

# 操作系统课程设计

薛哲

xuezhe@bupt.edu.cn

2023.2.20



北京邮电大学

- 实验内容设置

- 延续、补充上学期课程实验，完成：内核编译、系统调用、内存、信号量、死锁、文件、I/O编程、设备管理相关实验

- 实验类型：

- 内核编程，应用编程

- 实验安排

- 参照：（1）自定实验内容，（2）华为实验指导书提供内容，分组完成

- 应用编程实验在阿里云平台/centOS上完成

# 01 延续、补充上学期操作系统课程实验内容

- 配合阿里云、华为教改项目，以阿里云centOS、自装Linux（如Ubuntu等）、华为openEuler为实验平台，补充内存管理、内核实验、死锁分析、文件管理、I/O编程、设备管理

北京邮电大学

计算机学院

《操作系统》课程实验指导-Part One

Linux 进程/线程管理同步互斥内存管理

2022年01月

实验内容及要点		完成情况
实验 1 进程创建与管理	fork(), getpid(), exit(), wait(), ...	
	exec()生成产生子进程的内存进程映像	
实验 2 线程创建与管理	Pthread create, pthread_exit(), pthread_cancel(), pthread_self(), pthread_cleanup_pop()/push(), pthread_join()	
实验 3 进程通信 (四选一)	消息队列	所用系统调用/接口, 原理, 过程
	共享内存通信	
	管道通信	
	signal/软中断	
实验 4 线程通信	线程间参数传递 (见 6.5.7)	接口, 过程, 传递内容
实验 5 进程间同步互斥/线程间同步互斥 (二选一)	信号量定义 条件不满足时进程/线程挂起 业务逻辑/代码结构	流程, 结果分析
实验 6 多核多线程编程及性能分析	6.1 实验平台物理 CPU、CPU 核和逻辑 CPU 的数目	
	6.2 单线程/进程串行 vs 2 线程并行 vs 3 线程加锁并行程序对比	加锁方法
	6.3 线程加锁 vs 3 线程不加锁 对比	
	6.4 针对 Cache 的优化	
	6.5 CPU 亲和力和对并行程序影响	CPU 绑定方法
	8 种实现方案运行时间对比总结	

## 目 录

1. 实验目的	4
2. 实验环境	5
3. 实验内容	6
3.1 第一组 进程创建与管理	6
3.2 第二组 线程创建管理与通信	7
3.3 第三组 进程通信	7
3.4 第四组 进程/线程同步互斥	10
3.5 第五组 多核多线程编程及性能分析	15
3.6 第六组 内存管理	16
3.7 第七组 内核实验	16
3.8 第八组 死锁分析	16
3.9 第九组 文件管理	16
3.10 第十组 I/O 编程	16
3.11 第十一组 设备管理	17
4. 实验步骤	17
5. 实验要求	21
6. 实验指导	22

## ● 基于真实Linux操作系统进行实验

- 了解实际操作系统，开发、验证Linux资源管理关键技术
- 本次课程设计，在已经完成的课程实验基础上，增加
  - 内核实验：内核编译及时间测量，模块，系统调用
  - 基于管程/条件变量的进程线程互斥，死锁分析，内存，文件，I/O编程，设备管理
  - 课程实验+课程设计，内容涵盖Linux资源管理主要方面

# 一、课程设计资料介绍

- 补充**内存管理、文件管理、设备管理**方面的**内核编程、应用编程实验**
- 实验内容设计参照两方面资料
  - 资料1-自定义实验指导
  - 资料2-华为实验指导

名称	修改日期	类型	大小
资料1-自定义实验指导	2022/3/3 23:09	文件夹	
资料2-华为实验指导	2022/2/28 8:05	文件夹	
 操作系统课程设计—2022年2019级-v3.0	2022/3/3 23:41	Microsoft Power...	7,995 KB

- 资料1-自定义实验指导，参考资料如下
  - 公开出版的Linux实验指导书：
    - 附件1-1-1 操作系统实验指导——基于Linux内核
    - 附件1-1-2 计算机操作系统实验指导
    - 附件1-1-3 操作系统实验指导

