

CG 操作系统实验资源

www.educg.net

CG 操作系统实验涵盖了从内核实验、系统编程、操作系统应用的完整实验体系，按照难度梯度分为 4 大类实验：操作系统内核实验、操作系统模拟实验、操作系统编程实验以及操作系统应用实验。

1 操作系统内核实验

采用分层设计原则，设计了 6 个相互关联的操作系统实验，学生可以从简单到复杂，最终构造出一个相对完整的操作系统。实验包括启动和系统初始化、内存管理实验、进程管理实验、系统调用和 fork 实验、文件系统以及命令解释程序共 6 个大类实验，每个大类实验都设置多个不同难度级别的挑战性任务，**并自动评测**，节省教师工作量的同时，让学生获得内核开发的成就感。该部分实验体系来自北京航空航天大学计算机学院，利用该实验体系可以开设一门独立的操作系统实验课。

2 操作系统模拟实验

操作系统模拟实验包括进程管理实验、处理机调度（进程调度）实验、分区存储管理实验、段式存储管理实验、请求页式存储管理实验、设备管理实验以及文件管理实验等 7 个大实验。该部分实验体系难度较小，目标是让学生体会操作系统的基本原理。

3 操作系统编程实验

操作系统编程实验包括文件 I/O、文件和目录、进程控制、信号、线程、高级 I/O、进程间通信等 7 大类实验。该部分实验主要目标是教会学生如何在 Linux 操作系统之上开发应用程序。

4 操作系统应用实验

操作系统应用实验包括 Bash 脚本编程、Linux 常用命令以及 Linux 系统运维 3 大类实验。该部分实验目标是教会学生如何使用 Linux 系统。

附录 1：操作系统实验清单（详细清单请见附录 2）

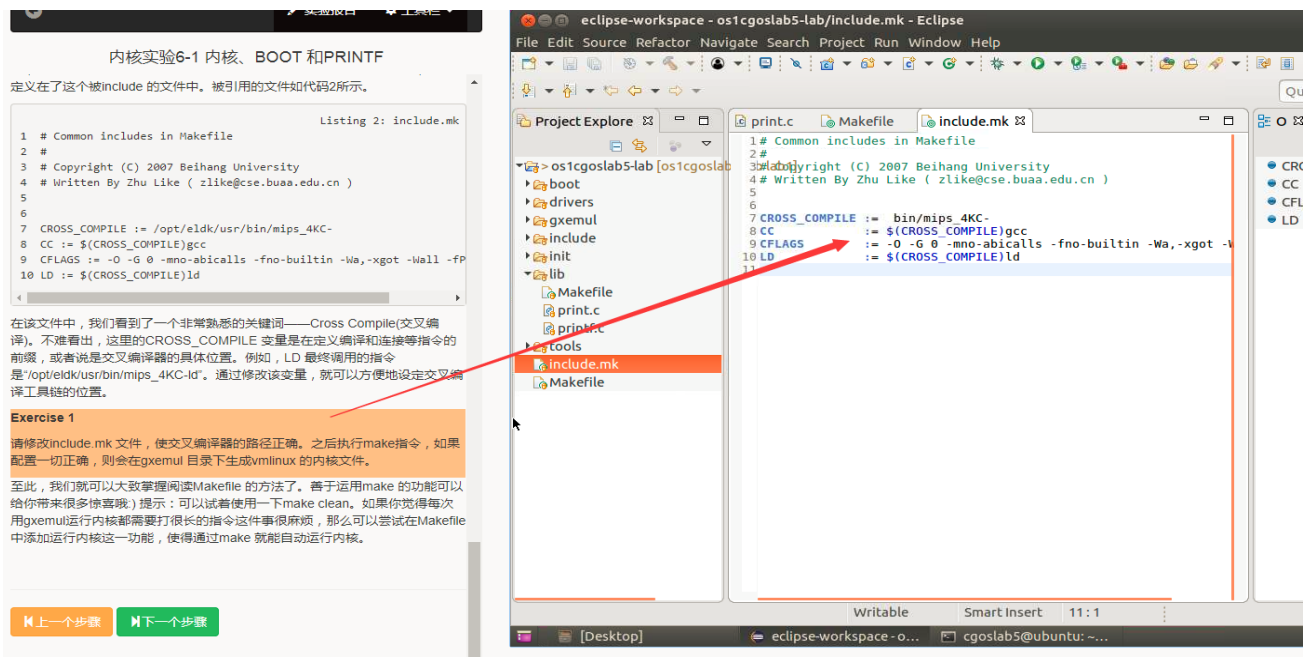
实验分类	实验名称	实验要求	实验手册	实验代码
操作系统内核实验	内核、Boot 和 printf	通过分析硬件启动过程，理解操作系统内核的链接、加载和重定位。通过实现一个串口输出函数。	√	√
	内存管理	理解 MIPS 内存布局，实现操作系统对物理内存和虚拟内存空间的管理。	√	√
	进程与异常	实现时钟中断处理程序，编写进程创建、进程中止和进程调度程序，实现进程管理。	√	√
	系统调用与 fork	掌握 MIPS 平台上系统调用的实现方法，实现相关系统调用。同时，实现 fork 函数。	√	√
	文件系统	实现一个简单的文件系统，掌握文件系统的实现方法。	√	√
	管道与 Shell	实现一个具有基本功能的命令解释程序，将 6 部分链接起来，使之成为一个可运行的操作系统。	√	√
操作系统模拟实验	进程管理	在模拟框架内，补充进程管理相关数据结构，实现进程创建、运行原语。	√	√
	处理机调度（进程调度）	在模拟框架内，实现 5 类常见处理机（进程）调度算法。	√	√
	分区存储管理	在模拟框架内，补充分区存储管理相关数据结构，实现分区存储管理的 3 类算法。	√	√
	段式存储管理	在模拟框架内，实现段式存储管理的分配、回收算法，实现对多进程的支持。	√	√
	请求页式存储管理	在模拟框架内，实现请求页式存储管理的 3 类页面置换算法，并分析这 3 类算法在不同情况下的表现。	√	√
	设备管理	在模拟框架内，实现设备管理相关数据结构，实现设备分配、回收算法。	√	√
	文件管理	在模拟框架内，实现磁盘块的分配算法和回收算法。实现小型文件系统需要的基本接口，并可进行演示。	√	√
操作系统编程实验	文件 I/O	掌握文件 I/O 的相关接口，掌握文件系统的相关接口。	√	√
	文件和目录	掌握获取/设置文件和目录属性的相关接口，掌握文件和目录操作的相关接口。	√	√
	进程控制	掌握进程创建的相关接口，掌握进程间关系的相关接口，掌握守护进程的实现。	√	√
	信号	掌握 Linux 信号的相关接口，掌握 Linux 信号集的相关接口。	√	√
	线程	掌握线程创建/销毁相关接口，掌握线程同步接口。	√	√
	高级 I/O	掌握非阻塞 I/O 编程，I/O 多路复用编程，异步 I/O 编程。	√	√
	进程间通信	掌握基于管道、消息队列、共享内存、信号量的进程间通信机制。	√	√

