

# 计 算 机 操 作 系 统

安徽大学 人工智能学院

2023年9月

### 教学目标（408计算机学科专业基础）：

1. 掌握操作系统的基本概念、基本原理和基本功能，理解操作系统的整体运行过程。
2. 掌握操作系统**进程、内存、文件和I/O管理**的策略、算法、机制以及相互关系。
3. 能够运用所学的操作系统原理、方法与技术分析问题和解决问题，并能利用C语言描述相关算法。

**学时安排：**理论36学时，实验24学时。

## 教学用书及部分参考书：



- “某某” 考研复习指导；
- 熟练掌握各种网络资源；
- 复习C语言和数据结构

## 教学内容：第一章至第八章

## 线上线下混合式教学课时安排：

1. 线下课时：36学时
2. 线上课课时：8学时（ $8 \times 45 = 360$ 分钟）

## 线上线下混合式教学考核要求：

1. 线上学习成绩：视频（10%）
2. 线下课堂成绩：平时作业（10%）；课堂测验（10%）；期中考试（20%）
3. 期末考试：50%

## 第一章 操作系统引论



## 1.1 操作系统的目标和作用

### ● 理解计算机系统的层次结构

一台电脑是如何诞生的：

Step1：购买一台裸机；

Step2：安装Windows操作系统；

Step3：安装QQ，微信等应用程序；

Step4：使用QQ等和盆友进行聊天；





## ● 操作系统的目标和作用

### 操作系统的目标

**方便性：** 提供给用户易用统一的手段；

计算机只能识别0、1；用户熟悉的是各种高级语言。

**有效性：**

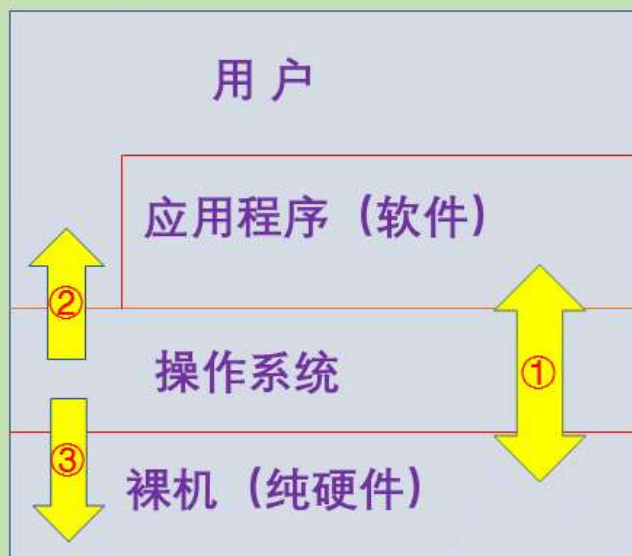
- ◆ 提供系统资源的利用率；
  - ④ 保持忙碌和有序占用
  - ④ 有效地控制各种软硬件资源，使之得到充分利用
- ◆ 提高系统吞吐量；
  - ④ 提高系统效率
  - ④ 合理组织系统工作流程，改善系统性能