### 注意：

1. 有可能书中的Linux内核版本比较低，与课程设计所用内核版本不同
2. 实验指导书pdf电子文档打开受密码保护

- 资料1-自定义实验指导，内容如下

- CSDN、知乎等网络参考资料：

- 附件2-4-1 条件变量

- 附件2-7-2 Linux内核编译及添加系统调用

- 附件2-8-1 死锁原因分析

- 附件2-10-1 Linux 五种 IO 模式及 select、poll、epoll 详解  
(附样例代码)

- 附件2-10-2 深入理解Linux内核的Epoll机制原理与实现(代码演示)



- 往届操作系统实验部分内容，内核编译、启动优化、模块、系统调用
  - 附件3-1 《操作系统》课程设计指导-嵌入式Linux关键技术
- 优点
  - 有参考代码，内容比较完整，单个实验规模较大，e. g. Linux环境下文件系统开发

## 实验内容设计：补充内存管理、文件管理、设备管理方面的内核编程（应用）编程实验

### ● 资料2-华为实验指导

参照华为智能基座教改项目提供的实验方案

#### • 优点

- 提供源码

- 面向三种硬件平台：

~~华为鲲鹏云ECS，鲲鹏/泰山服务器（本院实验中心可提供），~~树莓派

- 比较完善的技术文档，openEuler社区/论坛资源（Q&A），Mooc

#### • 缺点

- 面向ARM、x86架构，但openEuler对x86架构支持不佳

- 目前只有内核编程实验指导书，无应用编程指导书

需要搭建本机实验环境：

VirtualBox + openEuler

- 建议
  - 参照华为实验指导提供的不涉及内核编译和硬件平台的编程实验样例，移植到面向x86架构的阿里云平台、自装x86平台下完成实验
  - 如果学生自己配备树莓派，可以在树莓派上完成设备驱动等实验

## ● 设计的实验内容如下

序号	分类	内容	知识点	学时
1	教辅书籍：教师根据教学需求安排学时。理论概要PPT：4学时。	《openEuler操作系统》	对openEuler操作系统作全面讲解 <span>ARM</span>	-
		openEuler操作系统简介.pptx	openEuler出现的背景、平台框架、鲲鹏处理器体系结构、弱内存序、相对于通用Linux操作系统的增强	1
		openEuler增强特性介绍.pptx	多核调度NUMA aware解决方案、软硬件协同、轻量级容器引擎iSulad、智能优化引擎A-Tune	3
2	实验(268学时)	openEuler内核编程技术	Linux内核分析、启动过程、内存管理、进程管理、时钟管理、网络管理、设备管理、内核安全、虚拟化及容器技术、增强特性实验	158
		openEuler应用编程技术	C/C++软件开发和调试工具、版本控制、Shell、进程线程及进程间通信、文件系统应用、网络应用、安全应用、软硬件协同编程	110

内核编程实验内容一览 (1)

					搭建本机实验环境： VirtualBox + openEuler			
章节	名称	实验任务			泰山物理服务器	QEMU鲲鹏虚拟机	鲲鹏云ECS	树莓派
1	openEuler操作系统安装与内核编译	(1) openEuler操作系统安装			√	√	×	√
		(2) openEuler内核编译与安装			√	√	√	√
		(3) 内核模块编程		☑	√	√	√	√
2	内存管理	(1) 使用kmalloc分配内存			√	√	√	√
		(2) 使用vmalloc分别分配内存		☑	√	√	√	√
3	进程管理	(1) 创建并运行内核线程			√	√	√	√
		(2) 打印输出当前系统CPU负载情况			√	√	√	√
		(3) 打印输出当前处于运行状态的进程的PID和名字			√	√	√	√
		(4) 使用cgroup实现限制CPU核数			√	√	√	√
		(5) 使用cgroup实现不允许访问U盘			√	×	×	√
4	中断和异常管理	(1) 使用tasklet实现打印helloworld			√	√	√	√
		(2) 用工作队列实现周期打印helloworld			√	√	√	√
		(3) 编写一个信号捕获程序，捕获终端按键信号		☑	√	√	√	√
5	内核时间管理	(1) 调用内核时钟接口打印当前时间			√	√	√	√
		(2) 编写timer，在特定时刻打印hello.world			√	√	√	√
		(3) 调用内核时钟接口，监控累加计算代码的运行时间		☑	√	√	√	√