操作系统应用实验	Bash 脚本编程	掌握 Bash 编程技术，包括 Bash 编程基础，控制流，高级内容，相关实例。	√	√
	Linux 常用命令	掌握 Linux 常用命令，命令分类包括系统信息，关机、重启、登出，文件和目录，文件搜索，挂载，用户和群组，文件的权限，文件的特殊属性，打包和压缩文件，RPM 包，YUM 包，DEB 包，APT 软件工具，查看文件内容，文本处理，字符设置和文件格式转换，文件系统分析，初始化一个文件系统，SWAP 文件系统，备份，光盘，网络，远程登录，文件传输，定时任务，进程管理等。	√	√
	Linux 系统运维	掌握常见的系统运维工具的配置和使用，实验分类包括：防火墙配置实验，DNS 配置实验，网络配置实验，邮箱服务器配置实验，MySQL 配置实验，Nginx 配置实验，负载均衡实验，系统性能监控实验，系统性能调优实验，网络抓包实验，系统日志分析实验，Samba 服务器配置实验等。	√	√

说明：在 CG 实验平台上，可以很方便的扩展现有实验内容和实验体系：

1. 教师可非常便捷的在 CG 实验平台上现有的操作系统实验镜像上录入新的实验指导教程 从而扩展现有的实验内容。
2. 教师可在 CG 平台上录入自己配置的操作系统的实验环境镜像。基于自定义的镜像，教师可录入新的实验指导手册，从而扩展现有的实验体系。

