《操作系统》教学大纲

课程编号：070193B

课程类型：□通识教育必修课 □通识教育选修课

□学科基础课 □专业核心课

☑专业提升课 □专业拓展课

总 学 时：48 讲课学时：32 实验（上机）学时：16

学　　分：2+1

考试类型：□考试 ☑考查

适用对象：数据科学与大数据技术专业

□是 ☑否 适合作为其他专业学生的个性化选修课

先修课程：程序设计基础与应用、数据结构

一、教学目标

操作系统是现代计算机系统中最基本、最核心的系统软件，用于管理和控制计算机系统的所有资源，在大数据和分布式计算系统中也不例外。因此，学习并掌握计算机操作系统的基本原理和操作方法，对数据科学与大数据技术专业的学生是很有必要的，本课程是一门专业提升课。

本课程将系统地介绍操作系统的基本原理，包括操作系统内部工作过程与结构及相关概念、技术和理论。其教学目标是：

目标1：使学生掌握操作系统的基本概念、基本功能

目标2：熟练掌握进程管理、存储管理、设备管理、文件系统以及系统调用的基本原理

目标3：通过实验将理论与具体操作系统相融合，具备运用操作系统的基本知识与能力，为后续课程打下扎实的基础。

目标4：培养学生践行社会主义核心价值观，坚持习近平新时代中国特色社会主义思想，培养学生的理想信念、价值取向、政治信仰和社会责任。

二、教学内容及其与毕业要求的对应关系

本课程侧重操作系统的基本概念和操作系统的基本原理两方面内容的讲解，并结合实验，将理论与具体操作系统相融合。本课程的核心内容包括操作系统的基本概念、基本功能、基本原理与具体实现。具体包括：系统调用；进程管理（进程的概念、描述、状态及其转换、以及进程控制与调度、进程同步、互斥、进程通信、死锁），处理机调度的层次、进程调度的功能、时机以及调度算法；存储管理的基本功能，分区存储管理的基本原理与具体实现，页式存储管理的基本原理与具体实现，段式存储管理的实现原理，段页式存储管理的实现原理；文件的逻辑结构与物理结构、文件的目录管理、存取控制、存储空间管理；设备管理的概念与功能，数据传送控制方式、中断技术、缓冲技术、设备分配等。

三、各教学环节学时分配

**教学课时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 章节内容 | 讲课 | 实验 | 其他 | 合计 |
| **1** | 第1章 绪论 | **3** |  |  | **3** |
| **2** | 第2章 进程管理 | **12** | **12** |  | **24** |
| **3** | 第3章 处理机调度 | **6** | **2** |  | **8** |
| **4** | 第4章 存储管理 | **6** | **2** |  | **8** |
| **5** | 第5章 文件系统 | **1** |  |  | **1** |
| **6** | 第6章 设备管理 | **1** |  |  | **1** |
| **7** | 复习 | **1** |  |  | **1** |
| **8** | 随堂考试 | **2** |  |  | **2** |
| **合计** |  | **32** | **16** |  | **48** |

四、教学内容

第一章 绪论

第一节 操作系统基本概念

1. 操作系统的定义
2. 操作系统的特征
3. 操作系统的历史、演变、发展与兴衰
4. 操作系统的挑战

第二节 操作系统分类

1. 批处理操作系统
2. 分时系统与实时系统
3. 通用操作系统与个人计算机上的操作系统
4. 网络操作系统与分布式操作系统
5. 宏内核与微内核
6. 虚拟机

第三节 操作系统的功能与硬件结构

1. 操作系统功能简介
2. 计算机的基本硬件元素
3. 寄存器与存储器
4. 指令的执行
5. 中断、异常
6. 系统调用与函数调用
7. open、close、read、write等系统调用
8. 操作系统的启动
9. 操作系统的用户界面

