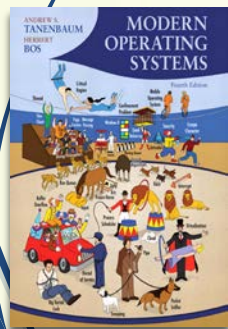


# 第1-1章 概 论



主讲教师：全红艳

计算机科学与技术学院

# 本次课程内容

1. 有关课程教学

2. 操作系统概念

3. 操作系统发展史

4. 操作系统类型

5. 计算机的系统结构

6. 计算环境的拓扑结构



# 1. 有关课程教学

## ◆ 课程教学目的

- 讲授操作系统的概念、理论及设计思想
- 帮助学生建立系统思维的观点
- 提高学生系统分析的水平
- 提高系统软件编程的逻辑观点
- 引导学生逐步学会对操作系统进行改进、移植、设计及实现的方法



# 课程信息

## ◆ 教师简介

- Email: [Hyquan@cs.ecnu.edu.cn](mailto:Hyquan@cs.ecnu.edu.cn)

## ◆ 助教信息

- Xu Shuying 及 Hunan

## ◆ 在线教学：

- 在线课程大夏学堂
- 需要加入同步课程QQ群（返校前我们上课期间在群内统计出勤）：904857792，加入时，提供学号及姓名，群内命名“学号-姓名”



## ◆ 上课时间:

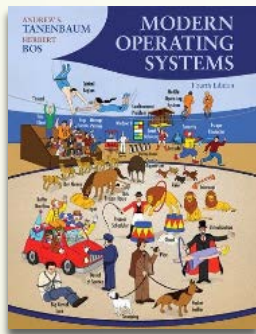
理论部分: 周三, 1-2节, 周四1-2节(单)

实验部分: 周三 3-4节

星期三	星期四
操作系统 (1-17, 教书院 230, 【理论课占 用】)	操作系统 (单1-17, 教书院 230, 【理论课占 用】)
操作系统 (1-17, 理科大楼 8527, 【理论课 占用】)	

## ◆ 教材

### Modern Operating Systems (4th Edition)



作者: Andrew S. Tanenbaum / Herbert Bos

出版社: Prentice Hall

出版年: 2014-3-20

页数: 1136

定价: USD 179.00

装帧: Hardcover

ISBN: 9780133591620



## ◆ 课程学习参考书

**[1] Silberschatz, Galvin, et al. Operating System Concepts, 9th, published by John Wiley & Sons**

**[2] Operating Systems: A Systematic View (Fifth Edition), William S. Davis, T. M. Rajkumar, TsingHua University Press**

**[3] Operating System Internals and Design principles, William Stallings, TsingHua University Press**

**[4] 计算机操作系统. 汤子瀛等. 西安电子科技大学出版社**



- ◆ 作业要求：电子版撰写，交作业前，我会提前通知

作业提交邮箱：51194501046 @stu.ecnu.edu.cn

- ◆ 期中考试

- 学期中间阶段

- ◆ 课程成绩拟定方案

- 期末考试: 60%
- 期中考试: 10%
- 课程实验: 20%
- 课程作业以及平时成绩: 10%



# 课程教学内容及先行课程

## ◆ 课程教学内容

- 进程与线程
- 存储管理
- 文件系统
- 输入/输出
- 死锁

## ◆ 其他先行课程

- 计算机网络
- 计算机安全
- 分布式系统
- 实时系统

## ◆ 并行的实践教学

- 完善Ucore操作系统





## 2. 操作系统概念

### ◆ 什么是操作系统?

- 在计算机用户和计算机硬件之间起中间媒介作用的程序

### ◆ 操作系统的作用

扩展机器

- 从用户角度来看:

使用计算机方便, 易用性

用户无需关心资源利用效率

在大型机或小型机上共享的用户--让所有用户满意

工作站用户, 经常使用服务器上的共享资源

- 从系统角度来看:

OS是一个资源分配器, 管理所有资源

解决资源请求的冲突请求, 资源保护, 资源回收,

操作系统控制程序的执行顺序, 防止错误和不当使用

计算机



资源管理者

手持计算机资源  
匮乏, 在应用中  
电池寿命进行了  
优化



# 操作系统的作用

- 用户需要方便、易用和良好的性能
- 使用时无需关心资源利用

大型或小型计算机



大型机或小型计算机让所有用户满意

工作站



专用资源经常共享在服务器上

手机计算机



手持电脑资源轻量，优化提高电池持续时间

嵌入式计算机



有些计算机几乎没有用户界面，例如汽车的嵌入式系统



### 3. 操作系统发展史

#### ◆ 第一代 1945 — 1955

- 真空管, 穿孔卡片, 插件板

#### ◆ 第二代 1955 — 1965

- 晶体管, 批处理系统(Batch Systems)

#### ◆ 第三代 1965 — 1980

- 集成电路芯片, 中断、通道机制
- 多道程序设计 (Multiprogramming) 环境
- 多道批处理系统 (Multiprogramming Batch System)
- 多道分时系统 (Multiprogramming Time-sharing Systems)

#### ◆ 第四代 1980 - 现在

- 个人计算机
- Windows/Unix/Linux

#### ◆ 第五代 1990 - 现在

- 移动计算机 Mobile Computers



# 第一代 1945 — 1955 未配置操作系统

- 40年代中期，操作系统阶段处于：真空管，穿孔卡片，插件板
- 美国哈佛大学、普林斯顿高等研究院、宾夕法尼亚大学的一些人使用数万个真空管，构建了世界上第一台电子计算机，开启计算机发展的历史。
- 这个时期的机器需要一个小组专门设计、制造、编程、操作、维护每台机器。
- 程序设计使用机器语言，通过插板上的硬连线来控制其基本功能。
- 这时处于计算机发展的最初阶段，连程序设计语言都还没有出现，操作系统是闻所未闻



# 第一代 1945—1955 未配置操作系统

## (1) 人工操作方式

早期的操作方式是由程序员按照如下操作：

- 将事先已穿孔的纸带（或卡片），装入纸带输入机（或卡片输入机）
- 再启动它们将纸带（或卡片）上的程序和数据输入计算机
- 然后启动计算机运行。

仅当程序运行完毕并取走计算结果后，才允许进行下一个用户任务

### 人工操作方式的缺点：

- 用户独占全机，即一台计算机的全部资源由上机用户所独占；
- CPU等待人工操作，当用户进行装带（卡）、卸带（卡）等人工操作时，CPU及内存等资源是空闲的。

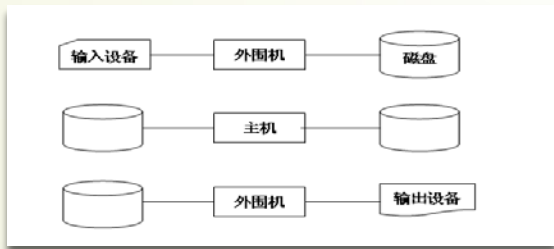
人工操作方式严重降低了计算机资源的利用率，此即所谓的**人机矛盾**

# 第一代 1945—1955 未配置操作系统

## (2) 脱机输入/输出方式

利用脱机输入/输出技术,事先将装有用户程序和数据的纸带,装入纸带输入机,在一台外围机的控制下,把纸带(卡片)上的数据(程序)输入到磁带上。

当CPU需要这些程序和数据时,再从磁带上高速地调入内存。类似地,当CPU需要输出时,可先由CPU把数据直接从内存高速地送到磁带上,然后再在另一台外围机的控制下,将磁带上的结果通过相应的输出设备输出。



脱机输入/输出方式的优点:

### (1) 减少了CPU的空闲时间

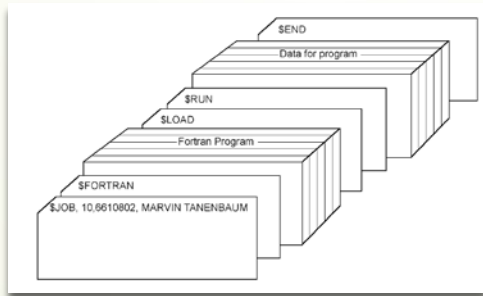
装带、卸带,以及将数据从低速I/O设备,送到高速磁带上(或反之)的操作,都是在脱机情况下由外围机完成的,并不占用主机时间,从而有效地减少了CPU的空闲时间。