基于 B/S 架构的在线操作系统实验界面如下图所示，其中左侧为实验指导手册，右侧为虚拟机实验环境。



附录 2：操作系统实验详细清单

表 1 操作系统内核实验详细清单

实验名称	实验要求	实验手册	实验代码
内核、Boot 和 printf	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握内核的编译，学会制作内核。 2. 掌握计算机加电之后到内核启动的全部流程（从加电后第一条指令开始单步跟踪）。 3. 掌握在 GXemul 仿真器上运行和调试内核。 4. 掌握内核内部结构和布局。 5. 掌握将内核加载到指定内存地址的方法。 6. 在内核中，实现 printf 函数。 7. 请确保以上实现正确。实验环境具备完备测试机制，可以对以上实现进行自动化评测/评分。 8. 了解 Git（分布式版本控制系统）的使用。 	√	√
内存管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解 MIPS 内存映射布局。 2. 在内核中，实现基于空闲链表的物理内存管理机制。 3. 在内核中，实现页表创建以及分页式虚存管理。 4. 在内核中，实现内存分配函数和内存释放函数。 5. 请确保以上实现正确。实验环境具备完备测试机制，可以对以上实现进行自动化评测/评分。 	√	√
进程与异常	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在内核中，实现进程创建。 2. 在内核中，实现进程运行。 3. 在内核中，实现异常分发。 4. 在内核中，实现时钟初始化和时钟中断处理流程。 5. 在内核中，根据时钟中断，实现基于时间片轮转算法的进程调度策略。 6. 在内核中，实现基于带优先级的时间片轮转算法的进程调度策略。 7. 在内核中，实现自定义的进程调度策略。（挑战性任务） 8. 请确保以上实现正确。实验环境具备完备测试机制，可以对以上实现进行自动化评测/评分。 	√	√

系统调用与 FORK	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握系统调用的内部原理和流程（基于反汇编）。 2. 在内核中，补充相关源码，使系统调用机制可以正常运转。 3. 在内核中，实现进程间通讯机制（IPC）。 4. 在内核中，根据 fork 后父子进程的关系，实现 sys_env_alloc 函数。 5. 在内核中，实现 fork 函数。 6. 请确保以上实现正确。实验环境具备完备测试机制，可以对以上实现进行自动化评测/评分。 	√	√
文件系统	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握文件系统的基本概念和作用；掌握普通磁盘的基本结构和读写方式。 2. 在内核中，实现磁盘的写操作，即实现 ide_write 函数。 3. 在内核中，实现文件系统中磁盘块的申请和释放机制。 4. 在内核中，实现计算指定磁盘块的虚存地址。 5. 在内核中，实现磁盘块和内存间的映射关系的建立和取消。 6. 在内核中，实现删除指定路径文件的功能。 7. 请确保以上实现正确。实验环境具备完备测试机制，可以对以上实现进行自动化评测/评分。 	√	√
管道与 Shell	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握管道的原理与底层细节 2. 在内核中，修改管道实现，将管道缓冲区从 COW 模式改为父子共享模式。 3. 在内核中，实现管道的读、写以及关闭功能。 4. 结合内核源码，分析为何系统调用必须是原子操作。 5. 在内核中，修改管道的关闭函数和 dup 函数，避免进程竞争问题。 6. 在内核中，实现 syscall_cgetc，获取键盘输入（实现 Shell 的前提工作）。 7. 在内核中，实现运行命令函数 runcmd。 8. 请确保以上实现正确。实验环境具备完备测试机制，可以对以上实现进行自动化评测/评分。 	√	√

表 2 操作系统模拟实验详细清单

实验名称	实验要求	实验手册	实验代码
------	------	------	------

进程管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握操作系统如何组织进程、创建进程以及运行进程，掌握进程状态转换。 2. 在模拟框架内，确定进程控制块的内容和组织方式，补充完整相关数据结构。 3. 在模拟框架内，实现进程创建原语。 4. 在模拟框架内，实现进程运行原语。 5. 编写测试函数，确保以上实现正确。 	√	√
处理机调度 (进程调度)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握常见处理机调度（进程调度）算法的原理。 2. 在模拟框架内，基于先来先服务算法（FCFS）实现进程调度策略。 3. 在模拟框架内，基于短作业优先算法（SJF）实现进程调度策略。 4. 在模拟框架内，基于时间片轮转调度算法实现进程调度策略。 5. 在模拟框架内，基于带优先级的抢占式时间片轮转调度算法实现进程调度策略。 6. 在模拟框架内，基于带优先级的非抢占式时间片轮转调度算法实现进程调度策略。 7. 编写测试函数，确保以上实现正确。 	√	√
分区存储管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握可变式分区存储管理机制中，不同算法的分区和回收过程。 2. 在模拟框架内，将与分区存储管理相关的数据结构补充完整。 3. 在模拟框架内，基于首次适应算法实现分区存储管理。 4. 在模拟框架内，基于循环首次适应算法实现分区存储管理。 5. 在模拟框架内，基于最佳适应算法实现分区存储管理。 6. 编写测试函数，确保以上实现正确。 	√	√
段式存储管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握段式存储管理机制中存储的分配和回收。 2. 在模拟框架内，实现段式存储管理的分配算法。 3. 在模拟框架内，实现段式存储管理的回收算法。 4. 在模拟框架内，实现对多进程段式存储管理的支持。 5. 编写测试函数，确保以上实现正确。 	√	√

