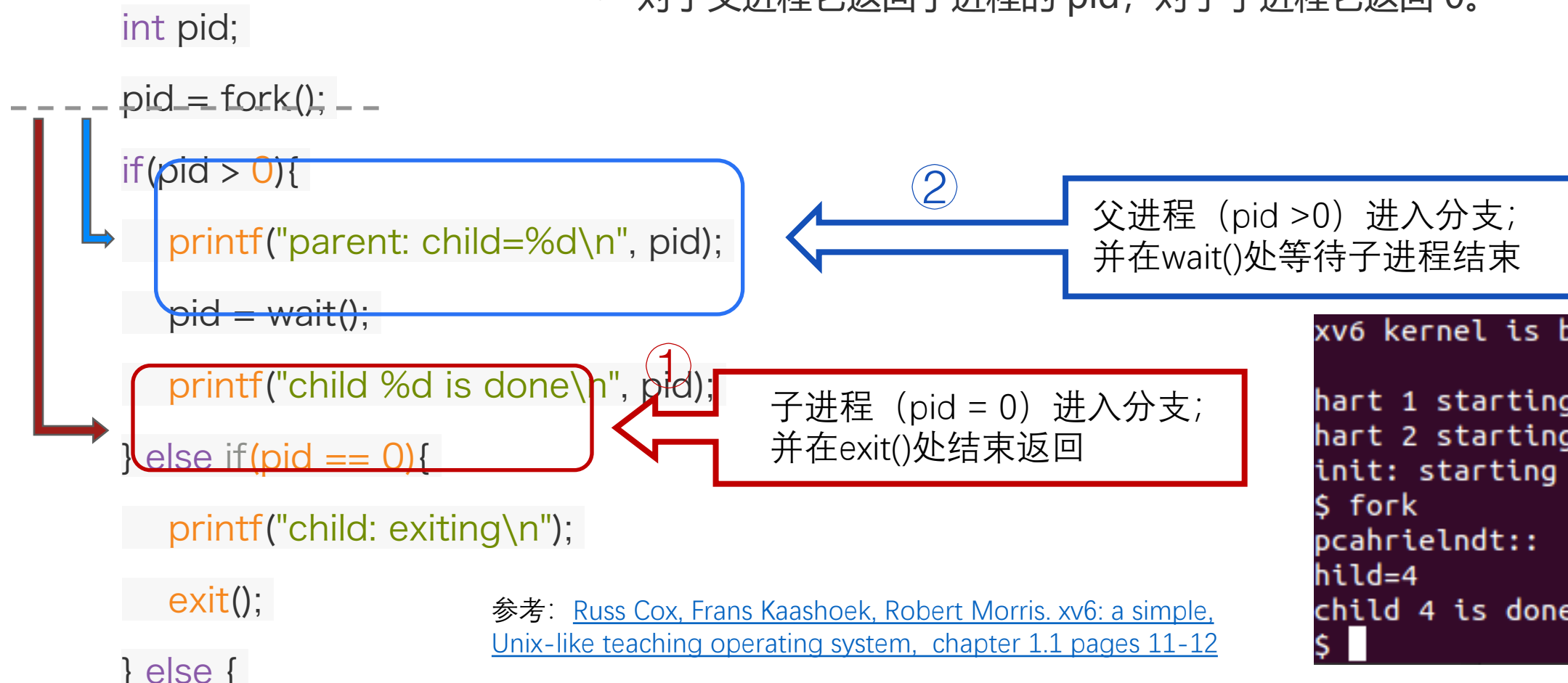

四、常见系统调用函数

系统调用	描述
fork()	创建子进程
exit()	结束当前进程
wait()	等待子进程结束
exec(filename, *argv)	加载并执行文件
sleep(n)	睡眠n秒

四、常见系统调用函数

- fork创建新进程

- 子进程的内存内容同创建它的进程（父进程）一样。
- fork 函数在父进程、子进程中都返回（一次调用两次返回）。
- 对于父进程它返回子进程的 pid，对于子进程它返回 0。



```
xv6 kernel is booting  
hart 1 starting  
hart 2 starting  
init: starting sh  
$ fork  
pcahrielndt:: exiting  
child 4 is done  
$
```