### (2) 提高了I/O速度

当CPU在运行中需要输入数据时,是直接从高速的磁带上将数据输入到内存的,极大地提高了I/O速度,从而进一步减少了CPU的空闲时间。

## 第二代 1955—1965 单道批处理系统

- 晶体管和批处理系统
- 这时计算机走进了商业应用，主要完成各种科学计算，需要专门的操作人员维护，并且需要针对每次的计算任务进行编程。
- 第二代计算机主要用于科学与工程计算。使用FORTRAN与汇编语言编写程序。
- 后期出现了操作系统的雏形：FMS（FORTRAN监控系统）和IBMSYS（IBM为7094机配备的操作系统）



FMS工作结构

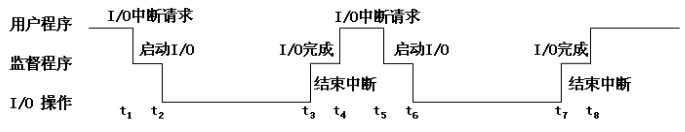
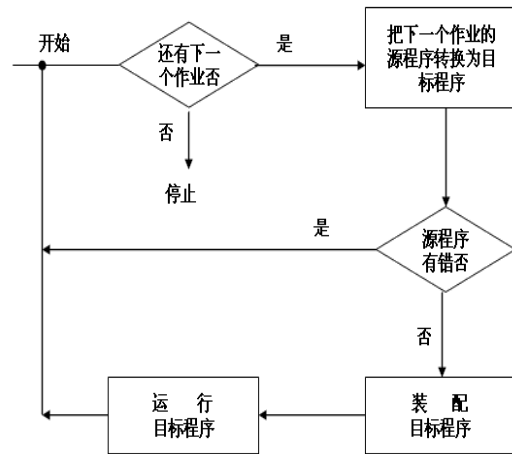


## 第二代 1955—1965 单道批处理系统

### ■ 单道批处理系统的处理过程

把一批作业以脱机方式输入到磁带上，在系统中配上监督程序，在其控制下，使作业能一个接一个地连续处理。

虽然是成批地，但在内存中始终只保持一道作业，故称为单道批处理系统。



### ■ 缺点

系统中的资源得不到充分地利用，内存中仅有一道程序，如果程序发出I/O请求，CPU便处于等待状态，I/O完成后继续运行，因I/O设备的低速性，使CPU利用率显著低。



## 第三代 1965 —1980 多道批处理系统

操作系统阶段：

- ◆ 集成电路芯片,中断、通道机制
- ◆ 多道程序设计 (Multiprogramming) 环境
- ◆ 多道批处理系统 (Multiprogramming Batch System)
- ◆ 多道分时系统 (Multiprogramming Time-sharing Systems)

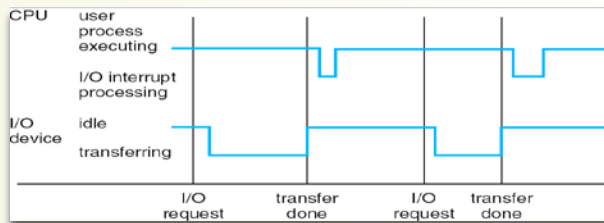
- 计算机需要统一两种应用问题：科学计算及商业应用
- OS/360操作系统的开发：60年代初，IBM公司试图开发该系统，出现软件开发问题
- 分时公用计算机服务系统 (MULTICS) 开发：MIT、Bell Lab（贝尔实验室）和通用电气公司决定开发此分时系统，难度超人，这个系统的开发失败结束，MULTICS的思想为操作系统发展奠定基础
- MULTICS 开发的成功：60年代末，贝尔实验室计算机科学家Ken Thompson，参加过MULTICS研制工作，在一台无人使用的PDP-7机器上开发出了一套简化的、单用户版的MULTICS。后来导致了UNIX操作系统的诞生。
- UNIX操作系统主导了小型机、工作站以及其他市场，是至今最有影响力的操作系统之一，而Linux也是UNIX系统的一种衍生