请求页式存储管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握请求页式存储管理（虚存管理）机制，掌握各类页面置换算法。 2. 在模拟框架内，实现先入先出算法（FIFO）。 3. 在模拟框架内，实现最近最少使用算法（LRU）。 4. 在模拟框架内，实现最佳淘汰算法（OPT）。 5. 编写测试函数，确保以上实现正确。 6. 分析以上三种算法在不同内存大小下的命中率。 7. 分析以上三种算法在不同页面大小下的命中率。 	√	√
设备管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握设备管理机制，掌握设备的分配算法和回收算法。 2. 在模拟框架内，将与设备管理相关的数据结构补充完整。 3. 在模拟框架内，实现设备的分配算法。 4. 在模拟框架内，实现设备的回收算法。 5. 编写测试函数，确保以上实现正确。 	√	√
文件管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握文件管理机制，掌握磁盘块的分配算法和回收算法。 2. 通过在模拟框架内补充相关代码、实现相关接口，实现一个小型文件系统，支持 create、delete、open、close、read、write 接口。 3. 在模拟框架内，将与文件管理相关的数据结构补充完整。 4. 在模拟框架内，实现磁盘块的分配算法。 5. 在模拟框架内，实现磁盘块的回收算法。 6. 编写测试函数，确保以上实现正确。 7. 在模拟框架内，实现小型文件系统需要的各类接口：create、delete、open、close、read、write。 8. 请确保该小型文件系统可使用以上接口进行演示。 	√	√

表 3 操作系统编程实验详细清单

实验名称	实验要求	实验手册	实验代码
------	------	------	------

文件 I/O	1. 掌握文件 I/O 的相关接口, 包括 open, openat, create, close, lseek, read, write 等。 2. 掌握文件系统的相关接口, 包括 sync, fsync, fdatasync, fcntl, ioctl 等。	√	√
文件和目录	1. 掌握获取文件和目录属性的相关接口, 包括 stat, fstat, fstatat, lstat, access, faccessat 等。 2. 掌握设置文件和目录属性的相关接口, 包括 umask, chmod, fchmod, fchmodat, chown, fchown, fchownat, lchown 等。 3. 掌握文件操作的相关接口, 包括 link, linkat, unlink, unlinkat, remove, rename, renameat 等。 4. 掌握获取和修改文件/目录时间的接口, 包括 futimens, utimensat, utimes 等。 5. 掌握目录操作的相关接口, 包括 mkdir, mkdirat, rmdir, chdir, fchdir, getcwd 等。 6. 掌握文件相关的其他操作, 包括获取文件长度, 文件截断, 创建和读取符号链接等。	√	√
进程控制	1. 掌握进程创建的相关接口, 包括 fork, vfork, exit, wait, waitpid, waitid, wait3, wait4, exec, system 等。 2. 掌握进程间关系的相关接口, 包括 tcgetpgrp, tcsetpgrp, tcgetsid 等。 3. 掌握守护进程的实现。	√	√
信号	1. 掌握 Linux 信号的相关接口, 包括 signal, kill, raise, alarm, pause, sigqueue 等。 2. 掌握 Linux 信号集的相关接口, 包括 sigprocmask, sigpending, sigaction, sigsetjmp, siglongjmp, sigsuspend 等。 3. 掌握 Linux 其他接口和信号的联系, 包括 abort, system, sleep, nanosleep, clock_nanosleep 等。	√	√
线程	1. 掌握线程创建/销毁相关接口, 包括 pthread_create, pthread_exit, pthread_join, pthread_attr_init, pthread_kill 等。 2. 掌握线程同步接口, 包括 pthread_mutex_lock, pthread_mutex_unlock, pthread_cond_init, pthread_cond_signal, pthread_cond_wait 等。	√	√
高级 I/O	1. 掌握非阻塞 I/O 编程, 包括 fcntl, ioctl 等接口。 2. 掌握 I/O 多路复用编程, 包括 select, pselect, poll, epoll 等接口。 3. 掌握异步 I/O 编程。	√	√
进程间通信	1. 掌握基于管道的进程间通信机制。 2. 掌握基于消息队列的进程间通信机制。 3. 掌握基于共享内存的进程间通信机制。 4. 掌握基于信号量的进程间通信机制。	√	√