**可扩充性：** 模块化，易添加和修改；

**开放性：**

- ◆ 对应用程序最大可能的提供开放统一的环境
- ◆ 应用程序能方便地移植和互操作

## ● 操作系统的作用



① 操作系统作为系统资源的管理者（这些资源包括软件、硬件、文件等），需要提供什么功能？

② 操作系统作为用户与计算机硬件之间的接口，要为其上层的用户、应用程序提供简单易用的服务，需要实现什么功能？

③ 操作系统作为最接近硬件的层次，需要在纯硬件的基础上实现什么功能？



## OS作为计算机系统资源的管理者（资源管理观点）



用QQ和朋友视频聊天的过程：

Step 1: 在各个文件夹中找到 QQ 安装的位置（如 D:/Tencent/QQ/Bin）

Step 2: 双击打开 QQ.exe

Step 3: QQ 程序正常运行

Step 4: 开始和朋友视频聊天

逐层打开文件夹，找到QQ.exe  
这个程序（可执行文件）的存  
放位置。（文件管理）

需要把该程序相关的数据放入  
内存（存储管理）

对应的程序被CPU处理（处理  
机管理）

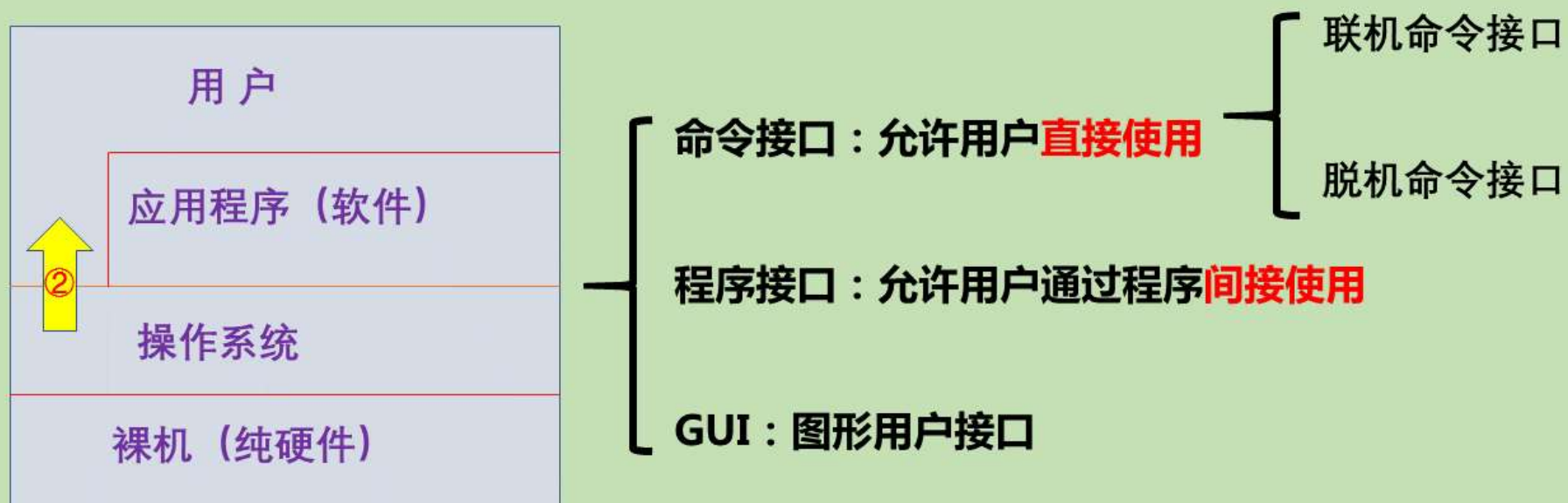
需要把摄像头分配给进程（设备管理）

补充知识：进程是一个程序的执行过程，执行前需要将该程序放到内存中，才能被CPU处理。

## OS作为计算机系统资源的管理者（资源管理观点）



## OS作为用户与计算机硬件之间的接口（用户观点）



② 操作系统作为用户与计算机硬件之间的接口，要为其上层的用户、应用程序提供简单易用的服务，需要实现什么功能？

联机命令接口实例 (Windows系统) 联机命令接口=交互式命令接口

Step 1: win键+R

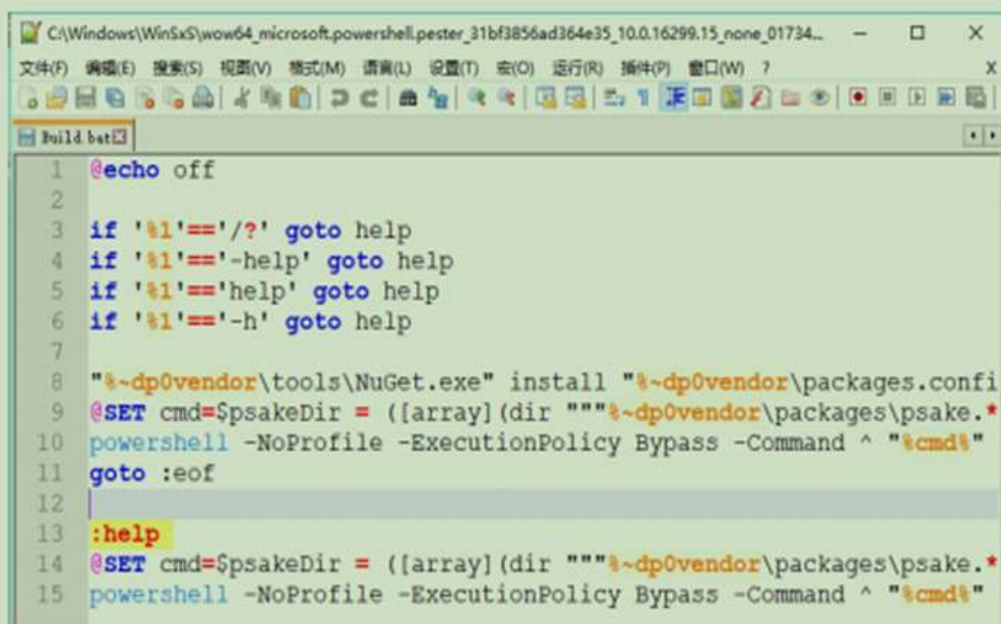
Step 2: 输入cmd, 按回车, 打开命令解释器

Step 3: 尝试使用 time 命令

特点: 用户说一句,  
系统跟着做一句



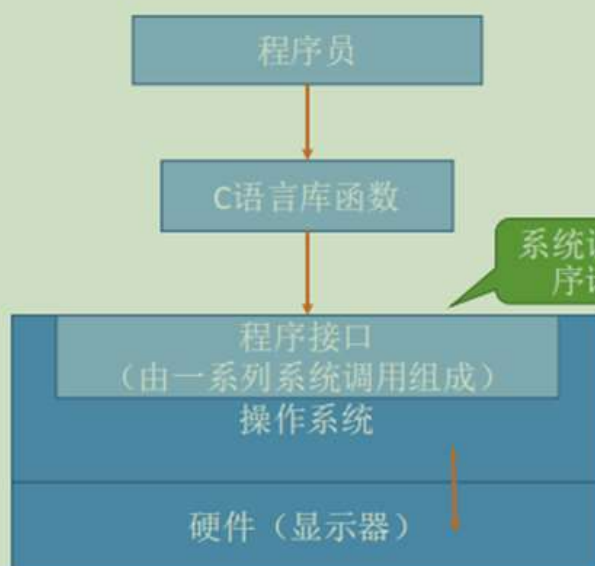
脱机命令接口实例（Windows系统） 脱机命令接口=批处理命令接口  
使用windows系统的搜索功能，搜索C盘中的 \*.bat文件，用记事本任意打开一个



```
1 @echo off
2
3 if '%1'=='/?' goto help
4 if '%1'=='-help' goto help
5 if '%1'=='help' goto help
6 if '%1'=='-h' goto help
7
8 "%dp0vendor%\tools\NuGet.exe" install "%dp0vendor%\packages.conf"
9 @SET cmd=$psakeDir = ([array](dir ""%dp0vendor%\packages\psake.*
10 powershell -NoProfile -ExecutionPolicy Bypass -Command ^ "%cmd%"
11 goto :eof
12
13 :help
14 @SET cmd=$psakeDir = ([array](dir ""%dp0vendor%\packages\psake.*
15 powershell -NoProfile -ExecutionPolicy Bypass -Command ^ "%cmd%"
```

特点：用户说一堆，  
系统跟着做一堆

程序接口：可以在程序中进行**系统调用**来使用程序接口。普通用户不能直接使用程序接口，只能通过程序代码**间接**使用。



如：写C语言“Hello world”程序时，在printf函数的底层就使用到了操作系统提供的显式相关的“系统调用”