参考: [Russ Cox, Frans Kaashoek, Robert Morris. xv6: a simple, Unix-like teaching operating system, chapter 1.1 pages 11-12](#)

四、常见系统调用函数

- exec读取内存镜像

- 注意exec并不会创建子进程，而是读取可执行文件的内存镜像，将其替换到当前进程内存空间。
- 所以为了使当前进程在exec后仍能正常运行，通常先fork一个子进程，然后在子进程中exec。

```
char *argv[3];
```

```
argv[0] = "echo";
```

```
argv[1] = "hello";
```

```
argv[2] = 0;
```

```
exec("/bin/echo",
```

```
argv);
```

```
printf("exec error\n");
```

大部分程序忽略第一个参数
(惯例为调用程序名)

将调用程序替换为 /bin/echo
这个程序传入argv参数组

由于内存空间被替换，exec成功不会运行printf

```
xv6 kernel is booting
hart 1 starting
hart 2 starting
init: starting sh
$ exec
hello
$
```

五、I/O机制与Pipe

• I/O和文件描述符

```
char buf[512];
int n;

for(;;){
    n = read(0, buf, sizeof
buf);
    if(n == 0) ← 读到0个字节表示
                break; ← 读取结束
    if(n < 0){
        fprintf(2, "read
error\n");
        exit();
    }
    if(write(1, buf, n) != n){
        fprintf(2, "write
error\n");
        exit();
    }
}
```

将数据从标准输入复制到标准输出
"cat"

系统调用	描述
read(fd, buf, n)	从文件中读 n 个字节到 buf
write(fd, buf, n)	从 buf 中写 n 个字节到文件

- **文件描述符 (fd)** 是一个整数，代表了一个进程可以读写的被内核管理的对象；
- 按照惯例，进程从：
 1. 文件描述符0读入（标准输入stdin）
 2. 从文件描述符1输出（标准输出stdout）
 3. 从文件描述符2输出错误（标准错误输出）
- 每一个指向文件的文件描述符都和一个偏移关联。

```
xv6 kernel is booting

hart 2 starting
hart 1 starting
init: starting sh
$ r_w
hello
hello
```

五、I/O机制与Pipe

系统调用	描述
open(filename, flags)	打开文件，flags 指定读/写模式
close(fd)	关闭打开的 fd

• I/O重定向

(fork与文件描述符交叉使用)

```
char *argv[2];
```

```
argv[0] = "cat";
```

```
argv[1] = 0;
```

```
if(fork() == 0) {
```

```
    close(0);
```

```
    open("input.txt",  
        O_RDONLY);
```

- 新分配的文件描述符，永远都是当前进程的**最小的、未被使用的**文件描述符

复制父进程的文件描述符和内存

释放文件描述符0 (标准输入)
使其可被open等重调用

为"input.txt"分配文件描述符0
(标准输入 指向 "input.txt")

将"input.txt" (标准输入) 内容
复制到标准输出

```
xv6 kernel is booting  
  
hart 2 starting  
hart 1 starting  
init: starting sh  
$ echo "hello" > input.txt  
$ redirect  
$ "hello"
```

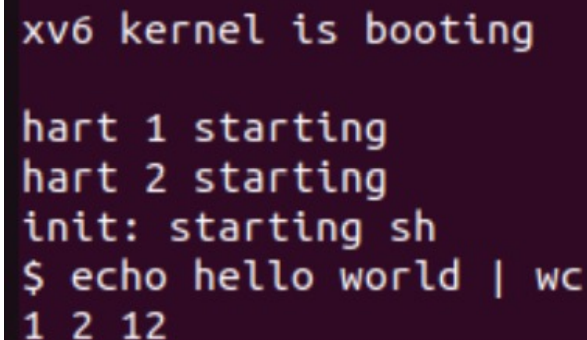
五、I/O机制与Pipe

• 使用Pipe完成进程间通信

```
int p[2]; // 创建pipe数组
char *argv[2]; // 执行参数
argv[0] = "wc";
argv[1] = 0;
pipe(p); // 创建一个管道，将读和写文件描述符分别放在p[0]和p[1]中
if(fork() == 0) {
    // 子进程
    close(0); // 释放之前其他进程的输入fd
    dup(p[0]); // 让fd0指向管道的读取端
    close(p[0]); // 关闭管道的读取端
    close(p[1]); // 关闭管道的写入端
    exec("/bin/wc", argv);
} else {
    // 父进程
    close(p[0]); // 关闭管道的读取端
    write(p[1], "hello world\n", 12); // 写入管道
    close(p[1]); // 关闭管道的写入端
}
```