表 4 操作系统应用实验详细清单

实验名称	实验要求	实验手册	实验代码
------	------	------	------

<p>Bash 脚本编程</p>	<p>通过以下实验掌握 Bash 编程：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bash 编程基础：脚本执行方法，局部变量，全局变量，特殊变量，命令行传递参数，数组，运算符，字符串处理，逻辑运算，算数运算等。 2. Bash 控制流：分支语句，循环语句，if 语句，case 语句，break 语句，continue 语句，until 语句，for 语句等。 3. 高级内容：函数，输入输出重定向，let 用法，expr 用法，bc 用法等。 4. 实例：实现开机启动，定制五颜六色终端，批量文本处理，图形绘制，批量修改文件名，文件/目录加密，机器资源利用率，多级菜单等。 	<p>√</p>	<p>√</p>
<p>Linux 常用命令</p>	<p>掌握以下常用的 Linux 命令：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 系统信息：top, free, iostat, arch, uname, dmidecode, hdparm, cat /proc/cpuinfo, lspci, date, cal, clock -w 等。 2. 关机、重启、登出：shutdown, init, telinit, reboot, logout 等。 3. 文件和目录：cd, pwd, ls, tree, ltree, mkdir, rm, rmdir, mv, cp, ln, touch, file, iconv 等。 4. 文件搜索：find, locate, whereis, which 等。 5. 挂载：mount, umount, fuser 等。 6. 磁盘空间：df, ls, du, rpm, dpkg-query 等。 7. 用户和群组：groupadd, groupdel, groupmod, useradd, userdel, usermod, passwd, chage, pwck, grpck, newgrp 等。 8. 文件的权限：ls, chmod, chown, chgrp, find 等。 9. 文件的特殊属性：chattr, lsattr 等。 10. 打包和压缩文件：bunzip2, bzip2, gunzip, gzip, rar, unrar, tar, zip, unzip 等。 11. RPM 包：rpm, rpm2cpio, rpmbuild 等。 12. YUM 软件包升级器：yum 等。 13. DEB 包：dpkg 等。 14. APT 软件工具：apt-get, apt-cdrom, apt-cache 等。 15. 查看文件内容：cat, tac, more, less, head, tail 等。 16. 文本处理：cat, grep, sed, awk, echo, paste, sort, comm, 正则表达式等。 17. 字符设置和文件格式转换：dos2unix, unix2dos, recode 等。 18. 文件系统分析：badblocks, fsck, fsck.ext2, e2fsck, fsck.ext3, fsck.vfat, fsck.msdos, dosfsck 等。 19. 初始化一个文件系统：mkfs, mke2fs, fdformat, mkswap 等。 20. SWAP 文件系统：mkswap, swapon 等。 	<p>√</p>	<p>√</p>

	<p>21. 备份: dump, restore, rsync, dd, tar, find 等。</p> <p>22. 光盘: cdrecord, mkisofs, gzip, mount, cd-paranoia, dd 等。</p> <p>23. 网络: ifconfig, ifup, ifdown, dhclient, route, hostname, nslookup, ip, mii-tool, ethtool, netstat, tcpdump, iwlist, iwconfig 等。</p> <p>24. 远程登录: ssh, rlogin, rsh 等。</p> <p>25. 文件传输: ftp, scp, sftp, mail 等。</p> <p>26. 定时任务: crontab 等。</p> <p>27. 进程管理: pstree, ps, pidof, pgrep, top, htop, glances, pmap, vmstat, dstat, kill, pkill, job, bg, fg, nohup, nice, renice, killall 等。</p> <p>28. 综合案例: 基于 ssh 的反向代理功能搭建自己的 VPN。</p> <p>* 实验指导手册中包含更多命令, 并对每个命令的常用参数的进行了详细说明和演示。</p>		
Linux 系统运维	<p>通过以下实验, 掌握常见的系统运维工具的配置和使用:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 防火墙配置实验。 2. DNS 配置实验。 3. 网络配置实验。 4. 邮箱服务器配置实验。 5. MySQL 配置实验。 6. Nginx 配置实验。 7. 负载均衡实验。 8. 系统性能监控实验。 9. 系统性能调优实验。 10. 网络抓包实验。 11. 系统日志分析实验。 12. Samba 服务器配置实验。 	√	√