系统调用类似于函数调用，是应用程序请求操作系统服务的唯一方式

在有的教材中：  
系统调用=广义指令

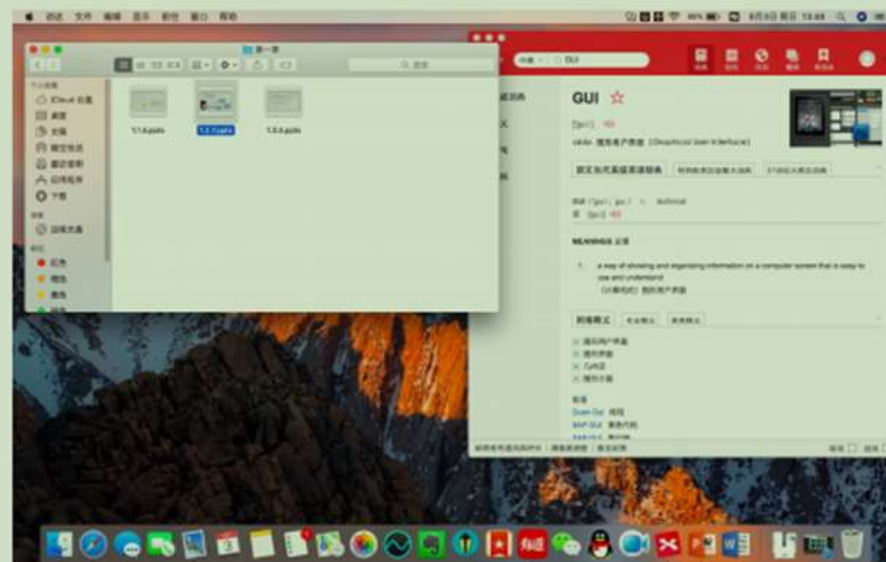


很多现代操作系统都提供GUI

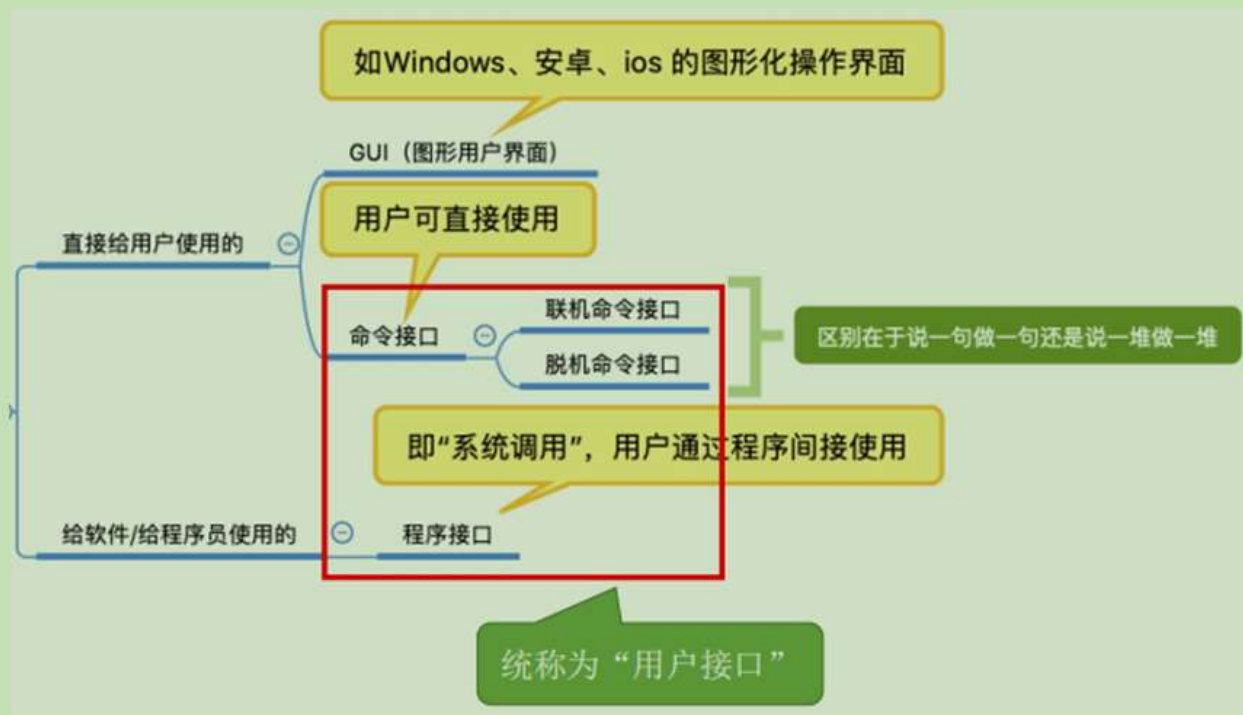
GUI: 图形化用户接口 (Graphical User Interface)

用户可以使用形象的图形界面进行操作, 而不再需要记忆复杂的命令、参数。

例子: 在 Windows 操作系统中, 删除一个文件只需要把文件“拖拽”到回收站即可。



## OS作为用户与计算机硬件之间的接口



## OS实现了对计算机资源的抽象



需要实现**对硬件机器的拓展**

没有任何软件支持的计算机成为**裸机**。在裸机上安装的操作系统，可以提供资源管理功能和方便用户的服务功能，将裸机改造成功能更强、使用更方便的机器

通常把覆盖了软件的机器成为**扩充机器**，又称之为**虚拟机**

类比汽车：

发动机——只会转；轮胎——只会滚；

在原始的硬件机器上覆盖一层传动系统——让发动机带着轮子转——使原始的硬件机器得到拓展

操作系统对硬件机器的拓展：将CPU、内存、磁盘、显示器、键盘等硬件合理地组织起来，让各种硬件能够相互协调配合，实现更多更复杂的功能

普通用户无需关心这些硬件在底层是怎么组织起来工作的，只需直接使用操作系统提供的接口即可

OS系统是铺设在计算机硬件上的多层系统软件，其优点在于：

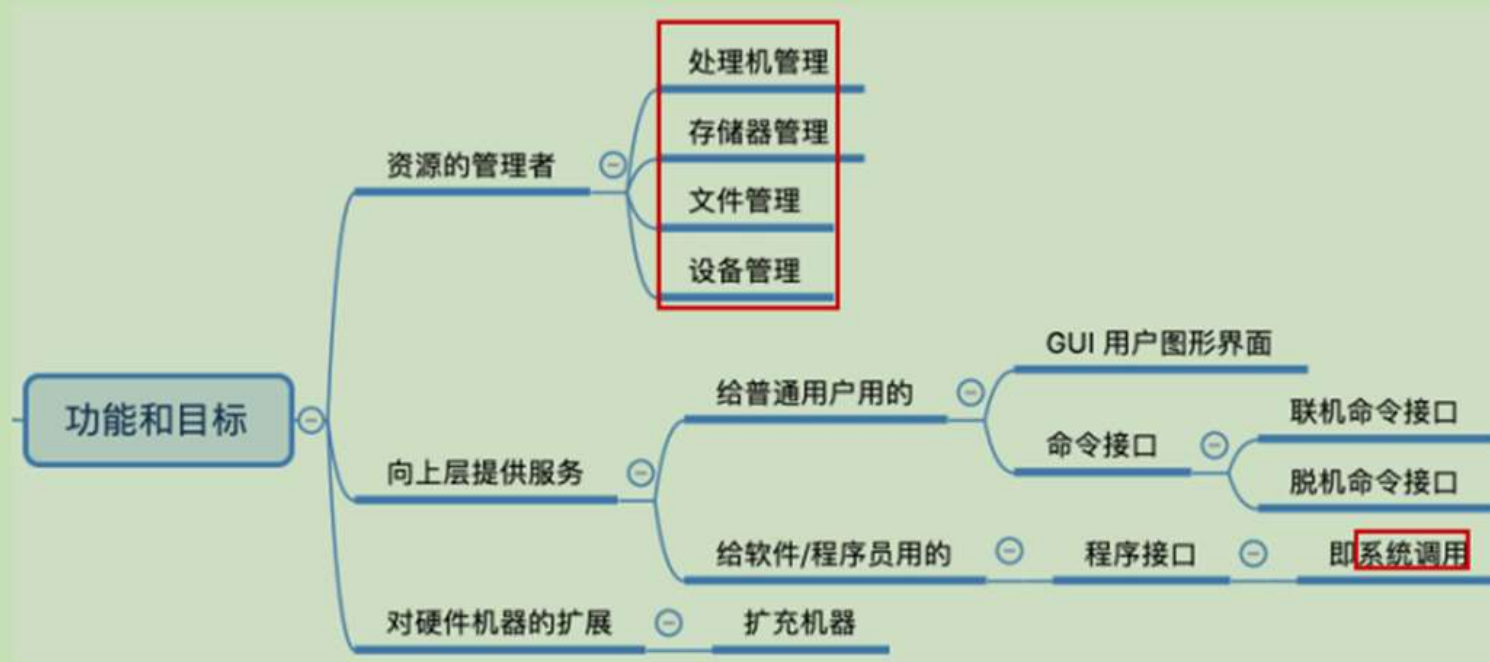
- 增强了系统的功能；
- 隐藏了对硬件操作的细节，方便了用户的使用；

实现了对计算机硬件操作的多个层次的抽象。

### 1.1.3 操作系统发展的主要动力

- **不断提高计算机资源利用率的需要**
  - 如批处理系统 - SPOOLing系统 - 虚拟存储器技术
- **方便用户**
  - 如分时系统 - 实时系统 - 图形用户界面
- **器件的不断更新换代**
  - 8位 - 16 - 32 - 64 - ...
- **计算机体系结构的不断发展**
  - 单机OS - 多机OS - 网络OS - ...
- **不断提出新的应用需求**

