



《操作系统内核》 课程介绍

主讲：杨文川



课程名称：

操作系统内核 Operation System Kernel



课程内容：

本课程将全面系统地阐述**操作系统内核**的基本原理、主要功能及实现技术；重点论述多用户、多任务操作系统的运行机制，系统资源管理的策略与方法；以Linux系统为实例，剖析操作系统内核特点及实现技术。



学时安排：2学分，32学时



QQ课程群号：713428179



考核方式：考查，成绩计算方法= 平时作业30% + 课程小论文70%

教学内容

- 第1讲 操作系统内核基础(2学时)
- 第2讲 内核实战环境搭建(2学时)
- 第3讲 内存寻址(4学时)
- 第4讲 进程管理(4学时)
- 第5讲 内存管理(4学时)
- 第6讲 中断处理(4学时)
- 第7讲 系统调用(2学时)
- 第8讲 内核同步(2学时)
- 第9讲 文件系统(4学时)
- 第10讲 设备驱动(4学时)



课程介绍



参考教材

- 1 《计算机操作系统(第四版)》 汤小丹著，西安电子科技大学出版社，ISBN：9787560633503，2018年5月出版
- 2 《计算机操作系统实验指导》 王红玲著，人民邮电出版社， ISBN：9787115580641，2021年12月出版
- 3 《操作系统原理及Linux内核分析(第2版)》 李芳著，清华大学出版社，ISBN：9787302503590，2018年6月出版
- 4 《奔跑吧Linux内核(第2版)卷1:基础架构》 张天飞著，人民邮电出版社， ISBN：9787115549990，2020年12月出版
- 5 《Linux操作系统原理与应用》 陈莉君著, 清华大学出版社， ISBN：9787302278368，2012年1月出版