第四节 研究操作系统的几种观点

1. 计算机资源管理者的观点
2. 程序控制的观点
3. 控制计算机的观点
4. 人机交互的观点
5. 程序接口的观点
6. 系统结构的观点

第五节 上机环境介绍

1. POSIX
2. GCC和Cygwin
3. Code::Blocks

**课程思政切入点：**通过讲解和案例，例如国外技术的发展和垄断，华为正在自主研发的鸿蒙操作系统，实时操作系统在航空航天军事领域的重要性等，让学生理解我国亟需操作系统等领域的技术人才，教育学生要学好操作系统课程，为国家发展和建设贡献自己的力量。

**教学重点、难点**：操作系统概念、多道程序设计原理、中断技术与通道技术概念、操作系统的基本类型、操作系统的功能、用户态与系统态、特权指令、访管指令、系统调用的基本概念与执行过程。

**课程的考核要求**：通过本章的学习，使学生从系统的角度，了解计算机操作系统的概貌，为学习本课程的后续章节打下良好基础。使学生理解并掌握操作系统基本概念；了解操作系统的历史、发展与基本类型；理解中断技术与通道技术，理解并掌握多道程序设计的基本原理，掌握操作系统的主要功能与特征，理解并掌握用户态与系统态、特权指令、访管指令，以及系统调用的基本概念与实现。

**复习思考题**：

1. 什么是操作系统的基本功能？
2. 什么是批处理、分时和实时系统？各有什么特征？
3. 设在内存中有三道程序A、B和C，并按A、B、C的优先次序运行，其内部计算和I/O操作的时间如图1所示。若处理机调度程序每次进行程序状态转换的时间为2ms，请画出多道程序系统中在处理机调度程序管理下各程序状态转换的时间关系图，并计算出完成这三道程序共花多少时间？比单道运行节省了多少时间？

|  |
| --- |
| 多道程序-2004  图1 各程序内部计算和I/O操作的时间 |

1. 讨论操作系统可以从哪些角度出发，如何把它们统一起来？
2. 什么是系统调用？系统调用与一般用户程序有什么区别？与库函数和实用程序又有什么区别？
3. 简述系统调用的实现过程。

第二章 进程管理

第一节 进程的概念与描述

1. 程序的并发执行与进程
2. 进程控制块
3. 进程上下文
4. 进程上下文切换
5. 进程空间与大小
6. 堆区与栈区

第二节 进程状态、状态转换与进程控制

1. 进程状态
2. 进程状态转换
3. 进程创建与撤销
4. 进程的阻塞与唤醒
5. 进程的挂起
6. POSIX的进程控制、fork等系统调用

第三节 线程

1. 为什么要引入线程
2. 线程的基本概念
3. 线程与进程的区别
4. 线程的适用范围
5. 线程的分类
6. 线程的执行特性

第四节 互斥与同步

1. 并发进程的正确性
2. 进程并发的好处
3. 资源共享所引起的制约
4. 原子操作
5. 临界区及实现方法
6. 临界区的访问规则
7. 互斥、死锁、饥饿、忙等待
8. 互斥的加锁实现
9. TS指令和自旋锁
10. 信号量和P、V原语
11. 用P、V原语实现进程互斥
12. 同步的概念
13. 用P、V原语操作实现同步
14. 生产者-消费者问题
15. 哲学家就餐问题
16. 读者-写者问题

第五节 死锁处理

1. 死锁的概念
2. 资源的分类
3. 资源分配图
4. 死锁的必要条件
5. 死锁预防
6. 安全状态与死锁的关系
7. 死锁避免
8. 银行家算法
9. 死锁检测和恢复

第六节 进程通信

1. 进程的通信方式
2. 消息缓冲机制
3. 阻塞与非阻塞通信
4. 信号的概念和处理过程
5. kill、pause、raise等系统调用
6. 定时器信号
7. 异常信号：SIGFPE、SIGSEGV
8. 匿名管道
9. 文件描述符
10. 具名管道
11. System V IPC和POSIX IPC
12. 消息队列
13. 共享内存