系统调用	描述
dup(int fd)	返回指向与 fd 相同文件的新文件描述符
pipe(int p[])	创建管道，在 p[0] 和 p[1] 中放入读/写文件描述符

- 管道(pipe)为进程提供了一种通信方式。
- 管道是作为一对文件描述符公开给进程的小型内核缓冲区，一个用于读取，一个用于写入。



```
xv6 kernel is booting

hart 1 starting
hart 2 starting
init: starting sh
$ echo hello world | wc
1 2 12
```

实验练习

- 具体要求见 [【腾讯文档】lab0 题](https://docs.qq.com/doc/DZUtWRVRxYVBPU3pj)
<https://docs.qq.com/doc/DZUtWRVRxYVBPU3pj>
- log_stdout.c和composites.c需要补全代码
- xargs.c需要按照要求完成代码

实验练习

- 在user文件夹下创建xxx.c文件
- 在Makefile中补充实现的命令，如下
- 退出并运行make qemu，即完成编译，可在xv6中运行实现的命令

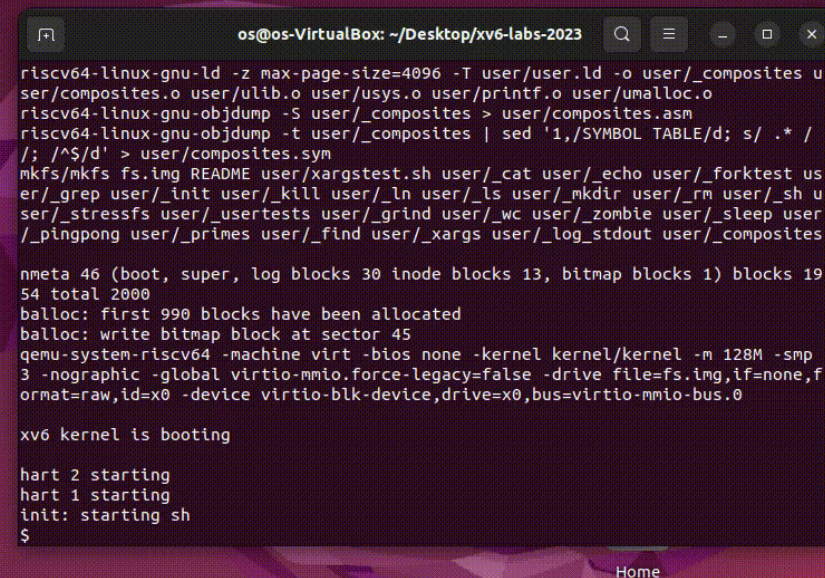
```
# Prevent deletion of intermediate files, e.g. cat.o, after first build, so
# that disk image changes after first build are persistent until clean.  More
# details:
# http://www.gnu.org/software/make/manual/html_node/Chained-Rules.html
.PRECIOUS: %.o

UPROGS=\
    $U/_cat\
    $U/_echo\
    $U/_forktest\
    $U/_grep\
    $U/_init\
    $U/_kill\
    $U/_ln\
    $U/_ls\
    $U/_mkdir\
    $U/_rm\
    $U/_sh\
    $U/_stressfs\
    $U/_usertests\
    $U/_grind\
    $U/_wc\
    $U/_zombie\
    $U/_log_stdout\
    $U/_composites\
    $U/_xargs\
```


实验练习1 log_stdout.c

- 运行命令log_stdout i, i是uint类型
- 将stdout重定向到指定文件i.log中 (log_stdout)
- 读stdin到buf (read_stdin), 打印buf, 打印内容被重定向到i.log