本次课程设计可以参考上述1、2、3、4、5等节的实验内容和代码，但需要移植到x86平台下

内核编程实验内容一览 (2)

搭建本机实验环境：  
VirtualBox + openEuler

章节	名称	实验任务	泰山物理服务器	QEMU鲲鹏虚拟机	鲲鹏云ECS	树莓派
6	设备管理	(1) 编写USB设备驱动程序 (2) 编写内核模块测试硬盘的读写速率 <div>☑</div>	√ √	X √	X √	√ √
7	文件系统	(1) 为 Ext4 文件系统添加扩展属性 (2) 注册一个自定义的文件系统类型 (3) 在/proc下创建目录 (4) 使用sysfs文件系统传递内核模块参数 <div>☑</div>	√ √ √ √	√ √ √ √	√ √ √ √	√ √ √ √
8	网络管理	(1) 编写基于socket的udp发送接收程序 (2) 使用tshark抓包 (3) 使用setsockopt发送记录路由选项	√ √ √	√ √ √	√ √ √	√ √ √
9	内核虚拟化	(1) 搭建QEMU AArch64虚拟机	√	X	X	√
10	内核安全	内核审计机制、内核安全模块等	√	√	√	√
11	iSulad容器技术	轻量级容器iSulad搭建及使用等	√	√	√	√
12	openEuler特性与工具	鲲鹏KAE加速引擎等	√	√	X	X
13	openEuler高级功能	A-Tune框架及代码分析、基础库开发等	√	√	√	√

本次课程设计可以参考上述6、7等节的实验内容和代码，但需要移植到x86平台下

## 应用编程实验内容一览

序号	章节	实验内容	泰山物理服务器	QEMU鲲鹏虚拟机	鲲鹏云ECS	树莓派
1	GNU/Linux和openEuler简介	openEuler安装及开发环境的搭建等	√	√	√	√
2	openEuler下开发、调试与版本控制工具	VIM/GNU/Makefile等工具的使用等	√	√	√	√
3	Shell编程	Shell编程等	√	√	√	√
4	基础程序库	静态库/共享库开发、程序库调用等	√	√	√	√
5	进程与线程编程	程序进程状态监控、父子进程交互等	√	√	√	√
6	进程间通信	信号量及共享内存等	√	√	√	√
7	文件系统应用	文件系统相关实验等	√	√	√	√
8	网络应用编程	网络应用编程实验等	√	√	√	√
9	安全应用编程	数据采集、漏洞检测工具开发等	√	√	×	×
10	鲲鹏及ARM处理加速编程	加速API调用开发实战等	√	√	√	√



# 02-1 资料2-华为实验指导：资料内容

年3月2019级2019211301303-网工大数据《操作系统课程设计》 > 资料2-华为实验指导



<input type="checkbox"/> 名称	修改日期	类型	大小 ^
00 请先安装华为字体	2022/2/28 4:20	文件夹	
01-2 《openEuler操作系统》内核实验手册-Taishan物理服务器版v1.0	2022/3/4 0:04	文件夹	
01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0	2022/2/28 4:20	文件夹	
01-4 tasks_k-实验源码	2022/2/28 4:20	文件夹	
01-1-3 OpenEuler下载及安装	2021/3/2 2:19	Microsoft Word ...	1,453 KB
01-0 《操作系统》课程方案1介绍v1.1	2021/1/4 15:53	Microsoft PowerP...	1,531 KB
01-1-2 openEuler增强特性介绍v1.4	2020/12/2 15:05	Microsoft PowerP...	1,568 KB
01-1-1 openEuler操作系统介绍v1.4	2020/11/29 22:...	Microsoft PowerP...	4,372 KB



## 02-1 资料2-华为实验指导：资料内容

- 01-0 《操作系统》课程方案1介绍v1.1
- 01-1-1openEuler操作系统介绍v1.4
- 01-1-3 OpenEuler 下载及安装【选自课程实验指导书】
- 实验指导手册（9组实验）
  - ▣ 01-2 《openEuler操作系统》内核实验手册-Tai shan物理服务器版v1.0
  - ▣ 01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0
    - 包括WORD版实验指导书、实验讲解PPT、实验代码（参考）

# 02-1 资料2-华为实验指导：资料内容

- 01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0
  - ❑ 实验指导手册（9组实验）
  - ❑ 包括WORD版实验指导书、实验讲解PPT、实验代码（参考）