**课程思政切入点：**通过对进程、线程、并发、并行、分布等概念的讲解，让理解分工合作的重要性，培养学生团队精神和合作意识。通过对进程间通信的讲解以及现实生活中的示例，让学生理解沟通交流的重要意义。

**教学重点、难点**：进程的概念与描述、进程状态及其转换、进程控制；并发进程间的同步与互斥、信号量的实现与应用、进程通信的实现；死锁的概念与排除方法、死锁避免与银行家算法；线程的概念与分类；各种进程间通信方法的选择与使用。

**课程的考核要求**：通过本章的学习，使学生从进程的角度出发，理解进程的活动与实现。使学生理解程序并发执行的特性，掌握进程概念及其表示方法，弄清进程和程序的关系与区别；理解并掌握进程的状态、状态转换及其实现的进程控制原语；理解并掌握进程间的制约关系：同步、互斥、通信，理解互斥的加锁实现，理解并熟练掌握信号量和P、V原语及其解决进程同步互斥问题的方法，掌握进程通信的基本实现方法，能够使用进程间通信方法进行编程；理解死锁的定义，掌握死锁预防、死锁避免、死锁检测、死锁恢复的方法，熟练掌握银行家算法。了解线程的引入原因，掌握线程的定义、分类与执行，以及线程与进程的关系。

**复习思考题**：

1. 试比较进程和程序的区别。
2. 什么是临界区？试举一临界区的例子。
3. 并发进程之间的制约有哪2种？引起制约的原因是什么？
4. 什么是进程间的互斥？什么是进程间的同步？
5. 试比较P、V原语法与加锁法实现进程间互斥的区别。
6. 设有三个并发进程R、M、P，它们共享一个缓冲区。R负责从输入设备读信息，每读一个记录后，就把它存放在缓冲区中；M在缓冲区中加工读入的记录；P把加工后的记录打印输出。读入的记录经加工输出后，缓冲区又可存放下一个记录。试写出它们能正确执行的程序。
7. 有一阅览室，读者进入时必须先在一张登记表上进行登记。该表为每一座位列出一个表目，包括座号、姓名。读者离开时撤消登记信息。阅览室有100个座位，试问：

（1）为描述读者的动作，应编写几个程序，应该设置几个进程？进程和程序之间的对应关系如何？

（2）试用P、V操作描述这些进程间的同步算法。

1. 桌上有一只盘子，每次只能放入一个水果。爸爸专向盘中放苹果，妈妈专向盘中放桔子，一个女儿专等吃盘中的苹果，一个儿子专等吃盘中的桔子。试用P、V操作写出他们能同步的程序。
2. 某大学军训正在进行实弹练习。现有一保管员负责管理枪支弹药，有A、B两组学生，A组学生每人都有一支枪，B组学生每人都备有足够的子弹，任一学生只要有枪和子弹就可以进行实弹练习。在打靶场有一个可以放一只枪或一发子弹的盒子，当盒中无物品时，保管员就可以任意放一支枪或一发子弹供学生取用。当盒中有学生所需材料时，每次允许一个学生从中取出自己所需的材料，材料取走后，保管员再放一件材料。

（1）试说明A、B两组学生、保管员之间的相互制约关系。

（2）应设置哪些信号量，它们的初值是什么？

（3）试用P、V写出他们并发执行的程序（类C或类PASCAL语言）。

1. 假定系统中有五个进程{P0，P1，P2，P3，P4}和三种类型的资源{A，B，C}，每种资源的数量分别为10，5，7，在T时刻的资源分配情况如表所示。

（1）T时刻系统是否为安全状态，若是，请给出安全序列。

（2）如果进程P4此时提出资源申请（3，3，1），系统能否将资源分配给它？为什么？

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 进程 | 最大资源需求 | 当前已分配到资源 |
| P0 | 7，5，3 | 0，1，0 |
| P1 | 3，2，2 | 2，0，0 |
| P2 | 9，0，2 | 3，0，2 |
| P3 | 2，2，2 | 2，1，1 |
| P4 | 4，3，3 | 0，0，2 |

1. 编写一个程序使用系统调用fork生成3个子进程，并使用系统调用pipe创建一个管道，使得这3个子进程和父进程公用同一管道进行信息通信。
2. 什么是线程？试述线程与进程的区别。