## 1.1节 主要知识点回顾





## 1.2 操作系统的发展过程

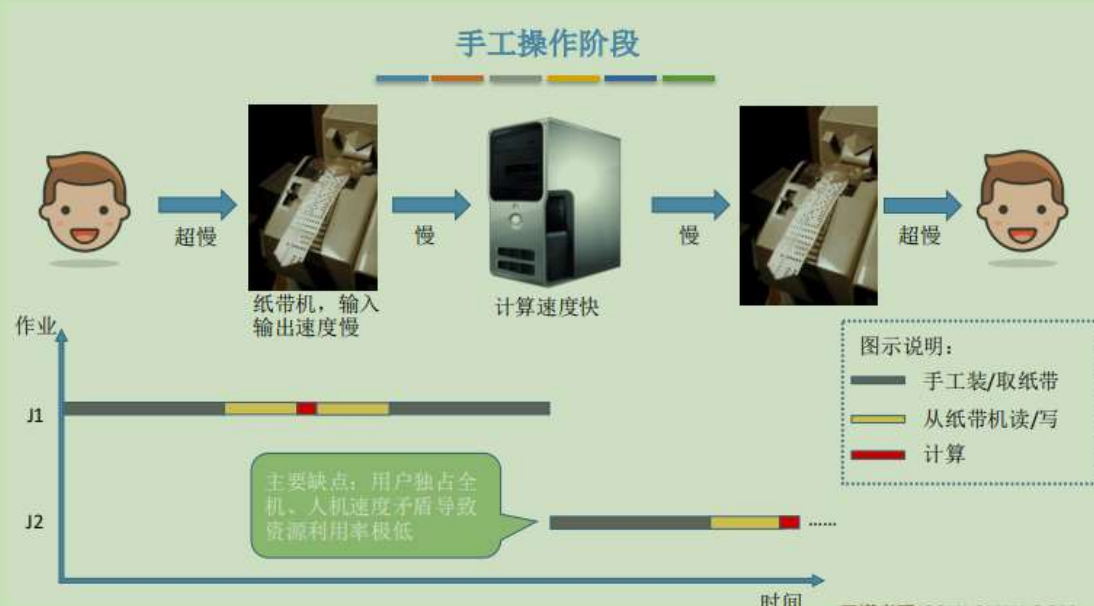
### OS的发展与分类



学习提示：要重点关注和理解各类操作系统主要想解决的是什么问题，各自的优缺点。

## 1.2.1 未配置操作系统的计算机系统

### 1、人工操作方式



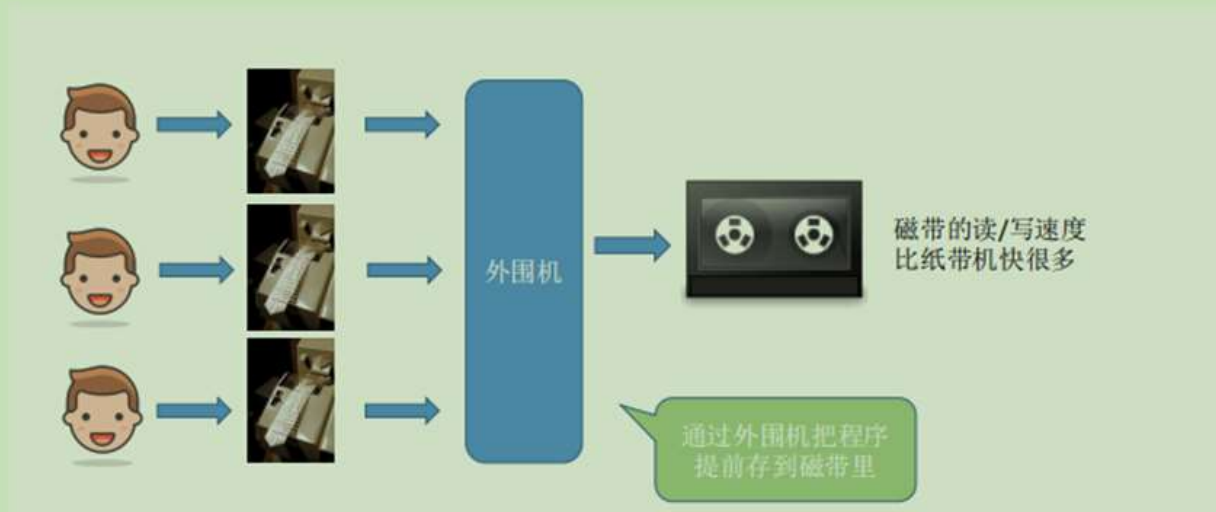
#### • 缺点：

- 用户独占全机（资源浪费）
- CPU等待人工操作

#### • 矛盾：

- 人机矛盾：即人工操作方式与计算机资源利用率的矛盾
- CPU与I/O设备之间速度不匹配的矛盾

## 2、脱机输入/输出方式(off-Line I/O)



- 脱机I/O方式的优点：

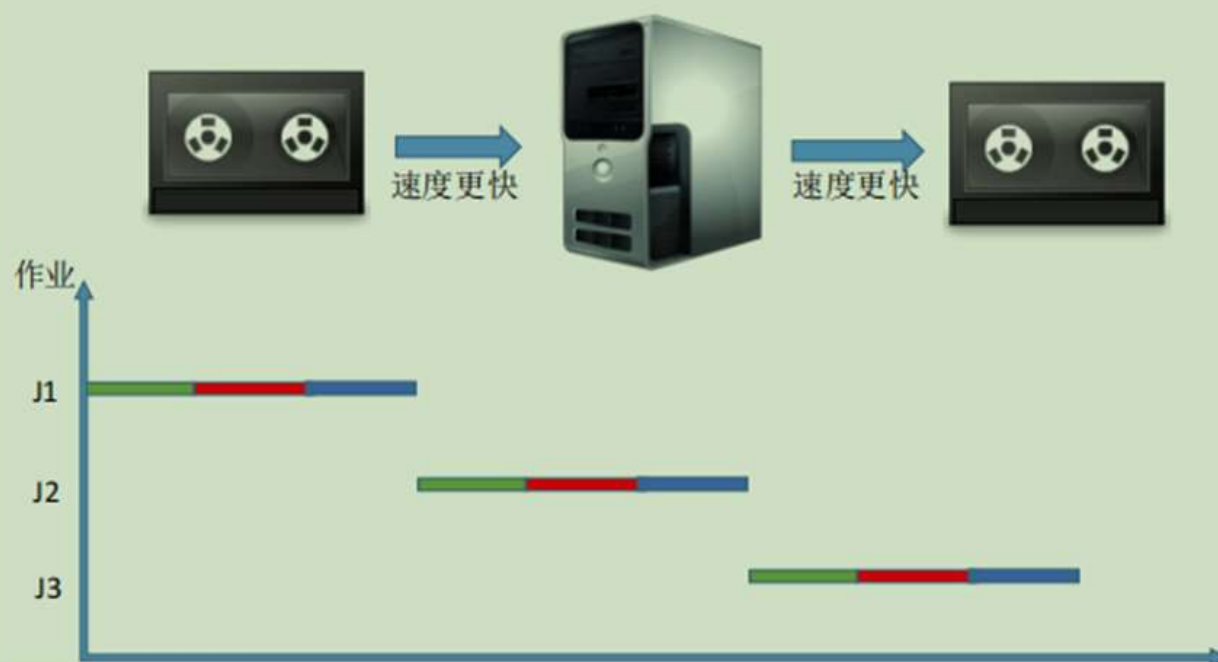
- 减少了CPU的空闲时间
- 提高了I/O速度（与高速的磁盘打交道）

## 1.2.2 单道批处理系统

操作系统的雏形

### 批处理阶段——单道批处理系统

引入脱机输入/输出技术，并由监督程序负责控制作业的输入、输出



图示说明:

- 从磁带输入
- 计算
- 输出到另一个磁带

操作系统的雏形

## 1、工作流程：

- (1) 作业合成一批输入到外存上，同时在系统中配上**监督程序**。
- (2) **监督程序** (monitor) 将作业逐个送入内存并运行。

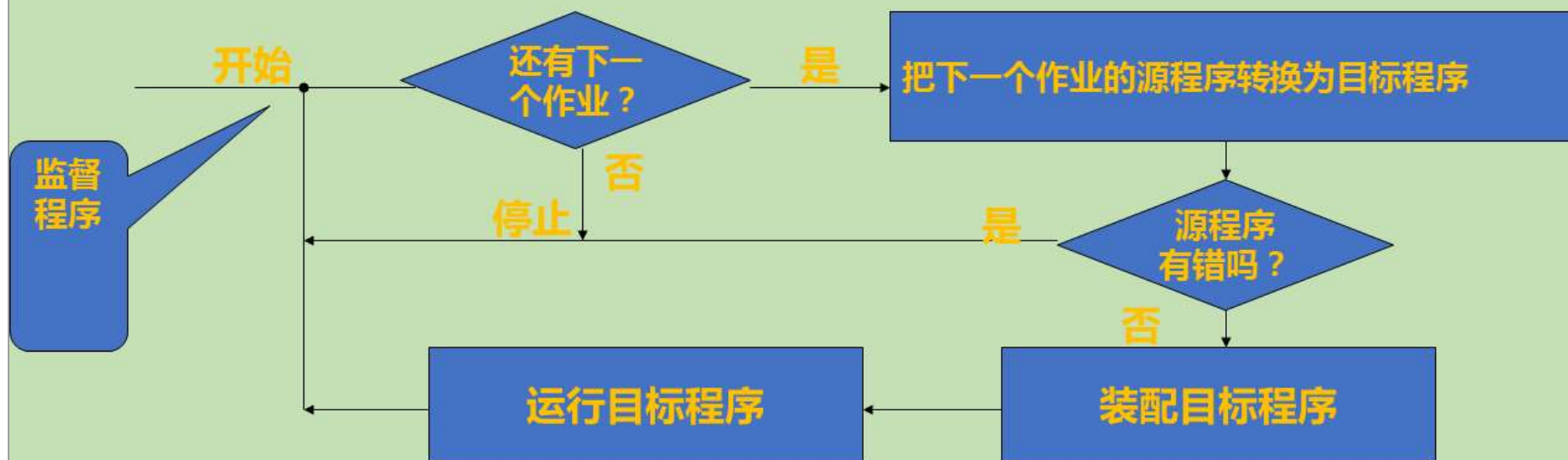
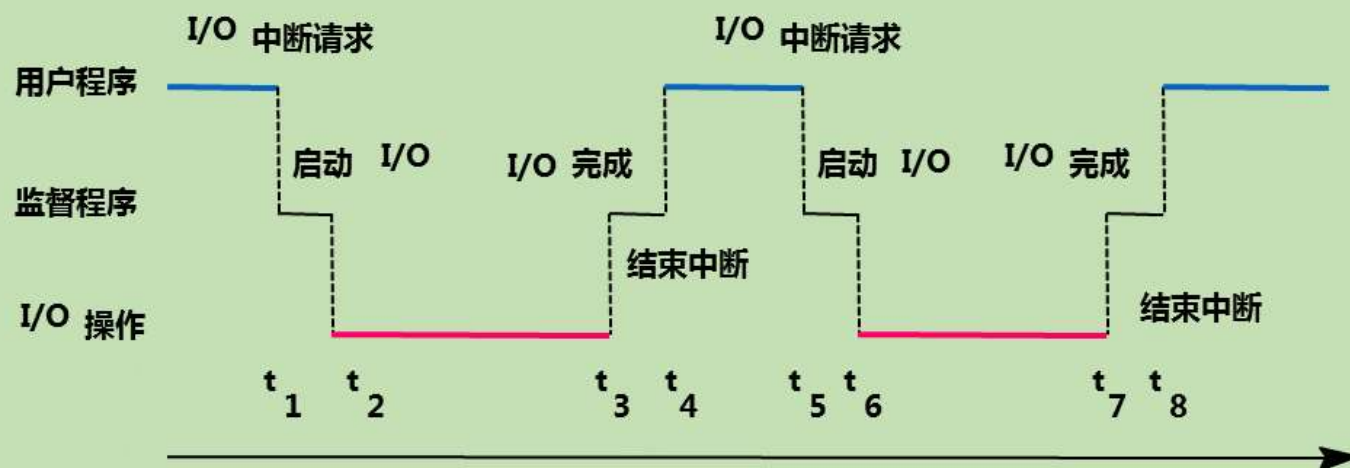


图1 - 4 单道批处理系统的处理流程



## 2、单道批处理系统的缺点

对某些作业来说，当它发出输入/输出请求后，CPU必须等待I/O的完成，特别因为I/O设备的低速性，从而使机器的利用率很低。



主要优点：缓解了一定程度的人机速度矛盾，资源利用率有所提升。

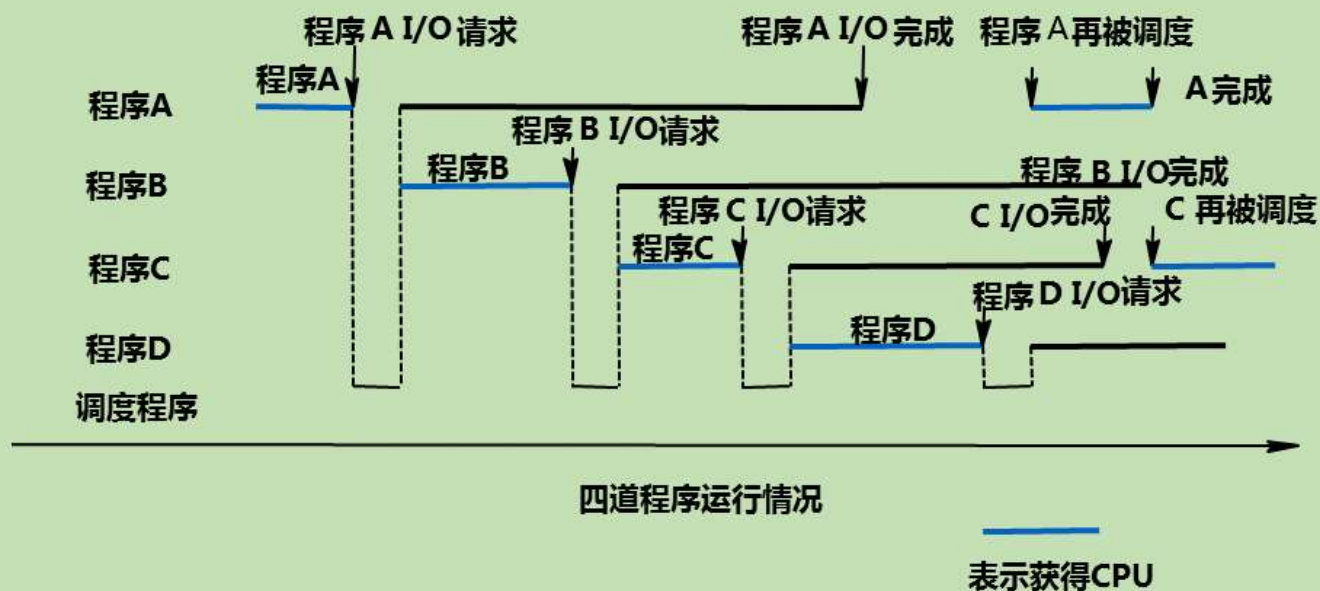
主要缺点：内存中仅能有一道程序运行，只有该程序运行结束之后才能调入下一道程序。CPU有大量的时间是在空闲等待I/O完成。资源利用率依然很低。