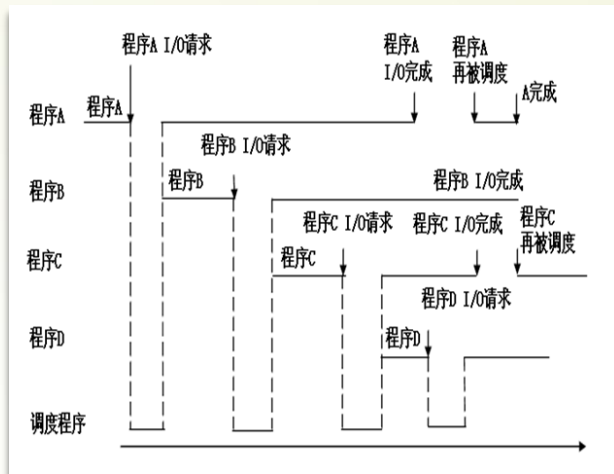
# 第三代 1965 —1980 多道批处理系统

## 多道程序设计的基本概念

- ◆ 在该系统中，用户作业先放在外存上，在“后备队列”排队
- ◆ 由作业调度程序按一定的算法，队列中选择若干个作业调入内存，共享CPU和系统中的各种资源
- ◆ 在内存中装有若干道程序，某程序I/O操作时，可调度另一道程序使用CPU



2 道程序并发运行实例

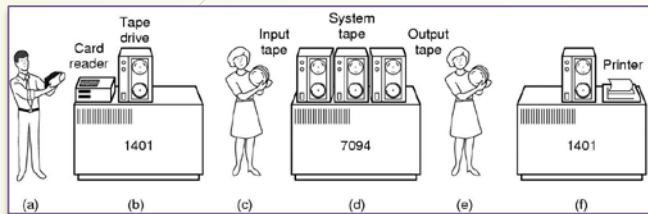


4 道程序并发运行实例

## 多道批处理系统需要解决的问题

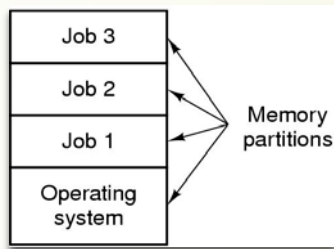
- 争用处理机问题
- 内存分配和保护问题
- I/O设备分配问题
- 文件的组织和管理问题
- 作业管理问题
- 用户与系统的接口问题

# 批处理系统实例



## 早期的批处理系统(脱机输入输出技术):

- 程序员将卡片拿到1401机处
- 1401机将批处理作业读到磁带上
- 操作员将输入带送至7094机
- 7094机进行计算，并将结果输出到输出带中
- 操作员将输出带送到1401机
- 1401机打印输出



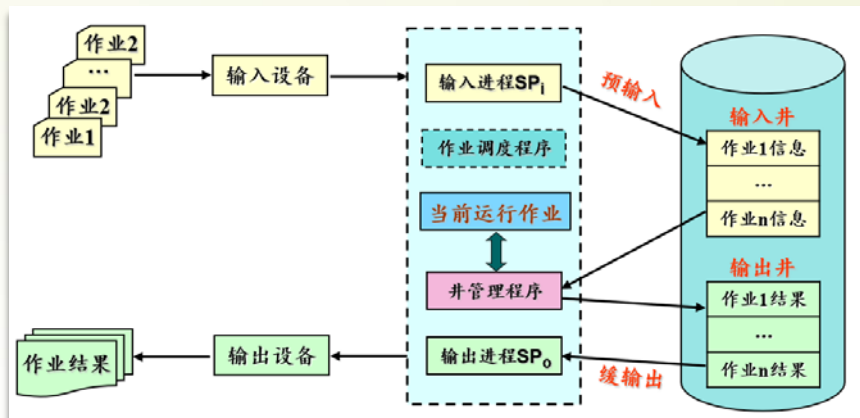
## 多道程序系统

多个作业在内存中——第三代  
Spooling技术（假脱机技术）



# Spooling技术

- ◆ SPOOLing技术也可称为假脱机技术
- ◆ 实现思想：利用中央处理器和通道并行工作的能力，在多任务系统中用一台机器完成脱机外围设备三台机器的工作
- ◆ SPOOLing技术实现虚拟设备，即将需要互斥访问的临界资源虚拟成共享资源，提高了资源的利用率，改善了用户体验。
- ◆ 例如：基于打印队列的网络打印技术就是利用了SPOOLing技术



## SPOOLing系统的组成

- ◆ 在磁盘中划分出专门称为“井”的区域，它分为输入井和输出井。
- ◆ 输入进程把输入作业流输入到输入井，作业执行时只要通过井管理程序从输入井中获取数据，而不去启动低速的外围设备
- ◆ 作业执行结果先输出到输出井，由输出进程将输出井中数据缓输出到低速设备上