操作系统内核

- 基于Linux

第1讲

操作系统内核基础

主讲：杨文川

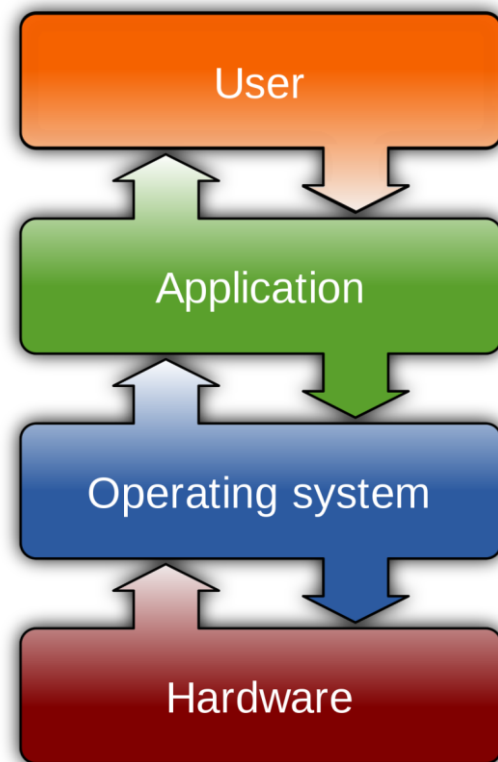
内容

- 1 操作系统的目标和作用
- 2 操作系统的发展过程
- 3 操作系统的基本特性
- 4 操作系统内核主要功能
- 5 ARM64体系结构介绍



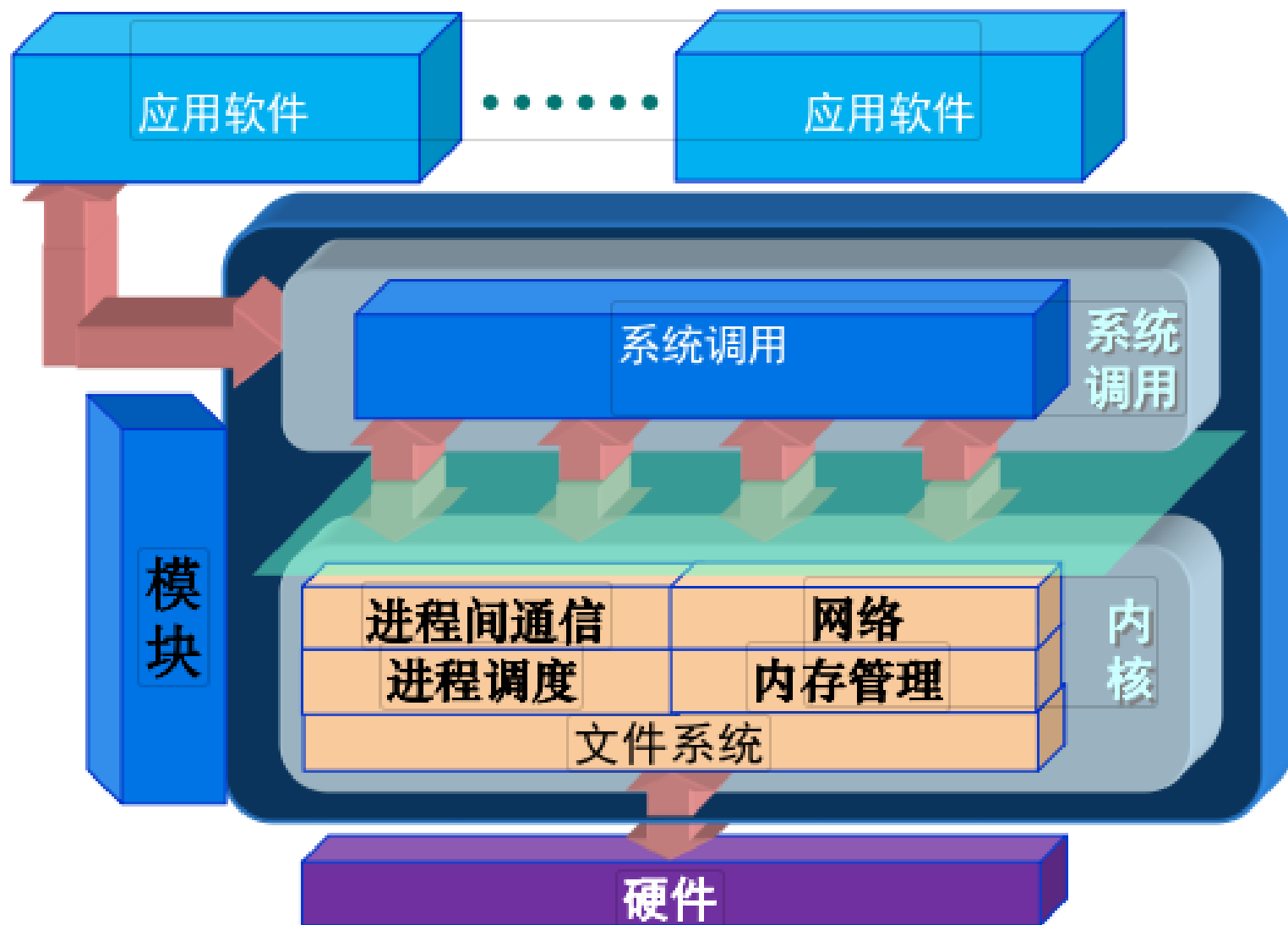
1 操作系统的目标 and 作用

什么是操作系统



- An operating system(OS) is a system software that manages computer hardware and software resources and provides common services for computer programs.
- 操作系统是管理计算机硬件与软件资源的计算机程序，操作系统也提供一个让用户与系统交互的操作界面。