### 1.2.3 多道批处理系统

#### 1. 多道程序设计的基本概念

在计算机内存中同时存放若干道已开始运行尚未结束的程序，它们交替运行，共享系统中的各种硬、软件资源，从而使处理机得到充分利用。

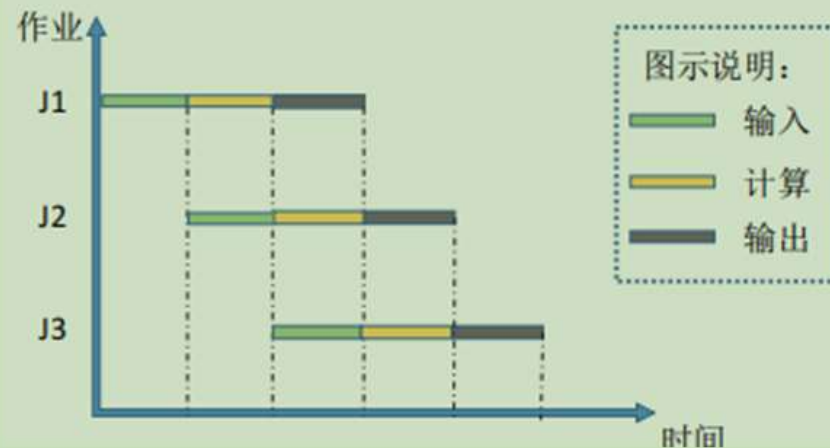


假设计算机需要处理三个作业：

作业1：输入1秒，计算1秒，输出1秒

作业2：输入1秒，计算1秒，输出1秒

作业3：输入1秒，计算1秒，输出1秒



主要优点：多道程序**并发**执行，**共享**计算机资源。**资源利用率大幅提升**，CPU和其他资源更能保持“忙碌”状态，系统吞吐量增大。

主要缺点：用户响应时间长，**没有人机交互功能**（用户提交自己的作业之后就只能等待计算机处理完成，中间不能控制自己的作业执行。**eg**：无法调试程序/无法在程序运行过程中输入一些参数）

## 多道程序设计的特征：

- ✓ **多道**——主存中同时存放几道相互独立的程序；
- ✓ **宏观上并行**——几道程序都处于运行过程中，从用户的角度来看，它们在同时推进；
- ✓ **微观上串行**——任意一个时刻，只能有一个程序占有处理机，从处理机的角度来看，多道程序轮流使用处理机，它们是交替推进的。

## 2、多道批处理系统的优缺点

- (1) 资源利用率高
- (2) 系统吞吐量大
- (3) 平均周转时间长
- (4) 无交互能力

### 3、多道批处理系统需要解决的问题

- 处理机争用问题
- 内存分配和保护问题
- I/O设备分配问题
- 文件的组织和管理问题
- 用户与系统的接口问题

# 操作系统的概念

## 操作系统的概念（定义）

①操作系统是系统资源的管理者

操作系统（Operating System, OS）是指控制和管理整个计算机系统的硬件和软件资源，并合理地组织调度计算机的工作和资源的分配；以提供给用户和其他软件方便的接口和环境；它是计算机系统中最基本的系统软件。

③是最接近硬件的一层软件

②向上层提供方便易用的服务

直观的例子：打开 Windows 操作系统的“任务管理器”（快捷键：Ctrl+Alt+Del）

名称	CPU	内存	磁盘	网络	GPU
Google Chrome (6)	0%	422.8 MB	0 MB/秒	0 Mbps	0%
Windows 资源管理器	0.5%	260.2 MB	0 MB/秒	0 Mbps	0%
Broadcast DVR server	0.8%	195.7 MB	0 MB/秒	0 Mbps	20.2%
腾讯QQ (32 位) (2)	0.2%	138.9 MB	0.1 MB/秒	0 Mbps	0%
WPS Presentation (32 位) (2)	0.2%	117.1 MB	0 MB/秒	0 Mbps	0%

对软件的管理

对硬件的管理



**“向上服务用户，向下管理资源”**



## 1.2.4 分时系统

### 1. 分时系统(Time-Sharing System)的产生

分时系统是为了满足用户需求所形成的一种新型OS。它与多道批处理系统之间，有着截然不同的性能差别。用户的需求具体表现在以下几个方面：□

(1) 人—机交互

(2) 共享主机

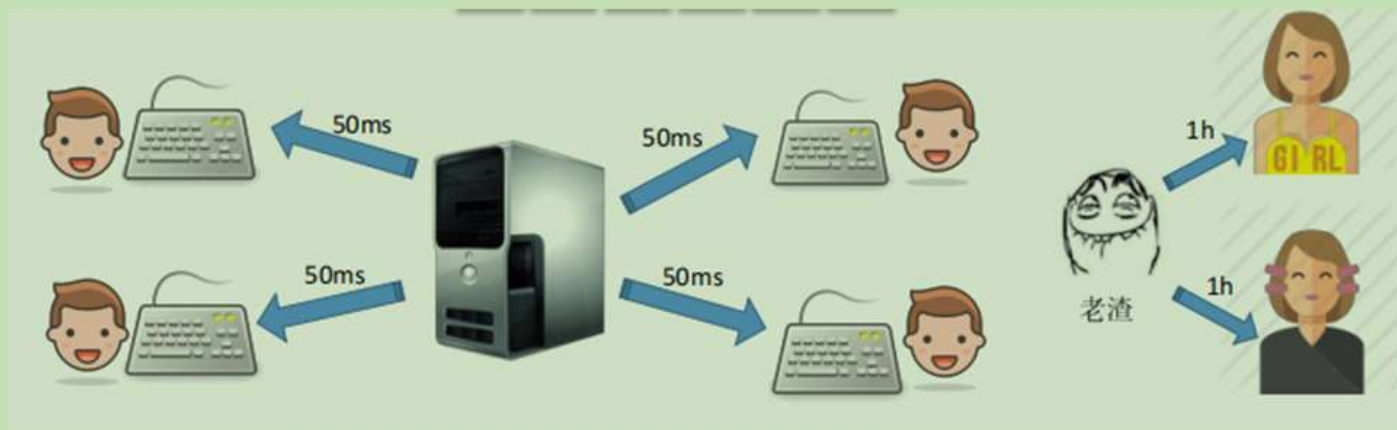
特点:

(1)人机交互性好：在调试和运行程序时由用户自己操作。

(2)共享主机：多个用户同时使用。

(3)用户独立性：对每个用户而言逻辑上独占主机。





**分时操作系统：**计算机以**时间片**为单位**轮流为各个用户/作业服务**，各个用户可通过终端与计算机进行交互。

**主要优点：**用户请求可以被即时响应，**解决了人机交互问题**。允许多个用户同时使用一台计算机，并且用户对计算机的操作相互独立，感受不到别人的存在。

**主要缺点：****不能优先处理一些紧急任务**。操作系统对各个用户/作业都是完全公平的，循环地为每个用户/作业服务一个时间片，不区分任务的紧急性。

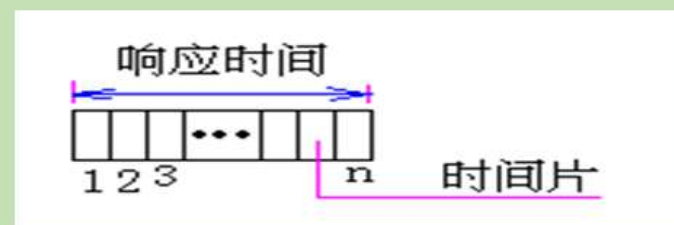
## 2、分时系统在实现中的关键问题

### ◆ 如何使用户能与自己的作业进行交互

- 及时接收（多路卡/多用户卡，缓冲区）
- 及时处理（直接进入内存，及时响应）

### ◆ 分时系统的实现方法

- 作业直接进入内存
- 采用轮转运行方式



### 3、分时系统的特征

- ◆ **多路性:** 同时有多个用户使用一台计算机；分时原则

宏观上：是多个人同时使用一个CPU

微观上：多个人在不同时刻轮流使用CPU

- ◆ **独立性:** 用户感觉不到计算机为其他人服务（OS提供虚机器，各个用户的虚机器互不干扰）
- ◆ **及时性:** 系统对用户提出的请求及时响应
- ◆ **交互性:** 用户根据系统响应结果进一步提出新请求(用户直接干预每一步)