## 第四代 1980—现在

- 个人计算机, 操作系统: **Windows/Unix/Linux**
- 个人计算机 随着计算机技术的不断更新与发展, 低廉的价格就可以获得强大计算能力的计算机。
- **UNIX**系统不太适合于在运行在个人计算机上, 这时就需要一种新的操作系统。
- **Intel**公司趁机进入, 成为了当今微处理器的强者。微软公司的总裁比尔·盖茨适时地进入了这一领域, 用购买来的**CP/M**开发为**MS-DOS**, 成为个人计算机操作系统领域的霸主。
- 虽然是苹果公司在**GUI**方面较强, 由于苹果公司的不兼容、不开放的市场策略, 未能扩大战果,
- 使得微软适时地强化**GUI**, **WINDOWS**系统被广泛使用



# 分时系统

- 如何使用户能与自己的作业进行交互
- 当用户在自己的终端上键入命令时，系统应能及时接收，并及时处理该命令
- 需要及时接收、及时处理。

## 分时系统的特征：

- 多路性
- 独立性
- 及时性
- 交互性

实现人机交互，必须彻底地改变原来批处理系统的运行方式，转而采用下面的方式：

- (1) 作业直接进入内存。
- (2) 采用轮转运行方式。



# 实时系统

- ◆ 实时系统是指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。
- ◆ 特点：及时性要求高，系统可靠性高。

## 实时系统的类型：

- 工业（武器）控制系统
- 信息查询系统
- 多媒体系统
- 嵌入式系统

## 硬实时任务和软实时任务

- ◆ **硬实时任务**：满足任务对截止时间的要求，否则可能出现难以预测的后果
- ◆ **软实时任务**：联系着一个截止时间，但并不严格，若偶尔错过了任务的截止时间，对系统产生的影响也不会太大



## 4. 操作系统类型

- ◆ 大型机操作系统(Mainframe Operating Systems, OS/390、Unix、Linux)
- ◆ 服务器操作系统(Server Operating Systems, Solaris、Unix、Linux、Windows Server)
- ◆ 多处理器操作系统(Multiprocessor Operating Systems, Windows、Linux)
- ◆ 个人计算机操作系统(Personal Computer Operating Systems)
- ◆ 手机操作系统(Android、iOS、Windows Phone、BlackBerry OS和Symbian)
- ◆ 实时操作系统(Real-time Operating Systems, VxWorks、e-Cos、RTLinux)
- ◆ 嵌入式操作系统(Embedded Operating Systems, VxWorks、QNX、RTLinux、Windows CE)
- ◆ 传感器节点操作系统(Tiny OS)
- ◆ 智能卡操作系统(Smart Card Operating Systems, COS)
- ◆ 多道批处理系统(Multiprogramming Batch Operating Systems)
- ◆ 分时操作系统(Time-sharing Operating Systems)
- ◆ 通用操作系统(General Operating Systems)
- ◆ 网络操作系统(Network Operating Systems)



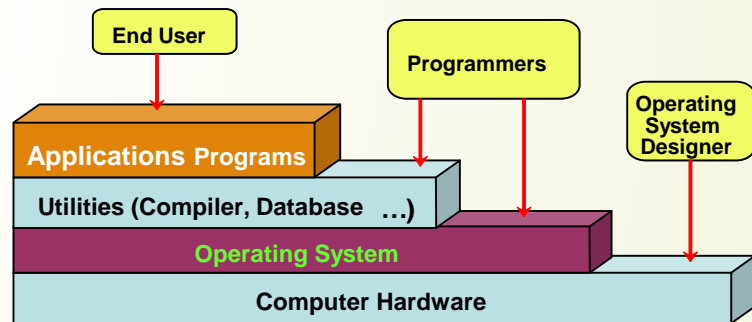


## 5. 计算机的系统结构

### ◆ 计算机系统可分为四个层次：

- 硬件：CPU、内存、I/O设备
- 操作系统：Unix、Windows2000
- 应用程序：文字处理器、网络浏览器、数据库系统
- 用户：人、机器、其他计算机在计算机用户和计算机硬件之间起中介作用的程序