操作系统结构



操作系统的目标



方便性

- 通过OS命令操纵计算机，方便用户



有效性

- 提高系统资源的利用率
- 提高系统吞吐量



可扩充性

- OS必须具有很好的可扩充性
- 与OS的结构有紧密的联系



开放性

- 遵循世界标准规范。特别是开放系统互连OSI

操作系统的作用



用户与计算机硬件系统之间的接口

- 命令方式（UNIX、DOS命令）；
- 系统调用方式（API）；
- GUI方式（Windows、Linux）

计算机系统资源的管理者

- 处理机管理、存储器管理、I/O设备管理、文件管理。

实现对计算机资源的抽象

- 裸机：无软件的计算机系统。
- 虚拟机：覆盖了软件的机器，向用户提供一个对硬件操作的抽象模型。



2 操作系统的发展过程



推动OS发展的主要 动力

- 1 不断提高计算机资源利用率**

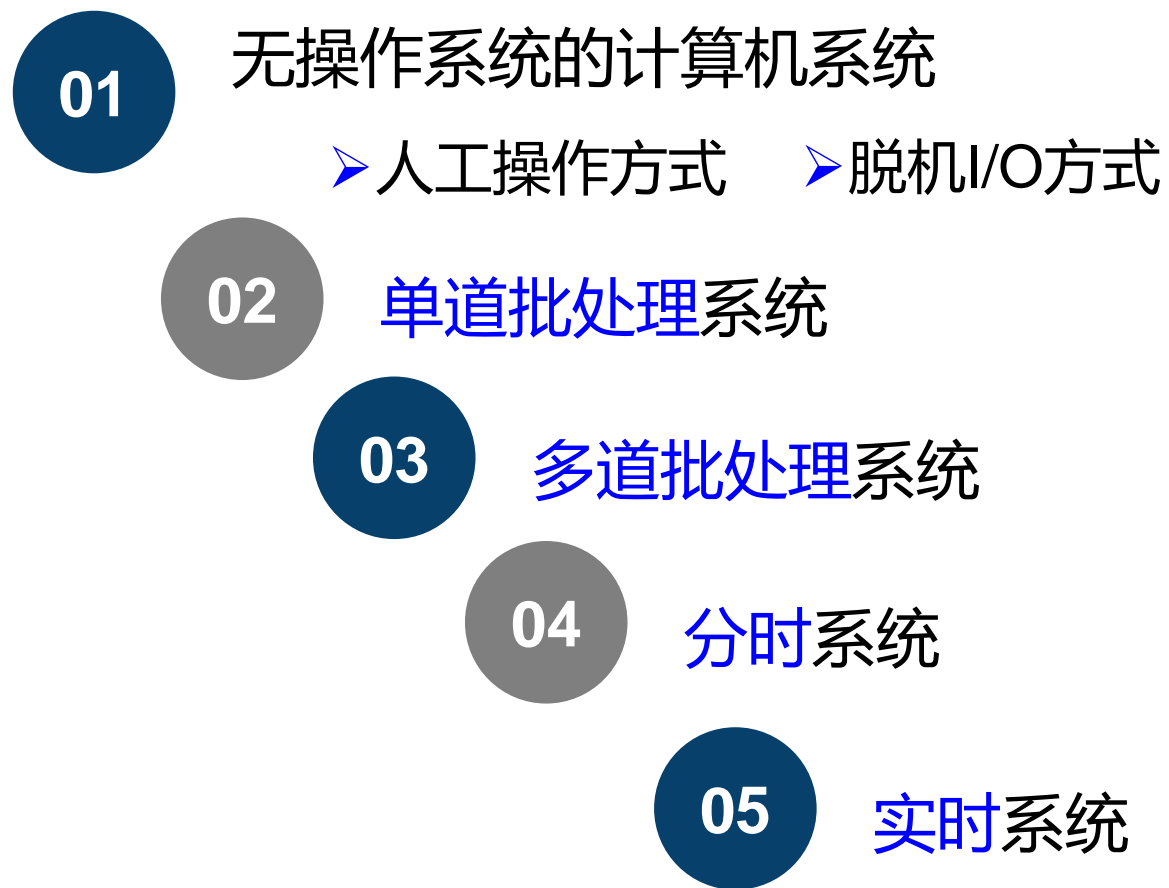
- 2 方便用户**

- 3 器件的不断更新换代**

- 4 计算机体系结构的不断发展**

- 5 不断提出的新的应用需求**

操作系统的发展过程



单道批处理系统



处理过程：

- 作业一个接一个地连续处理；
- 旨在提高系统资源利用率和系统吞吐量



缺点：

- 系统资源得不到充分的利用。



多道批处理系统



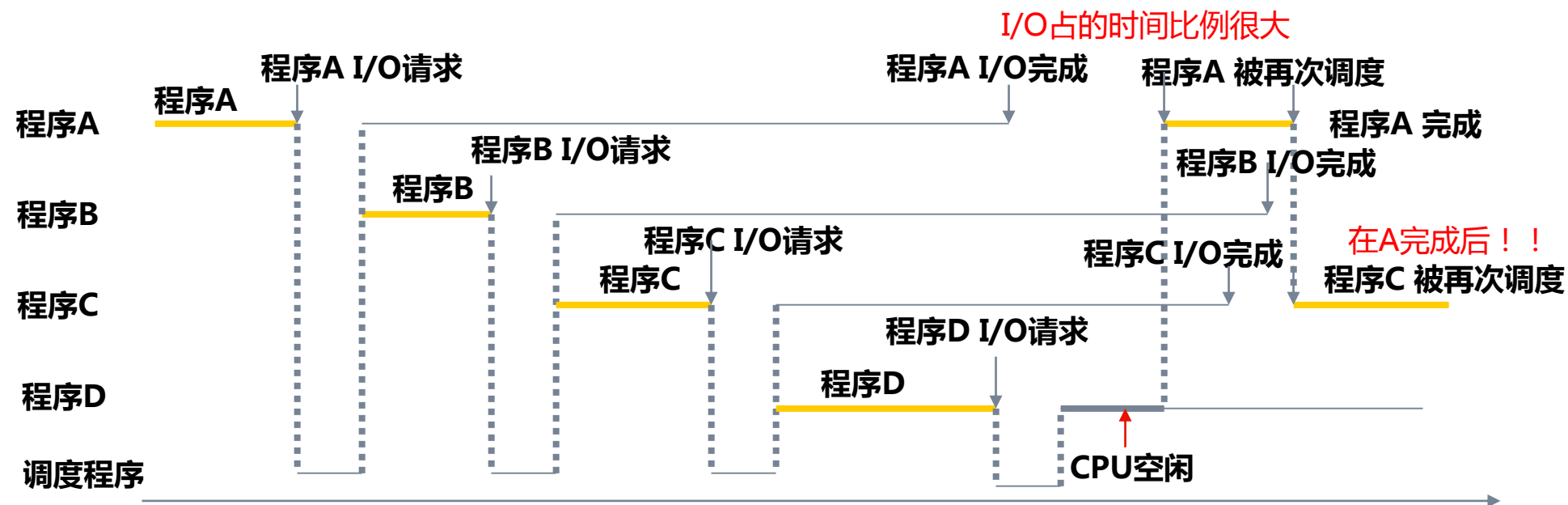
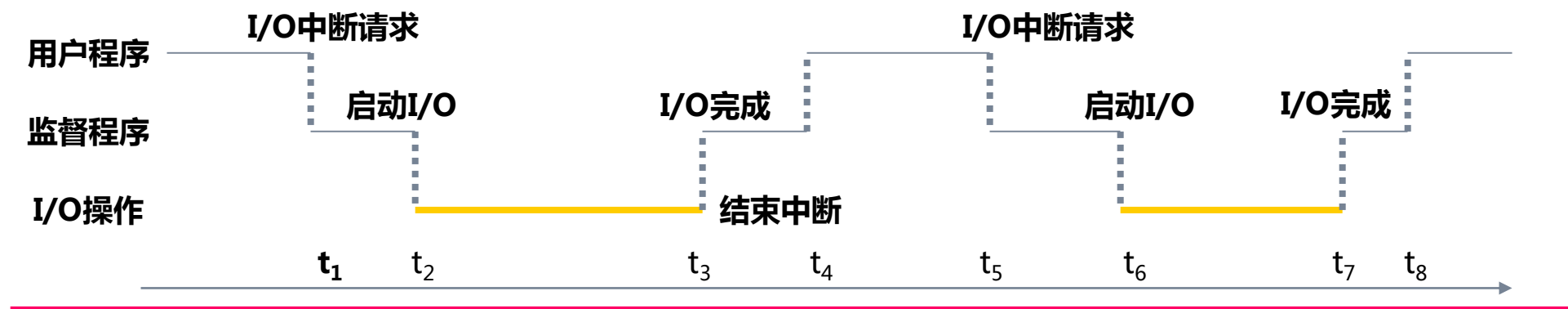
多道程序设计的概念