## 1.2.5 实时系统

- 实时操作系统：**主要优点：**能够优先响应一些紧急任务，某些紧急任务不需时间片排队。在实时操作系统的控制下，计算机系统接收到外部信号后及时进行处理，并且**要在严格的时限内处理完事件**。实时操作系统的主要特点是**及时性和可靠性**

### 1、实时系统的类型

工业控制系统：通常是指以计算机为中心的生产过程控制系统，又称计算机控制系统。如：钢铁冶炼和钢板轧制的自动控制、炼油、化工生产过程的自动控制,军事控制等。

信息查询系统：计算机及时接收从远程终端发来的服务请求，根据用户提出的问题对信息进行检索和处理，并在很短时间内对用户做出正确回答。例如：银行，机票订购系统、股市行情实时信息处理系统等。

多媒体系统

嵌入式系统



## 2、实时任务的类型

- 按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
    - 开始截止时间（任务在某时间以前必须开始执行）
    - 完成截止时间（任务在某时间以前必须完成）
- 根据对截止时间的要求划分



### 3、实时系统与分时系统特征的比较

- ◆ **多路性**：实时信息处理系统与分时系统一样具有多路性，系统按分时原则为多个终端用户服务；实时控制系统的多路性表现在对多路的现场信息（对象）进行采集、控制；
- ◆ **独立性**：一样，彼此独立，互不干扰
- ◆ **及时性**：实时控制系统要求更高（开始截止时间、完成截止时间）
- ◆ **交互性**：实时系统的交互较少
- ◆ **可靠性**：实时系统要求更高



## 1.2.6 微机操作系统的发展

微机操作系统的分类：

◆ 按微机的字长分类：8位、16位、32位、64位微机操作系统

◆ 按运行方式分类：

1、单用户单任务操作系统：

CP/M和MS-DOS；主要配置在8位和16位微机上

2、单用户多任务操作系统：

Windows；主要配置在32位微机上

3、多用户多任务操作系统：

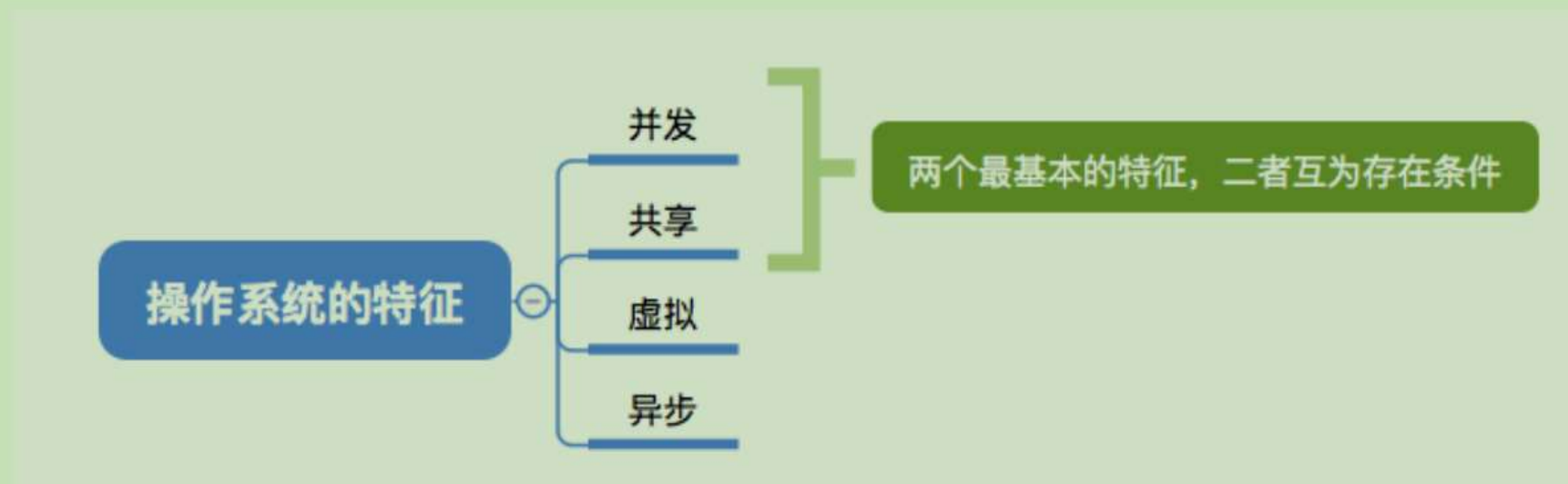
大、中、小型机上配置；32位微机上代表性的是UNIX OS

## 1.2节 主要知识点回顾

### OS的发展与分类



## 1.3 操作系统的基本特性



### 1.3.1 并发 ( Concurrency ) 性

- 并行性和并发性是既相似又有区别的两个概念
  - 并行性是指两个或多个事件在同一时刻发生
  - 并发性是指两个或多个事件在同一时间间隔内发生

**并发**：指两个或多个事件在同一时间间隔内发生。这些事件**宏观上是同时发生的**，但**微观上是交替发生的**；

**操作系统的并发性**指计算机系统中“同时”运行着多个程序，这些程序宏观上看是同时运行着的，而微观上看是交替运行的。

操作系统就是伴随着“多道程序技术”而出现的。因此，**操作系统和程序并发是一起诞生的**。

注意（重要考点）：

单核CPU同一时刻只能执行一个程序，各个程序只能并发地执行

多核CPU同一时刻可以同时执行多个程序，多个程序可以并行地执行

Intel 的第八代 i3 处理器就是 4 核CPU，意味着可以并行地执行4个程序

即使对于4核CPU来说，只要有4个以上的程序需要“同时”运行，那么并发性依然是必不可少的，因此并发性是操作系统一个最基本的特性

- 引入进程
  - 系统中能独立运行并作为资源分配的基本单位，由一组指令、数据和堆栈等组成，是一个活动实体。
- 引入进程的目的
  - 多个程序并发执行；
  - 提高资源的利用率和系统的吞吐量
  - 改善了系统性能



### 1.3.2 共享(Sharing)

**共享**：在操作系统环境下，指系统中的资源可供内存中多个并发执行的进程(线程)共同使用。



所谓的“同时”往往是宏观上的，而在微观上，这些进程可能是交替地对该资源进行访问的（即分时共享）

**互斥共享方式**：使用QQ和微信视频。同一时间段内摄像头只能分配给其中一个进程。

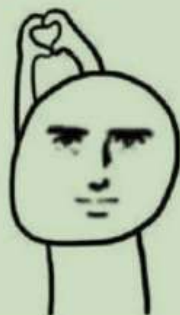
**同时共享方式**：使用QQ发送文件A，同时使用微信发送文件B。宏观上看，两边都在同时读取并发送文件，说明两个进程都在访问硬盘资源，从中读取数据。微观上看，两个进程是交替着访问硬盘的。