第三章 处理机调度

第一节 分级调度

1. 分级调度基本概念
2. 调度的层次
3. 衡量调度策略的评价指标

第二节 作业调度

1. 作业的定义
2. 作业的状态及其转换
3. 作业调度功能
4. 作业调度目标与性能衡量
5. 作业与进程的关系
6. Linux中的作业管理

第三节 进程调度

1. 进程调度的功能
2. 进程调度的策略
3. 进程调度的时机
4. 进程调度性能评价
5. 带宽与延迟，公平性
6. Linux中的优先级和CPU亲和性

第四节 调度算法与评价

1. FCFS方式的调度性能分析
2. 短进程优先、最高响应比优先
3. 时间片轮转法
4. 多级反馈队列

第五节 实时系统调度方法

1. 实时系统的特点和应用场合
2. 实时调度算法的分类
3. 时限调度算法与频率单调调度算法

**课程思政切入点：**通过对处理机调度算法的讲解，让学生理解不同应用场合有不同的目标，有不同的策略，即针对应用，应当寻找最优的解决方案，而不是一个万能方案可以解决所有问题，这个过程（不局限于本课程，在其他领域，如工程问题、社会问题、经济问题等）是需要进行权衡和取舍的，例如时间和空间的权衡、公平和性能的权衡、性能和可维护性的权衡等。

**教学重点、难点**：进程调度的功能、时机与方式；各种常用的进程调度算法和作业调度算法；常用的衡量调度策略的指标：周转时间、带权周转时间、吞吐率、响应时间等。

**课程的考核要求**：通过本章的学习，使学生从处理机管理的角度出发，理解处理机调度的层次、目标、功能与具体算法。具体地讲，应达到以下教学目的：理解并掌握处理机调度的4个层次：作业调度、交换调度、进程调度和线程调度，以及作业与进程的关系。理解并掌握进程调度的功能、时机与方式，熟练掌握各种常用的进程调度算法和作业调度算法，以及常用的衡量调度策略的指标：周转时间、带权周转时间、吞吐率、响应时间等。

复习思考题：

1. 试述作业调度的主要功能。
2. 进程调度的功能有哪些？
3. 进程调度的时机有哪几种？
4. 假设有4道作业，它们的提交时刻和执行时间由下表给出：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 作业号 | 提交时刻/小时 | 执行时间/小时 |
| 1 | 10:00 | 2 |
| 2 | 10:20 | 1 |
| 3 | 10:40 | 0.5 |
| 4 | 10:50 | 0.3 |

计算在单道程序环境下，采用先来先服务调度算法和最短作业优先调度算法时的平均周转时间和平均带权周转时间，并指出它们的调度顺序。

第四章 存储管理

第一节 存储管理

1. 存储的层次
2. 虚拟存储器
3. 地址变换与重定位
4. 内外存数据传输的控制
5. 内存的分配与回收
6. 内存信息的共享与保护

第二节 分区存储管理

1. 分区管理基本原理
2. 内存碎片
3. 连续内存分配策略
4. 紧凑与分区对换
5. 覆盖与交换

第三节 页式存储管理

1. 页式管理的基本原理
2. 页、帧、页表
3. 快表与多级页表
4. 请求页式管理中的置换算法
5. FIFO、LRU、LFU
6. Bélády现象
7. 存储保护
8. 页式管理的优缺点

第四节 段式存储管理

1. 段式管理的基本思想
2. 段式管理的实现原理
3. 段式管理的优缺点
4. ELF、PE与依赖
5. 段页式管理的基本思想
6. 段页式管理的实现原理

第六节 局部性原理和抖动问题

1. 局部性原理
2. 系统可用度
3. 抖动与负载控制

**教学重点、难点**：地址变换、虚拟存储器的概念；可变分区的几种常用算法；页式管理的原理、地址变换机构、页面置换算法；段式存储管理的原理、段地址结构、地址变换机构；段页式管理的原理、段页式地址结构、段页式地址变换过程。

**课程的考核要求**：通过本章的学习，使学生理解内存管理的核心问题是如何解决内存和外存的统一以及它们之间的数据交换问题，掌握各种常用的内存管理方法。使学生了解存储管理的目的、功能、研究问题；理解并掌握虚拟存储器的基本概念；理解并掌握地址变换的基本概念，以及静态地址重定位与动态地址重定位的方式、原理、实现和特点；掌握各种分区管理方法的基本原理、具体的内存分配与存储保护方法，熟练掌握可变分区的几种常用算法；熟练掌握页式管理的原理、页地址结构、页地址变换过程、尤其是动态页式管理的原理以及几种页面置换算法；熟练掌握段式管理的原理、段地址结构、段地址变换过程；掌握段页式管理的原理、段页式地址结构、段页式地址变换过程。