- 提高资源利用率和吞吐量
- 多道程序的运行情况



多道批处理系统的优缺点：

- 资源利用率高
- 系统吞吐量大
- 平均周转时间长
- 无交互能力



单道和多道程序运行情况图

多道批处理系统需要解决的问题



分时系统

1.分时系统的引入

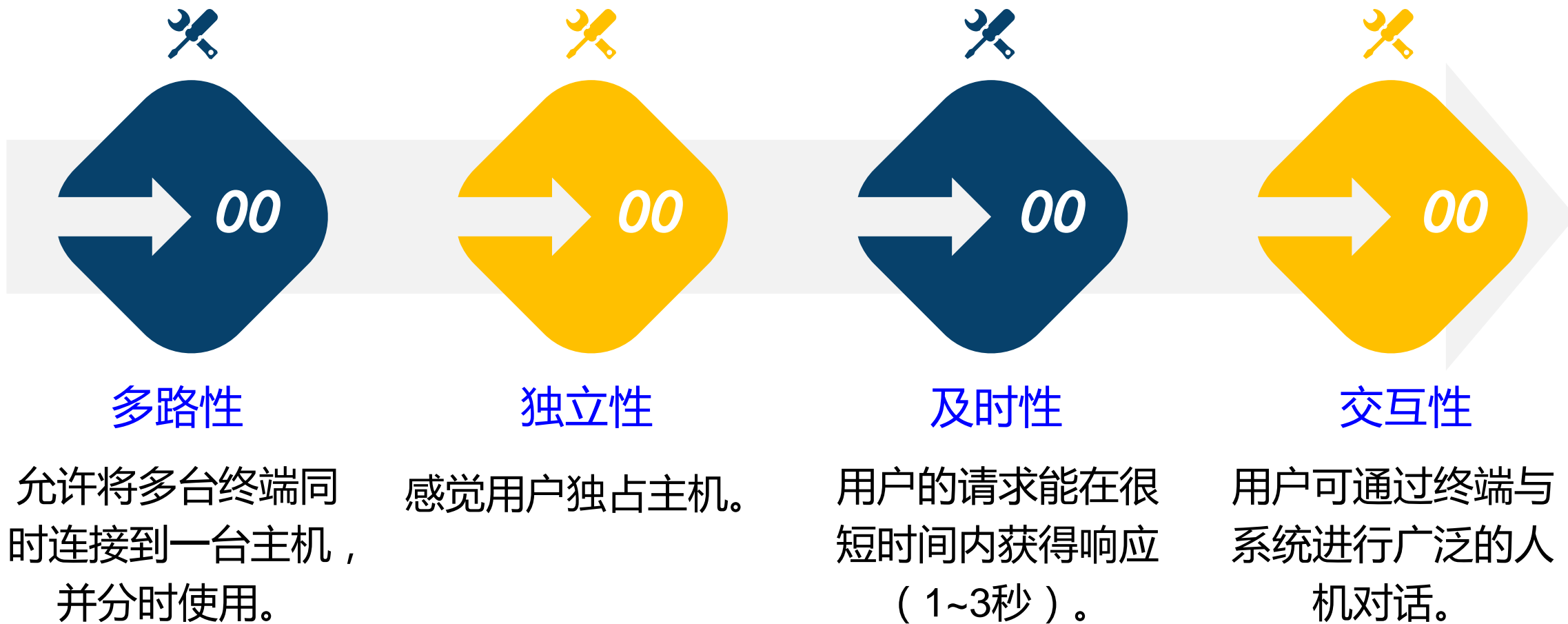
- 用户需要表现在以下几个方面
 - 人机交互（批处理系统做不到）
 - 共享主机（感觉独占）
- 定义
 - 分时系统：在一台主机上连接了多个带有显示器和键盘的终端，同时允许多个用户共享主机中的资源，每个用户都可通过自己的终端以交互方式使用计算机