资料2-华为实验指导 > 01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0

<input type="checkbox"/> 名称	修改日期	类型
第1章 安装及内核编译（内核模块）	2022/2/28 4:20	文件夹
第2章 内存管理	2022/2/28 4:20	文件夹
第3章 进程管理	2022/2/28 4:20	文件夹
第4章 中断和异常管理	2022/2/28 4:20	文件夹
第5章 内核时间管理	2022/2/28 4:20	文件夹
第6章 设备管理	2022/2/28 4:20	文件夹
第7章 文件系统	2022/2/28 4:20	文件夹
第8章 网络管理	2022/2/28 4:20	文件夹
第9章 内核虚拟化	2022/2/28 4:20	文件夹

各组实验对应的文件夹中有参考代码

资料2-华为实验指导 > 01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0 > 第2章 内存管理 >

<input type="checkbox"/> 名称	修改日期	类型	大小
第二章 实验课 参考答案源码	2022/2/28 4:20	文件夹	
第二章 实验课讲解PPT-内存管理	2020/11/20 16:47	Microsoft Power...	158 KB
第二章 实验课指导书-内存管理	2020/11/20 17:01	Microsoft Word ...	230 KB

# 02-1 资料2-华为实验指导：资料内容

- 01-4 tasks\_k-实验源码（文件夹）
  - ❑ 8组实验的参考代码

资料2-华为实验指导 > 01-4 tasks\_k-实验源码

<input type="checkbox"/>	名称 ^	修改日期	类型
✦	1-内核编译	2022/2/28 4:20	文件夹
✦	2-内存管理	2022/2/28 4:20	文件夹
✦	3-进程管理	2022/2/28 4:20	文件夹
✦	4-中断和异常管理	2022/2/28 4:20	文件夹
✦	5-内核时间管理	2022/2/28 4:20	文件夹
✦	6-设备管理	2022/2/28 4:20	文件夹
er操	7-文件系统	2022/2/28 4:20	文件夹
考场i	8-网络管理	2022/2/28 4:20	文件夹

资料2-华为实验指导 > 01-4 tasks\_k-实验源码 > 2-内存管理 > task1

<input type="checkbox"/>	名称 ^	修改日期	类型	大小
✦	<u>kmalloc.c</u>	2020/8/31 23:36	C 文件	1 KB
✦	Makefile	2020/10/31 17:34	文件	1 KB

- 01-3 《openEuler 操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0（文件夹）
  - ❑ 各组实验对应的文件夹中有参考代码

01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0 > 第1章 安装及内核编译（内核模块）

名称	修改日期
第一章 实验课 参考答案源码	2021-3-1 21:13
第一章 实验课讲解PPT-openEuler操作系统安装与内核编译安装	2020-11-20 16:40
第一章 实验课指导书-openEuler操作系统安装与内核编译安装	2020-11-20 16:59

## 二、课程设计实验步骤

# 02-1 实验内容与步骤

1

2

5

操作系统实验一览

1.[2] 内核编译/模块编程/系统调用(三选二)

- 实验1-1-1 Linux内核编译与安装
- 实验1-1-2 内核模块实验-1
  - 实验1-1-2-1 内核模块实验-1
  - 实验1-1-2-2 内核模块实验-2
- 实验1-1-3 添加系统调用

2.[1] 同步互斥

实验2-1 基于条件变量的同步互斥

3.[1] 死锁分析

实验3-1 死锁分析

4.[2] 内存管理(四选二)

- 实验4-1-1 观察进程虚拟地址空间内的变量和数据分布
- 实验4-2-1 Kmalloc 分配内存
- 实验4-2-2 cmalloc 分配内存
- 实验4-3-1 缺页中断次数统计
- 实验4-4-1 内存监控检查回收

5.[2] 进程管理

- 实验5-3-1 编写内核模块, 创建并运行内核线程
- 实验5-3-2 编写内核模块, 打印输出当前CPU负载
- 实验5-3-3 编写内核模块, 打印输出当前系统处于运行状态的进程的PID和名字
- 实验5-3-4 使用cgroup实现限制CPU核数
- 实验5-3-5 使用cgroup实现不允许访问U盘