**并发性**指计算机系统中同时存在着多个运行着的程序。

**共享性**是指系统中的资源可供内存中多个并发执行的进程共同使用。

通过上述例子来看并发与共享的关系：  
使用QQ发送文件A，同时使用微信发送文件B。

1. 两个进程正在并发执行（**并发性**）
2. 需要共享地访问硬盘资源（**共享性**）



如果失去并发性，则系统中只有一个程序正在运行，则共享性失去存在的意义

如果失去共享性，则QQ和微信不能同时访问硬盘资源，就无法实现同时发送文件，也就无法并发

- **并发与共享是OS的两个最基本的特征，它们互为存在的条件。**
  - 一方面，资源共享是以程序(进程)的并发执行为条件的，若系统不允许程序并发执行，自然不存在资源共享问题。
  - 另一方面，若系统不能对资源共享实施有效管理，协调好诸进程对共享资源的访问，也必然影响到程序并发执行的程度，甚至根本无法并发执行。

### 1.3.3 虚拟(Virtual)技术

**虚拟**是指把一个物理上的实体变为若干个逻辑上的对应物。物理实体（前者）是实际存在的，而逻辑上对应物（后者）是用户感受到的。

背景知识：一个程序**需要放入内存**并给它**分配CPU**才能执行

*GTA5需要4GB的运行内存，QQ 需要256MB的内存，迅雷需要256MB的内存，网易云音乐需要256MB的内存.....*

*我的电脑：4GB内存*

*问题：这些程序同时运行需要的内存远大于4GB，那么为什么它们还可以在我的电脑上同时运行呢？*

答：这是**虚拟存储器技术**。实际只有4GB的内存，在用户看来似乎远远大于4GB

**虚拟技术中的“空分复用技术”**



某单核CPU的计算机中，用户打开了以下软件。。。



问题：既然一个程序需要被分配CPU才能正常执行，那么为什么单核CPU的电脑中能同时运行这么多个程序呢？

答：这是虚拟处理器技术。实际上只有一个单核CPU，在用户看来似乎有6个CPU在同时为自己服务

虚拟技术中的“时分复用技术”。微观上处理机在各个微小的时间段内交替着为各个进程服务

## 实现虚拟技术的两种方式：

- **时分复用技术：**利用设备为一用户服务的空闲时间，转去为其他用户服务，提供设备利用率；
  - ✓ **虚拟处理机技术：**多道程序设计技术，一台物理处理机虚拟为多台逻辑上的处理机，虚拟处理器；
  - ✓ **虚拟设备技术：**将临界资源，改造为多用户“同时”访问的共享设备；
- **空分复用技术：**利用存储器的空闲空间分区域存放和运行其他的多道程序，提供内存利用率；
  - ✓ **虚拟存储技术：**内存的分时复用；

显然，如果失去了并发性，则一个时间段内系统中只需运行一道程序，那么就失去了实现虚拟性的意义了。因此，没有并发性，就谈不上虚拟性

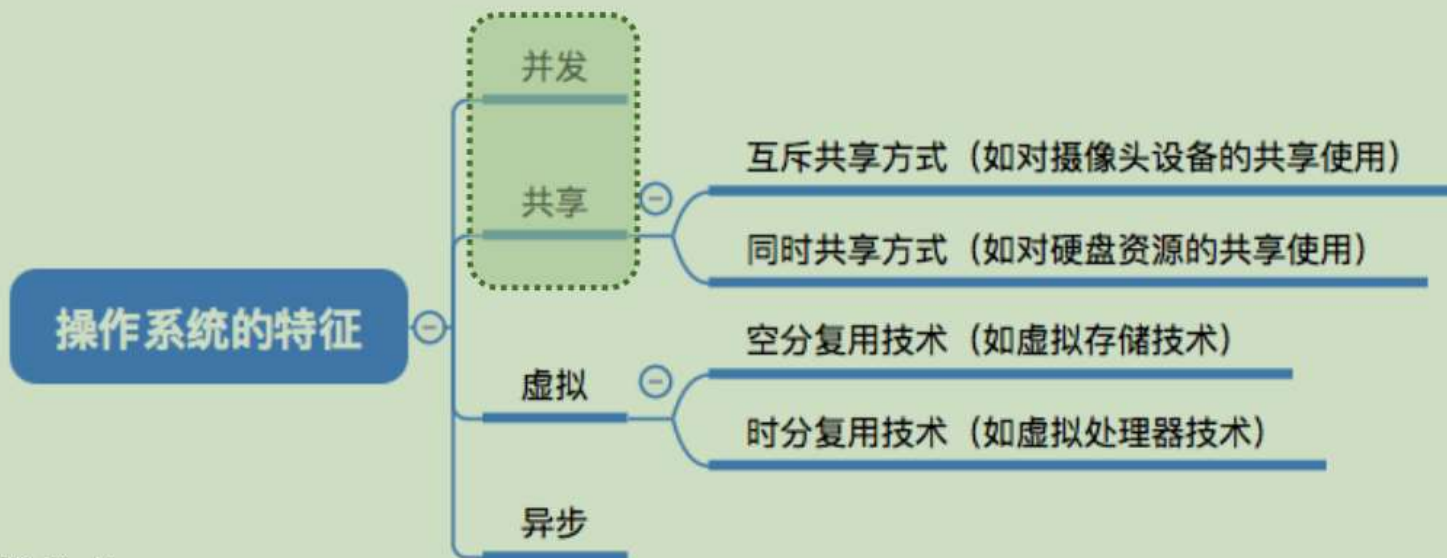


### 1.3.4 异步性 (Asynchronism)

- **异步**是指，在多道程序环境下，允许多个程序并发执行，但由于资源有限，进程的执行不是一贯到底的，而是走走停停，以不可预知的速度向前推进，这就是进程的异步性。
- 多道程序环境下程序的执行，是以异步方式进行的；每个程序在何时执行，多个程序间的执行顺序以及完成每道程序所需的时间都是不确定和不可预知的。进程是以人们不可预知的速度向前推进，此即进程的异步性。

如果失去了并发性，即系统只能串行地运行各个程序，那么每个程序的执行会一贯到底。只有系统拥有并发性，才有可能导致异步性。

### 1.3节 主要知识点回顾



重要考点:

理解并发和并行的区别

并发和共享互为存在条件

没有并发和共享,就谈不上虚拟和异步,因此并发和共享是操作系统的两个最基本的特征

单选题 1分

操作系统是对（ ）进行管理的软件

- ☐ A 软件
- ☐ B 硬件
- ☒ C 计算机资源
- ☐ D 应用程序

单选题 1分

从用户的观点看,操作系统是()

- ☒ A 用户与计算机硬件之间的接口
- ☐ B 控制和管理计算机资源的软件
- ☐ C 合理地组织计算机工作流程的软件
- ☐ D 计算机资源的管理者

单选题 1分

下面关于操作系统的叙述中正确的是()

- ☐ A 批处理作业必须具有作业控制信息
- ☐ B 分时系统不一定都具有人机交互能力
- ☒ C 从响应时间的角度看,实时系统与分时系统差不多
- ☐ D 由于采用了分时技术,用户可以独占计算机的资源