2.分时系统实现中的关键问题

最关键的问题是如何使用户能与自己的作业进行交互

- 及时接收（多路卡、命令缓冲区）
- 及时处理
 - 作业直接进入内存
 - 采用轮转运行方式

分时系统的特征




实时系统(1)

实时系统：系统能及时响应外部事件的请求，在规定的时间内完成对该事件的处理，并控制所有实时任务协调一致地运行。

最主要的特征：**实时性**

实时系统类型：

 工业（武器）控制系统

 信息查询系统

 多媒体系统

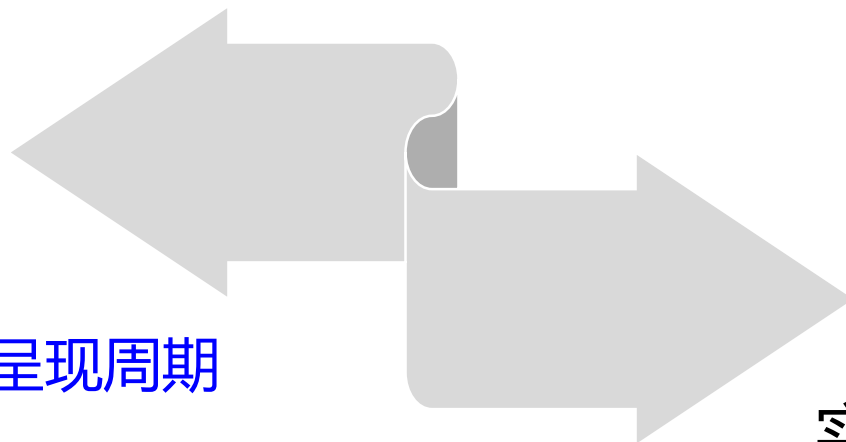
 嵌入式系统

实时系统(2)



实时任务的类型

- 根据任务执行时是否呈现周期性来划分
 - ▣ 周期性实时任务、非周期性实时任务
- 根据对截止时间的要求来划分
 - ▣ 硬实时任务、软实时任务



实时系统与分时系统的比较

- 多路性
- 独立性
- 及时性
- 交互性
- 可靠性

微机操作系统的发展



单用户单任务操作系统

➤ CP/M , MS-DOS



单用户多任务操作系统

➤ Windows 95/98



多用户多任务操作系统

➤ Solaris OS ➤ Linux OS ➤ Windows ➤ NT/Server

嵌入式操作系统



嵌入式系统

- 为了完成某个特定功能而设计的系统，或是有附加机制的系统，或是其他部分的计算机硬件与软件的结合体
- 有实时限制，如响应速度、测量精度、持续时间等



嵌入式OS：用于嵌入式系统的OS

- μ C/OS-II、嵌入式Linux、Windows Embedded、VxWorks、Android、iOS等
- 特点：
 - 系统内核小
 - 系统精简
 - 高实时性
 - 具有可配置性



网络操作系统



网络OS的概念：

➤ 在计算机网络环境下对网络资源进行管理和控制，实现数据通信及对网络资源的共享，为用户提供与网络资源接口的一组软件和规程的集合



➤ UNIX、Linux、Window NT/2000/Server

网络OS的**特征**：

➤ 硬件独立性 ➤ 接口一致性 ➤ 资源透明性 ➤ 系统可靠性 ➤ 执行并行性



网络OS的功能：

➤ 数据通信、应用互操作、网络管理

分布式操作系统



分布式系统

- 定义：基于软件实现的一种多处理机系统，是多个处理机通过通信线路互连而构成的松耦合系统。
- 特征：分布性、透明性、同一性、全局性。



分布式OS

- 定义：配置在分布式系统上的公用OS。
- 例子：万维网、鸿蒙OS。



分布式OS的功能

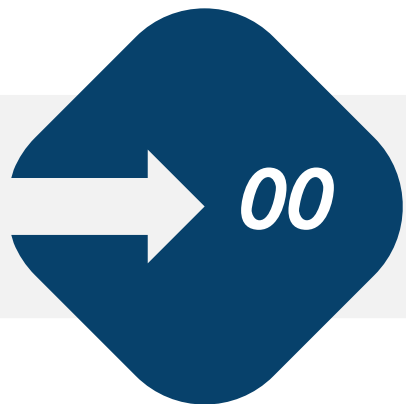
- 单处理机OS的主要功能；
- 网络OS所拥有的全部功能；
- 还包括：通信管理功能、资源管理功能、进程管理功能。