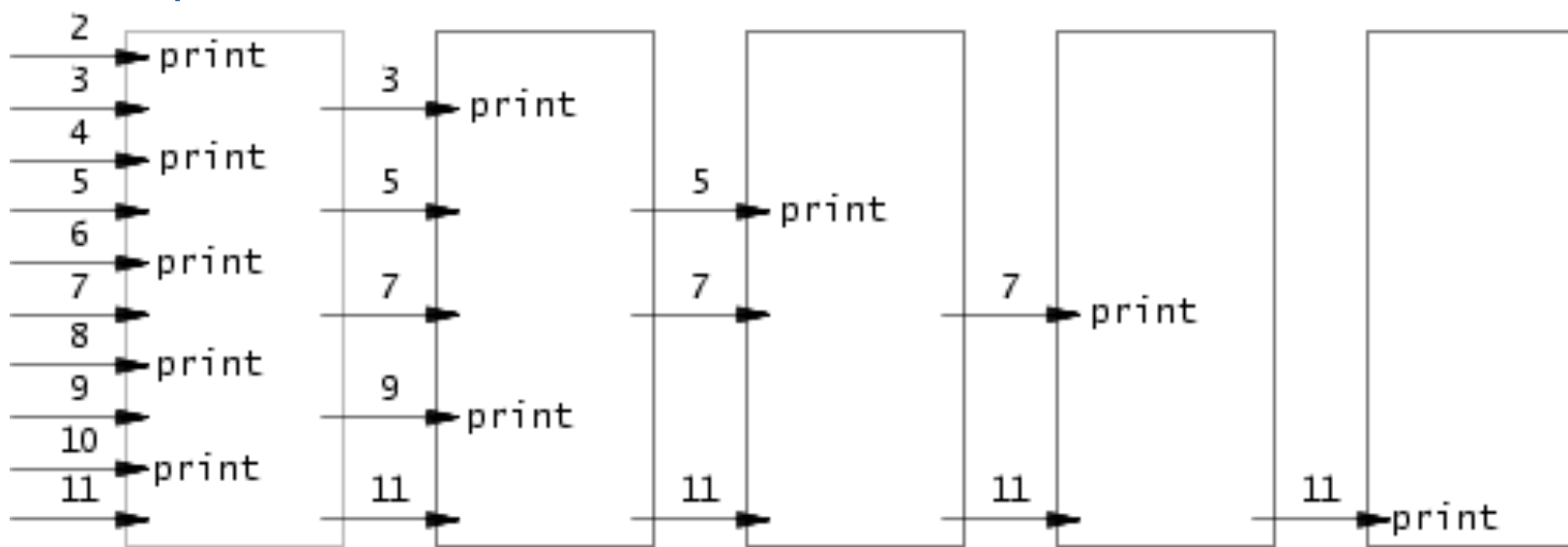
```
int main(int argc, char* argv[]) {  
    if (argc != 2) {  
        fprintf(2, "Usage: log_stdout number\n");  
        exit(1);  
    }  
    if (log_stdout(atoi(argv[1])) != 0) {  
        fprintf(2, "log_stdout: log_stdout failed\n");  
        exit(1);  
    }  
    if (read_stdin(buf) != 0) {  
        fprintf(2, "log_stdout: read_stdin failed\n");  
    }  
    printf(buf);  
    exit(0);  
}
```