6.[1] I/O编程

实验6-1 I/O编程

7.[2] 文件系统

- 实验7-1-1 设计文件系统/文件结构分析跟踪
- 实验7-1-2 向Linux中添加文件系统
- 实验7-1-3 (四选二)
  - 实验7-1-3-1: 为Ext4文件系统添加扩展属性
  - 实验7-1-3-2: 注册自定义文件系统类型
  - 实验7-1-3-3: 在/proc下创建目录
  - 实验7-1-3-4: 使用sysfs文件系统传递内核模块参数
- 实验7-2 文件访问

3

4

## 02-1 实验内容与步骤：实验环境准备

- 方案1：阿里云实验环境（centOS），完成应用编程实验
- 方案2：本机安装Ubuntu等Linux操作系统，完成内核编程、应用编程实验
- 【方案3：参照【方案2-华为实验指导书 “02-1-3 OpenEuler 下载及安装”】（选自课程实验指导书）等文档，从openEuler社区下载openEuler操作系统源码，准备实验环境，采用VirBox/VMWare+openEuler】
- 建议
  - 采用方案1、2

## 02-1 实验内容与步骤：第1步 内核编译+模块编程+系统调用

### ● 实验1-1-1 Linux内核编译与安装

□ 采用Ubuntu、openEuler等Linux操作系统，参考实验指导书，编译Linux内核源码，运行操作系统

#### □ 参考资料

■ 资料2-华为实验指导/01-3《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0/第1章 安装及内核编译（内核模块）/第一章 实验课指导书-openEuler操作系统安装与内核编译安装

■ 资料1-自定义实验指导/附件3-1《操作系统》课程设计指导-嵌入式Linux关键技术:5.1节 Linux启动过程优化

#### □ 建议：

■ 采用gettime等函数，测量内核中某段代码执行时间，如系统启动部分的执行时间

## 02-1 实验内容与步骤：第1步 内核编译+模块编程+系统调用

### ● 实验1-1-2-1 内核模块实验-1

□ 了解内核模块实现机制，参照：

- 资料2-华为实验指导/01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版 v1.0/第1章 安装及内核编译（内核模块）/第一章 实验课指导书-openEuler操作系统安装与内核编译安装
- 资料1-自定义实验指导/附件1-2-1 Linux内核编译及添加系统调用，完成“Hello World”实验

建议：采用gettime等函数，测量内核某段代码执行时间

要求

### ● 实验1-1-2-2 内核模块实验-2

● 实验1-1-2-1、1-1-2-2，二选一

□ 参照“方案1-自定义实验指导/附件1-1-1操作系统实验指导——基于Linux内核”中“第7章模块编程实验”，设计、完成内核模块编程实验



## 02-1 实验内容与步骤：第1步 内核编译+模块编程+系统调用

- 实验1-1-3 添加系统调用

参照以下资料，向内核中添加系统调用

- ▣ 资料1-自定义实验指导/附件1-2-1 Linux内核编译及添加系统调用
- ▣ 资料1-自定义实验指导/附件1-1-1操作系统实验指导——基于Linux内核” 中 6.2.2、6.3.2、6.4.2节内容，完成本实验

- 要求

- ▣ 内核编译、模块编程、系统调用，三组实验，三选二

## 02-1 实验内容与步骤：第2步 同步互斥

- 实验2-1 基于条件变量的同步互斥
  - ▣ 参照相关资料，采用条件变量（管程），实现进程、线程的同步互斥
- 参考资料：资料1-自定义实验指导
  - ▣ 附件1-3-1 条件变量
  - ▣ 附件1-3-2 Linux C 多线程编程基于Pthread条件变量和信号量的生产者-消费者问题
  - ▣ 附件1-3-3 基于C++11 条件变量condition\_variable的生产者-消费者
  - ▣ 附件1-3-4 操作系统概念（英文）——6-21-final（p124-135）