3 操作系统的基本特性

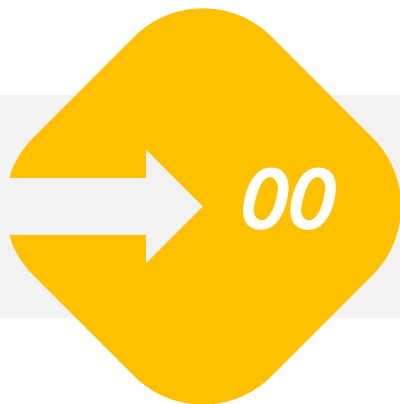
操作系统的基本特征

并发(Concurrence)



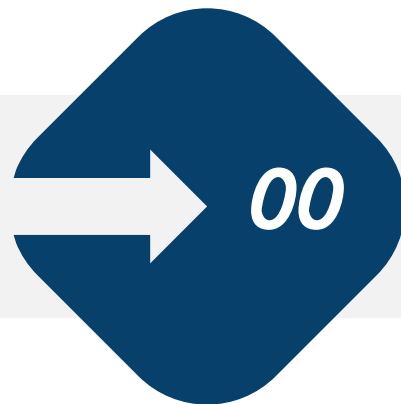
- 并行性：两个或多个事件在同一时刻发生
- 并发性：两个或多个事件在同一时间间隔内发生
- 引入进程（任务）：动态、并发

共享(Sharing)



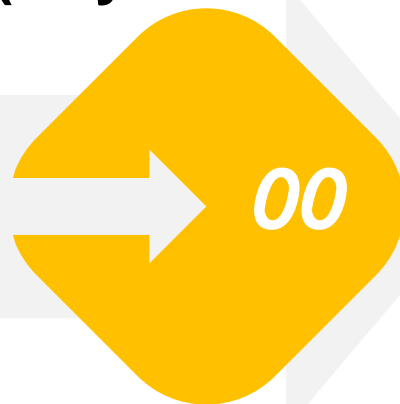
- 系统中的资源可供内存中多个并发执行的进程共同使用
- 互斥共享方式（临界资源）
 - 同时访问方式

虚拟(Virtual)



- 时分复用技术：虚拟处理机、虚拟设备
- 空分复用技术：虚拟存储

异步 (Asynchronism)