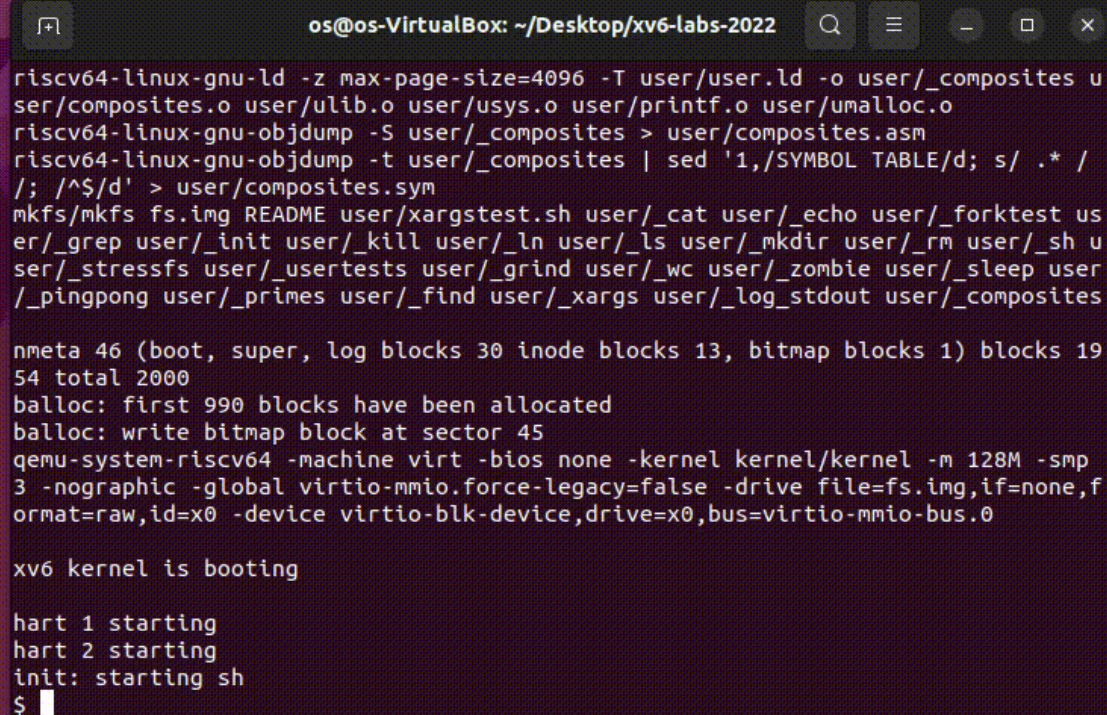
```
os@os-VirtualBox: ~/Desktop/xv6-labs-2023  
riscv64-linux-gnu-ld -z max-page-size=4096 -T user/user.ld -o user/_composites u  
ser/composites.o user/ulib.o user/usys.o user/printf.o user/umalloc.o  
riscv64-linux-gnu-objdump -S user/_composites > user/composites.asm  
riscv64-linux-gnu-objdump -t user/_composites | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* /  
;/ ^$/d' > user/composites.sym  
mkfs/mkfs fs.img README user/xargstest.sh user/_cat user/_echo user/_forktest us  
er/_grep user/_init user/_kill user/_ln user/_ls user/_mkdir user/_rm user/_sh u  
ser/_stressfs user/_ustests user/_grind user/_wc user/_zombie user/_sleep user  
/_pingpong user/_primes user/_find user/_xargs user/_log_stdout user/_composites  
  
nmeta 46 (boot, super, log blocks 30 inode blocks 13, bitmap blocks 1) blocks 19  
54 total 2000  
ballocc: first 990 blocks have been allocated  
ballocc: write bitmap block at sector 45  
qemu-system-riscv64 -machine virt -bios none -kernel kernel/kernel -m 128M -smp  
3 -nographic -global virtio-mmio.force-legacy=false -drive file=fs.img,if=none,f  
ormat=raw,id=x0 -device virtio-blk-device,drive=x0,bus=virtio-mmio-bus.0  
  
xv6 kernel is booting  
  
hart 2 starting  
hart 1 starting  
init: starting sh  
$
```

实验练习2 `composites.c`

- 利用fork和pipe递归地实现流水线
- 流水线实现区分2-35之间的质数和合数
- 注意pipe只有需要的时候打开，且不需要时要及时关闭，不然会耗尽资源
- 用log_stdout函数将第i个子进程的stdout重定向到i.log
- 此图改自<https://swtch.com/~rsc/thread/>



实验练习2 composites.c



A terminal window titled "os@os-VirtualBox: ~/Desktop/xv6-labs-2022" displays the following commands and output:

```
riscv64-linux-gnu-ld -z max-page-size=4096 -T user/user.ld -o user/_composites user/composites.o user/ulib.o user/usys.o user/printf.o user/umalloc.o
riscv64-linux-gnu-objdump -S user/_composites > user/composites.asm
riscv64-linux-gnu-objdump -t user/_composites | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* / /; /^$/d' > user/composites.sym
mkfs/mkfs fs.img README user/xargstest.sh user/_cat user/_echo user/_forktest user/_grep user/_init user/_kill user/_ln user/_ls user/_mkdir user/_rm user/_sh user/_stressfs user/_usertests user/_grind user/_wc user/_zombie user/_sleep user/_pingpong user/_primes user/_find user/_xargs user/_log_stdout user/_composites

nmeta 46 (boot, super, log blocks 30 inode blocks 13, bitnap blocks 1) blocks 1954 total 2000
ballocc: first 990 blocks have been allocated
ballocc: write bitmap block at sector 45
qemu-system-riscv64 -machine virt -bios none -kernel kernel/kernel -m 128M -smp 3 -nographic -global virtio-mmio.force-legacy=false -drive file=fs.img,if=none,format=raw,id=x0 -device virtio-blk-device,drive=x0,bus=virtio-mmio-bus.0

xv6 kernel is booting

hart 1 starting
hart 2 starting
init: starting sh
$
```