## 02-1 实验内容与步骤：第2步 同步互斥

---

- 要求

- 选用1) 生产者-消费者、读写者等经典问题，  
或2) 选用其它同步互斥问题
- 注意与信号量实现方式的对比

## 02-1 实验内容与步骤：第3步 死锁分析

- 实验3-1 死锁分析

- ▣ 编程实现多个并发进程/线程，进程/线程间采用锁机制，竞争使用临界资源，导致死锁，分析死锁发生的原因

- 参考资料

- ▣ 资料1-自定义实验指导/附件1-4-1 死锁原因分析

- 要求

- ▣ 注意互斥资源的访问模式，从资源分配图角度分析线程间等待关系
- ▣ 思考：如何改进程序，解除死锁

## 02-1 实验内容与步骤：第4步 内存管理

- 实验4-1-1 观察进程虚拟地址空间内的变量和数据分布
  - 了解Linux进程虚拟地址空间的组成；编写C语言程序，分配位于堆和栈上的变量，观察变量的地址分布和变化
  - 参考资料
    - 资料1-自定义实验指导/附件1-5-2 观察进程虚拟地址空间内的变量和数据分布
    - 资料1-自定义实验指导/附件1-5-1 操作系统概念（英文）——9-virtual memory-21-v4.1, 见P16-18, P143-151
    - 知乎话题：从操作系统内存管理来说，malloc申请一块内存的背后原理是什么？

## 02-1 实验内容与步骤：第4步 内存管理

- 实验4-2-1 kmalloc分配内存，实验4-2-2 vmalloc分配内存

### □ 参考资料

- 资料2-华为实验指导/01-4 tasks\_k-实验源码/2-内存管理
- 资料2-华为实验指导/01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版 v1.0/第2章 内存管理/第二章 实验课指导书-内存管理
- 知乎话题：从操作系统内存管理来说，malloc申请一块内存的背后原理是什么？

- 实验4-3-1 缺页中断次数统计
  - 实验内容和参考代码参见“方案1-自定义实验指导/附件1-1-3 操作系统实验指导”中第156-160页“实验4 统计操作系统缺页次数”
  - 注意
    - 指导书以Linux2.6.15版本为例。同学们完成本实验时，需要确认采用的Linux内核版本，以及与缺页统计相关的代码位置
- 实验4-4-1内存监控检查回收
  - 参照“资料1-自定义实验指导/附件1-1-2计算机操作系统实验指导”中12.2、12.3.1节内容，完成本实验

要求：

1. 实验4-1-1 观察进程虚拟地址空间内的变量和数据分布  
实验4-2-1 kmalloc分配内存/实验4-2-2 vmalloc分配内存  
实验4-3-1 缺页中断次数统计  
实验4-4-1 内存监控检查回收  
四组实验，四选二
2. 第二组实验中，实验4-2-1、实验4-2-2，二选一
3. 观察分析实验结果，e.g. 内存泄露、内存溢出、内存越界



## 02-1 实验内容与步骤 第5步：进程管理

- 参照以下资料

- 资料2-华为实验指导/01-4 tasks\_k-实验源码/3-进程管理
- 资料2-华为实验指导/01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版 v1.0/第3章 进程管理

### 完成下述进程观察实验

- 实验5-3-1 编写内核模块，创建并运行内核线程
- 实验5-3-2 编写内核模块，打印输出当前CPU负载
- 实验5-3-3 编写内核模块，打印输出当前系统处于运行状态的进程的PID和名字
- 实验5-3-4 使用cgroup实现限制CPU核数。
- 实验5-3-5 使用cgroup实现不允许访问U盘

### 要求

- 实验5-3-1、5-3-2、5-3-3，三选一
- 实验5-3-4、5-3-5，二选一

## 02-1 实验内容与步骤 第6步：I/O编程

- 实验6-1 I/O编程

- 了解掌握Linux系统提供的select、epoll等I/O机制，编写客户端、服务器端程序，编程验证对比这几种网络I/O机制

- 参考资料

- 资料1-6-1-自定义实验指导/附件1-6-1 Linux 五种 IO 模式及 select、poll、epoll 详解（附样例代码）
  - 附件1-6-2 深入理解Linux内核的Epoll机制原理与实现（代码演示）
  - 附件1-6-3 网络编程学习（七）\_epoll编程实例
  - CSDN、知乎上的epoll编程示例