- 进程的异步性：进程是以人们不可预知的速度向前推进的



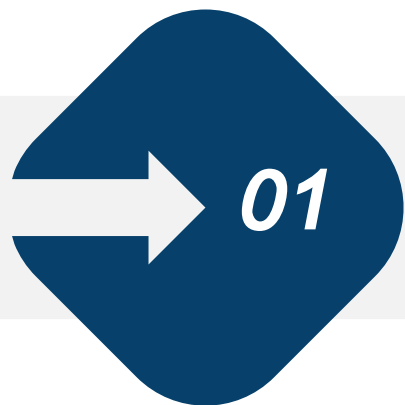
4 操作系统的主要功能

操作系统的主要功能



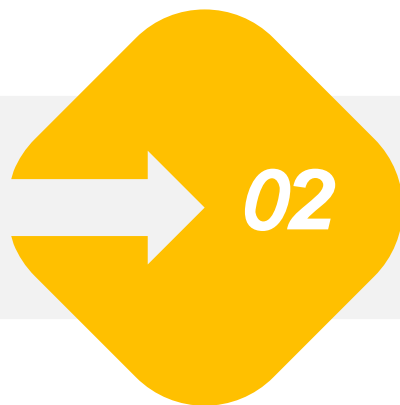
处理机管理功能

进程控制



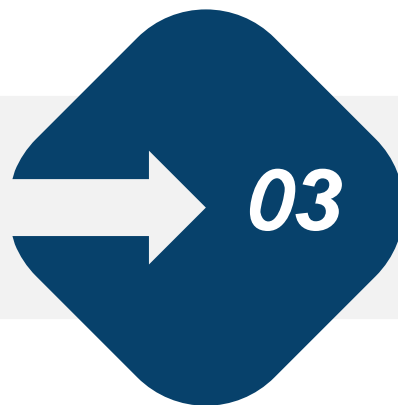
- 创建进程、
撤消（终止）
进程、状态
转换

进程同步



- 信号量机制

进程通信



- 直接通信、
间接通信

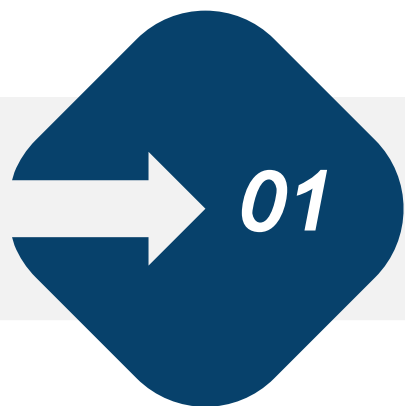
调度



- 作业调度
- 进程调度

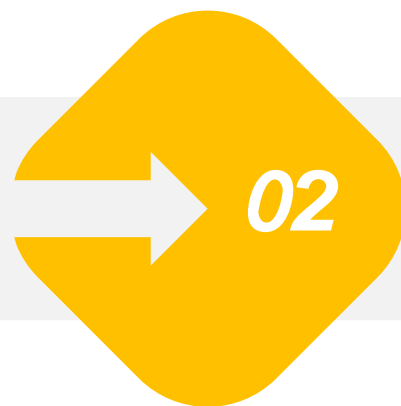
存储器管理功能

内存分配和回收



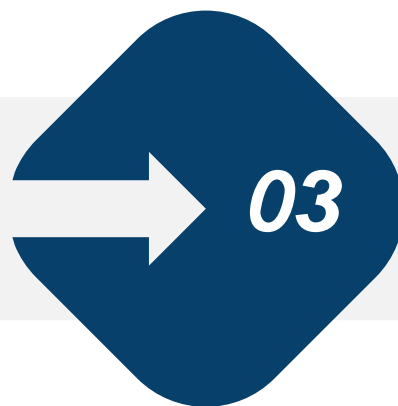
- 内存分配
- 内存回收

内存保护



- 确保每个用户程序仅在自己的内存空间运行
- 绝不允许用户程序访问操作系统的程序和数据

地址映射



- 逻辑地址转换为物理地址

内存扩充 (虚拟存储技术)



- 请求调入功能
- 置换功能

设备管理功能

主要任务：(1)完成I/O请求；(2)提高CPU和I/O设备的利用率。



01

缓冲管理

- 缓冲区机制

02

设备分配

03

设备处理

- 设备驱动程序

文件管理功能



- 文件存储空间的管理



- 目录管理
 - ▣ 按名存取



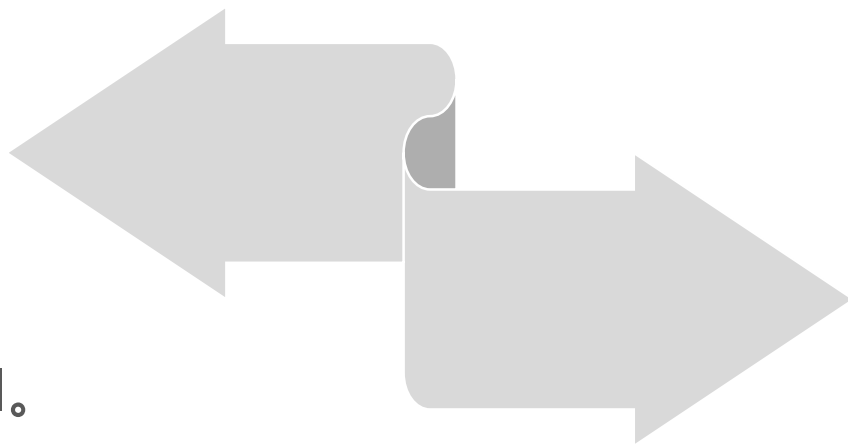
- 文件的读/写管理和保护
 - ▣ 文件的读/写管理
 - ▣ 文件保护

操作系统与用户之间的接口



用户接口

- 联机用户接口
 - 命令行方式CLI。
- 脱机用户接口
 - 批处理系统：作业说明书（作业控制语言JCL）。
- 图形用户接口GUI



程序接口

- 系统调用：能完成特定功能的子程序。

现代操作系统的新功能



系统安全

- 认证技术、密码技术、访问控制技术、反病毒技术。



网络功能和服务

- 网络通信、资源管理、应用互操作。



支持多媒体

- 接纳控制技术、实时调度、多媒体文件的存储。



内容导航：

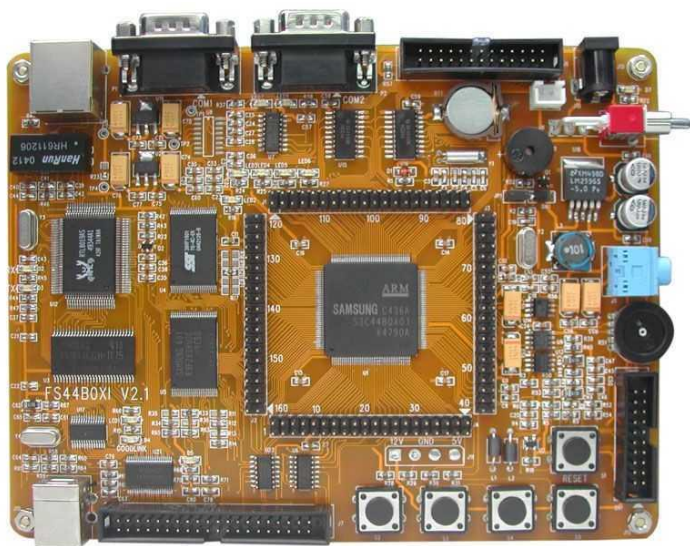
5 ARM64体系结构介绍

ARM64 与 x64 有什么区别

- 属于两种不同的体系
 - x64指x86_64，64位x86架构处理器，x64是x86系列中64位体系结构
 - ARM64指64位ARM架构处理器，ARM64是ARM中64位体系结构。
- 指令集不同：
 - ARM64是全新指令集（arm设计），ARM属于精简指令集体系，汇编指令比较简单。ARM64 = AArch64
 - x86属于复杂指令集体系，汇编指令较多，x64是x86_64（Intel设计）和AMD64（AMD设计）的简称。x64 = amd64 = x86_64。