实验练习3 xargs.c

- 实现简易版xargs
- xargs command: 将stdin作为command的参数, 执行command
- 例如**echo hello too | xargs echo bye**等价于**echo bye hello too**

```
os@os-VirtualBox: ~/Desktop
os@os-VirtualBox:~/Desktop$ xargs --help
Usage: xargs [OPTION]... COMMAND [INITIAL-ARGS]...
Run COMMAND with arguments INITIAL-ARGS and more arguments read from input.

Mandatory and optional arguments to long options are also
mandatory or optional for the corresponding short option.
  -0, --null           items are separated by a null, not whitespace;
                        disables quote and backslash processing and
                        logical EOF processing
  -a, --arg-file=FILE  read arguments from FILE, not standard input
  -d, --delimiter=CHARACTER
                        items in input stream are separated by CHARACTER,
                        not by whitespace; disables quote and backslash
                        processing and logical EOF processing
  -E END              set logical EOF string; if END occurs as a line
                        of input, the rest of the input is ignored
                        (ignored if -0 or -d was specified)
  -e, --eof[=END]     equivalent to -E END if END is specified;
                        otherwise, there is no end-of-file string
  -I R                same as --replace=R
  -i, --replace[=R]   replace R in INITIAL-ARGS with names read
                        from standard input, split at newlines;
                        if R is unspecified, assume {}
  -L, --max-lines=MAX-LINES
                        use at most MAX-LINES non-blank input lines per
                        command line
```

```
os@os-VirtualBox: ~/Desktop/xv6-labs-2022
riscv64-linux-gnu-ld -z max-page-size=4096 -T user/user.ld -o user/_composites u
ser/composites.o user/ulib.o user/usys.o user/printf.o user/umalloc.o
riscv64-linux-gnu-objdump -S user/_composites > user/composites.asm
riscv64-linux-gnu-objdump -t user/_composites | sed '1,/SYMBOL TABLE/d; s/ .* /
/; /^$/d' > user/composites.sym
mkfs/mkfs fs.img README user/xargstest.sh user/_cat user/_echo user/_forktest us
er/_grep user/_init user/_kill user/_ln user/_ls user/_mkdir user/_rm user/_sh u
ser/_stressfs user/_usertests user/_grind user/_wc user/_zombie user/_sleep user
/_pingpong user/_primes user/_find user/_xargs user/_log_stdout user/_composites

nmeta 46 (boot, super, log blocks 30 inode blocks 13, bitmap blocks 1) blocks 19
54 total 2000
ballocc: first 990 blocks have been allocated
ballocc: write bitmap block at sector 45
qemu-system-riscv64 -machine virt -bios none -kernel kernel/kernel -m 128M -smp
3 -nographic -global virtio-mmio.force-legacy=false -drive file=fs.img,if=none,f
ormat=raw,id=x0 -device virtio-blk-device,drive=x0,bus=virtio-mmio-bus.0

xv6 kernel is booting

hart 2 starting
hart 1 starting
init: starting sh
$
```

参考文献

- <https://pdos.csail.mit.edu/6.828/2022/tools.html>
- <https://pdos.csail.mit.edu/6.828/2022/labs/util.html>
- <https://pdos.csail.mit.edu/6.828/2022/xv6/book-riscv-rev3.pdf> (建议自行阅读第一章)

实验提交

- 提交到 **elearning**:
 - 学号-姓名-oslab0.zip
 - log_stdout.c
 - composites.c
 - xargs.c
 - 学号-姓名-oslab0.pdf (中文报告)
 - 实现思路, 测试结果
 - 实验中遇到的问题, 如何思考并解决
- 截止日期: 2023年9月26日24时
- 注意: 请各位同学独立完成实验, 参考代码需注明