**复习思考题**：

1. 什么是虚拟存储器，其特点是什么？
2. 实现地址重定位的方法有哪几类？形式化地描述动态重定位过程。
3. 常用的内存信息保护方法有哪几种？它们各自的特点是什么？
4. 动态分区管理的常用内存分配算法有哪几种？试比较它们各自的优缺点。
5. 什么是页式管理？静态页式管理可以实现虚存吗？
6. 请求页式管理中有哪几种常用的页面置换算法？试比较它们的优缺点。
7. 段式管理可以实现虚存吗？如果可以，简述实现方法。
8. 为什么要提出段页式管理？它与段式管理及页式管理有何区别？
9. 什么是局部性原理？什么是抖动？你有什么办法减少系统的抖动现象？
10. 存储管理系统中，假定某进程分得三个内存块，其页面走向为以下序列：

5、0、1、2、1、3、2、4、2、3、0、3、2、1、2、0、1、5、0、1

试用先进先出（FIFO）、最近最久未使用（LRU）和理想置换算法分别计算程序访问过程中所发生的缺页次数和缺页率。

1. 某系统采用请求分页存储管理，页长为2 KB（即2048B），某作业的页表如下所示。请简述执行指令 60 LOAD A, 5168 的地址变换过程。
2. 在一个系统中采用动态分区法管理内存，假定内存中按地址递增顺序依次有5个空闲区，如下表所示。现有4道作业J1、J2、J3、J4依次要进入内存，它们各需要的内存大小分别为3KB、11KB、98KB、44KB。试分别用最先适应法和最佳适应法进行分配，给出各个作业的分配情况与最终的可用空闲区情况。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 区号 | 分区长度 | 起始地址 |
| 1 | 13K | 70K |
| 2 | 5K | 100K |
| 3 | 198K | 130K |
| 4 | 48K | 480K |
| 5 | 25K | 600K |

第五章 文件系统

第一节 文件系统的概念、文件的逻辑结构与存取方法

1. 文件系统基本概念
2. 文件的逻辑结构
3. 文件的存取方法

第二节 文件的物理结构与存储设备

1. 文件的物理结构
2. 文件存储设备

第三节 文件存储空间管理、目录管理与存取控制

1. 存储空间管理
2. 文件的组成
3. 文件目录
4. 便于共享的文件目录
5. 目录管理
6. 文件的使用
7. 文件系统的层次模型

**教学重点、难点**：文件的逻辑结构与存取方法、文件的物理结构与存储设备、文件存储空间管理、文件目录管理、文件存取控制。

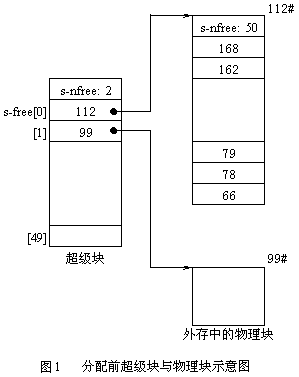
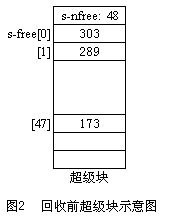
**课程的考核要求**：理解并掌握操作系统中文件和目录管理的基本概念与主要功能，文件的存取控制等内容。使学生了解文件系统的基本概念；熟练掌握文件的逻辑结构与存取方法、文件的物理结构与存储设备；熟练掌握文件目录的概念、结构与管理；熟练掌握文件存储空间的管理；掌握文件的存取控制；了解文件系统的层次模型。