ARM无处不在

- 1985年第一个ARM处理器问世
- 1995年ARM7处理器
 - 3级流水线
 - 支持ARMv4指令集
 - 代表的CPU核：ARM7TDMI
 - 最为代表的SoC：三星的44B0
 - 主要跑ucos，uclinux



- 2012年发布64位ARM处理器架构
 - ARMv8指令集
 - Cortex-A53：第一款采用ARMv8-A架构设计的处理器核心，专门为低功耗设计的处理器
 - Cortex-A57：为高性能设计的处理器核心。
 - Cortex-A72：为手机设计的处理器核心，优化了性能和功能。
 - Cortex-A78：2020年最新，性能强劲。

ARMv8基本概念

- PE : processing element , 处理机
- 把处理器处理事务的过程抽象为处理机
- ARMv8实现的是RISC架构
 - 提供一组统一的通用寄存器
 - Load/store架构
 - 单一的地址模型
- AArch64 : 64位的执行状态
 - ✓ 提供31个64位的通用寄存器。
 - ✓ 提供64位的程序计数寄存器PC、栈指针寄存器SP以及异常链接寄存器ELR。
 - ✓ 提供A64指令集。
 - ✓ 定义ARMv8异常模型, 支持4个异常等级, EL0 ~ EL3。
 - ✓ 提供64位的内存模型。
 - ✓ 定义一组处理器状态 (PSTATE) 用来保存PE的状态。

ARMv8架构介绍

➤ ARMv8特色：

- ✓ 超大物理地址空间（ Large Physical Address ），提供超过4GB物理内存的访问。
- ✓ 64位宽的虚拟地址空间（ 64-bit Virtual Addressing ）
- ✓ 提供31个64位宽的通用寄存器，可以减少对栈的访问，从而提高性能。
- ✓ 提供16KB和64KB的页面，有助于降低TLB的未命中率（ miss rate ）
- ✓ 全新的异常处理模型，有助于降低操作系统和虚拟化的实现复杂度。
- ✓ 全新的加载-获取，存储-释放指令（ Load-Acquire, Store-Release Instructions ）。专门为C++11，C11以及Java内存模型设计。

A64指令分类

- 内存加载和存储指令
- 多字节内存加载和存储
- 算术和移位指令
- 移位操作
- 位操作指令
- 条件操作
- 跳转指令
- 独占访存指令
- 内存屏障指令
- 异常处理指令
- 系统寄存器访问指令

ARM GCC

- 本地编译
 - ✓ 在当前目标平台编译出来的程序，并且可以运行在当前平台上。
- 交叉编译
 - ✓ 在一种平台上编译，然后放到另一种平台上运行，这个过程称为交叉编译。
- **arm-linux-gnueabi-gcc**
 - ✓ 主要用于基于ARM32架构的Linux系统。
- **aarch-linux-gnueabi-gcc**
 - ✓ 主要用于基于ARM64架构的Linux系统



内容导航：

课程思政

课程思政

激发爱国热情，强化刻苦学习的自觉性

纵观操作系统的发展史，可谓源远流长。

早在20世纪40年代中期，便出现了世界上第一台真正的“电子计算机”。此后，便逐步产生了对操作系统内核的紧迫需求。

在此背景下，各类操作系统不断涌现，其中较为成功的（早期）操作系统当属UNIX系统，其面向使用者提供了多任务、多层次的软件计算环境，并逐步发展成为主机时代的操作系统。

1991年10月5日，林纳斯·托瓦兹（Linus Torvalds）对外发布了其独立开发的类UNIX操作系统内核，当该内核与GNU计划（自由软件集体协作计划）相结合时，便形成了我们现在所熟知的开源（开放源代码）Linux系统。至此，Linux问世。

激发爱国热情，强化刻苦学习的自觉性

与Linux发展完全不同的另一个典型操作系统，便是由微软公司研发的Windows系统，其于1985问世之初仅是Microsoft-DOS模拟环境，之后经过不断完善系统体验、丰富图形用户界面，逐步变为目前全世界使用最广泛的操作系统内核。

20世纪90年代初，我国出于操作系统本质安全和国家信息产业安全的考虑，便开始倡导自主研发国产操作系统（知识产权归属于我国）。由此可见，国家对自主可控的国产操作系统研发工作历来尤为重视。作为社会进步与国家发展的中流砥柱——知识分子与科技人才，应当激发爱国热情，强化刻苦学习的自觉性。



课后练习题

- 1、请介绍用户与计算机硬件系统之间的接口主要有哪三种方式？
- 2、请列举计算机系统资源的管理主要的四个部分是什么？
- 3、多道批处理系统的优缺点有哪些，请简述。
- 4、请简述操作系统的四个基本特性。
- 5、系统安全主要涉及哪些技术，请简述。

谢谢！

THANKS