## 02-2 实验内容与步骤 第7步：文件系统

- 以下三组文件系统实验，实验7-1-1、实验7-1-2、实验7-1-3，三选一
  - 实验7-1-1 设计文件系统/文件结构分析跟踪
    - 参照“资料1-自定义实验指导/附件1-1-1操作系统实验指导——基于Linux内核”中“第9章文件系统实验”，完成本实验
      - ✓ 设计实现二级文件系统
      - ✓ EXT2文件系统结构分析跟踪
  - 实验7-1-2
    - 参照“资料1-自定义实验指导/附件1-1-3 操作系统实验指导”中“第6章Linux文件系统”，完成本实验
      - ✓ 设计实现二级文件系统
      - ✓ EXT2文件系统结构分析跟踪
      - ✓ 向Linux中添加文件系统

### □ 实验7-1-3

- 参照资料2-华为实验指导/01-3 《openEuler操作系统》内核实验手册-树莓派版v1.0/第7章 文件系统，完成下述实验：

实验7-1-3 -1 为Ext4文件系统添加扩展属性

实验7-1-3 -2 注册自定义文件系统类型

实验7-1-3 -3 在/proc下创建目录

实验7-1-3 -4 使用sysfs文件系统传递内核模块参数

#### 要求

- 实验7-1-3包括4个实验，实验7-1-3-1、7-1-3 -2、7-1-3 -3、7-1-3-4，四选二

- 实验7-2 文件访问

- 利用create、open、close、read、write等文件访问系统调用，将创建文件，并源文件中内容拷贝至目标文件
- 参考资料
  - 附件1-7-1 linux文件访问系统调用（open, close, read, write, lseek）

### 三、课程设计考核要求

- 上述实验分为7步，每步包括多个实验，需完成至少11个实验
- 学生分组完成实验，每组3~5人
- 从每组实验中，挑选合适的实验内容，要求
  - ▣ 实验内容涵盖管程/条件变量、死锁分析、内核实验、内存管理、文件管理、I/O编程等Linux核心技术
- 第8周左右中期检查
  - ▣ 线上或线下验收
  - ▣ 各组应完成的实验内容不少于全部内容的50%，保证课程设计进度
- 最终课程设计验收在第15-16周，提前完成的组可提前预约验收

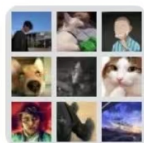
- 采用阿里云Ubuntu、华为openEuler、自装Linux（如Ubuntu等）等操作系统
- 为支持与阿里云的教改合作项目，对于应用编程类实验，建议尽可能在阿里云平台上完成不需要改动内核的应用编程实验
- 全部实验完成后，提交课程设计报告，报告内容应包括：题目，实验目的、实验内容、实验设计原理/步骤、实验结果及分析、程序代码等内容
- 要求
  - 课程设计报告文档格式规范，内容完整，包括封面、目录、正文内容、案例图片、附录等，应附有程序代码和实验运行截图
  - 每组提交一份课程设计文档，WORD格式



- ❑ 文档文件命名方式：班级\_学号\_姓名\_操作系统课程设计
- ❑ 实验代码以附录方式安排在文档最后，或作为附件单独组织成一个附件文件
- ❑ 验收前，文档和程序发至：kcsjbupt@126.com

- 课程设计完成后，第15-16周进行实验验收，各组演示实验内容。要求：
  - 验收前提交课程设计文档，不得缺席验收
  - 验收时间、地点： 待定

- 操作系统课程设计微信群



群聊：操作系统课程 2022



该二维码7天内(2月26日前)有效，重新进入将更新

- 答疑：  
周一下午14:00——16:00，主楼1202；  
或者通过课程微信群在线答疑

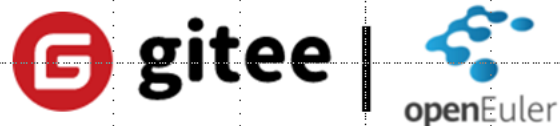
- 阿里云实验平台
  - 使用方式参见上学期课程实验

### openEuler开源社区

- <https://openeuler.org/>



- <https://gitee.com/openeuler/>



- 附：openEuler标准发行版下载
  - 当前版本： openEuler 20.03 LTS
  - 下载地址： <https://openeuler.org/zh/download.html>

- “智能基座”产教融合协同育人基地  
登入网址： <https://edu.huaweicloud.com/>  
进入“智能基座”鲲鹏/昇腾高校师生交流学习专区，  
查看“操作系统”课程。
- 附：教辅书籍购买参考链接  
<https://item.jd.com/12976580.html>