**复习思考题**：

1. 什么是文件的逻辑结构？什么是记录？
2. 文件的物理结构有哪几种？
3. 常用的文件存储设备的管理方法有哪些？试述主要优缺点。
4. 试述成组链法的基本原理，并描述成组链法的分配与释放过程。
5. 某系统磁盘空间使用“空间块成组链接法”进行管理（每组50块）

（1）通过图1所示的当前状态，为某文件分配4个空闲块。请写出该文件分配到的磁盘块号，并图示出分配后有关表的内容及相互关系。

（2）某文件刚删除，可回收5个物理块109、110、136、137、148。结合图2，给出回收后的有关表格和磁盘块结构图。

1. 文件存取控制方式有哪几种？试比较它们各自的优缺点。

第六章 设备管理

第一节 设备管理概述

1. 设备的类别
2. 设备管理的功能和任务

第二节 数据传送控制方式

1. 程序直接控制方式
2. 中断方式
3. DMA方式
4. 通道控制方式

第三节 中断技术

1. 中断的基本概念
2. 中断的分类与优先级
3. 软中断
4. 中断处理过程

第四节 缓冲技术

1. 缓冲的引入
2. 缓冲的种类
3. 缓冲池的管理

第五节 设备分配

1. 设备分配用数据结构
2. 设备分配的原则
3. 设备分配算法

第六节 I/O控制

1. I/O控制的引入
2. I/O控制的功能
3. I/O控制的实现

**教学重点、难点**：数据传送控制方式、中断技术、缓冲技术、设备分配。

**课程的考核要求**：通过本章的学习，使学生掌握设备管理的基本概念，包括中断、缓冲、设备分配和控制等。使学生了解设备管理的基本概念、任务与功能；熟练掌握设备和CPU之间的几种数据传送控制方式，重点是中断方式、DMA方式和通道；熟练掌握各种缓冲技术，包括单缓冲、双缓冲、多缓冲和缓冲池；了解设备分配的基本原则、数据结构，以及虚拟设备技术；熟练掌握设备驱动与中断处理；掌握I/O控制过程。

**复习思考题**：

1. 数据传送控制方式有哪几种？试比较它们各自的优缺点。
2. 什么是通道？试画出通道控制方式时的CPU、通道和设备的工作流程图。
3. 什么叫中断？什么叫中断处理？什么叫中断响应？
4. 什么叫关中断？什么叫开中断？什么叫中断屏蔽？
5. 什么是陷阱？什么是软中断？试述中断、陷阱和软中断之间异同。
6. 描述中断控制方式时的CPU动作过程。

五、考核方式、成绩评定

本课程考核分为平时考核及期末考试两种形式。本课程平时成绩占40%，期末成绩占60%。

平时考核采用课堂提问、讨论和上机操作实践等方式。平时成绩的分配比例为：出勤、课堂提问与练习各占10%，上机操作实践成绩占20%。

期末考核采用考试方式，形式为开卷笔试。

六、主要参考书及其他内容

[1] 张尧学等．计算机操作系统教程（第4版）．清华大学出版社．2013年10月

[2] Remzi H. Arpaci-Dusseau等，王海鹏译．操作系统导论．人民邮电出版社．2019年6月

[3] William Stallings，陈向群等译．操作系统――精髓与设计原理（第九版）．电子工业出版社．2020年7月

[4] Andrew S.Tanenbaum等．现代操作系统（英文版，第4版）．机械工业出版社．2017年7月

[5] Abraham Silberschatz等，郑扣根等译．操作系统概念（第9版）．机械工业出版社．2018年7月

[6] 罗宇等．操作系统（第5版）．电子工业出版社．2019年6月

[7] 汤小丹等．计算机操作系统（第四版）．西安电子科技大学出版社．2018年5月

[8] 张尧学．计算机操作系统教程（第4版）习题解答与实验指导．清华大学出版社．2013年11月

[9] 郁红英等．计算机操作系统实验指导（第3版）．清华大学出版社．2018年7月

执笔人：闫瑾 教研室主任：　　　　　系教学主任审核签名：