操作系统作为裸机的扩展：抽象、简化、方便、标准化

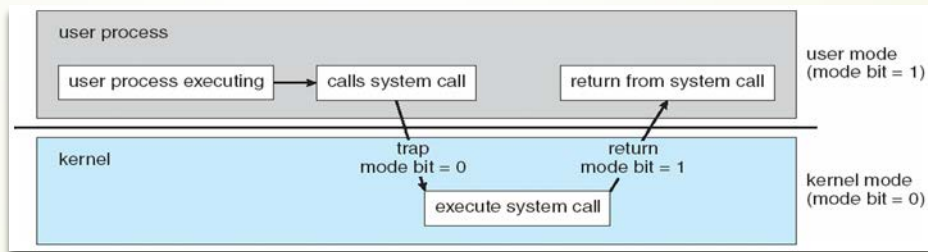


计算机系统的层次结构



# 操作系统两种模式—内核模式及用户模式

- ◆ 计算机有两种操作模式：内核模式和用户模式
  - **内核模式（也称为管理器模式）**：在此模式下，它可以完全访问所有硬件，并可以执行机器的任何指令能够执行的
  - **用户模式**：只有某些机器指令的子集可运行

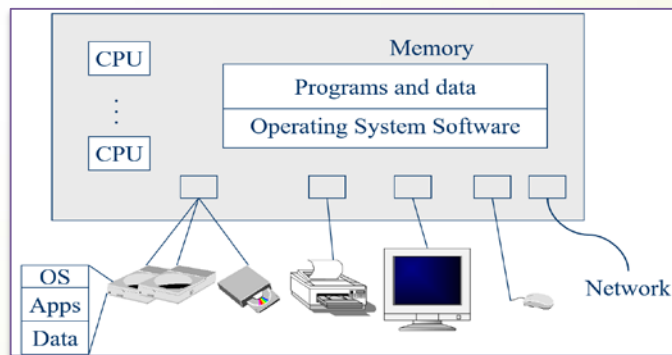
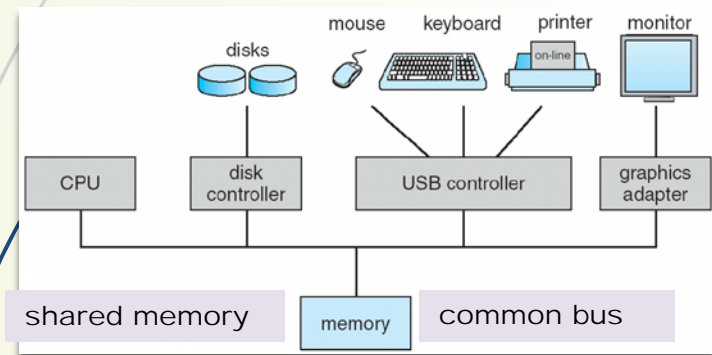


影响机器I/O或控制输入/输出的指令禁止在用户模式运行



# 计算机硬件系统

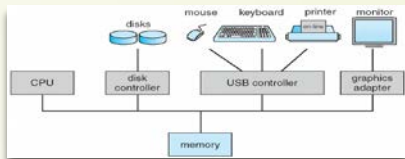
- ◆ 一个或多个CPU及设备控制器 (controller)共享访问内存
- ◆ CPU和设备在竞争内存周期情况下，并发执行任务



一个黑盒系统的结构

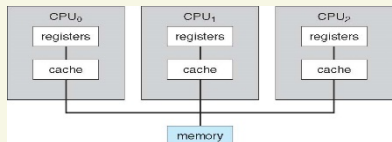


# 计算机硬件系统

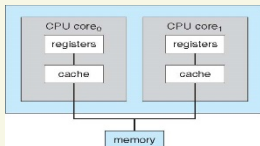


## 1 单核CPU与多核CPU

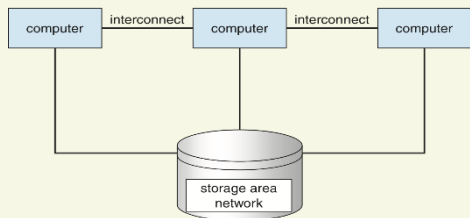
◆ 多核CPU分为**对称多核**及**非对称多核**



对称多处理器



双核结构

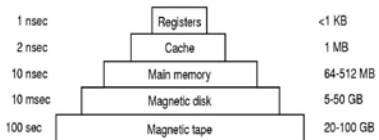


集群结构

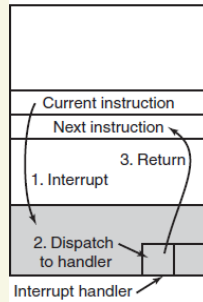
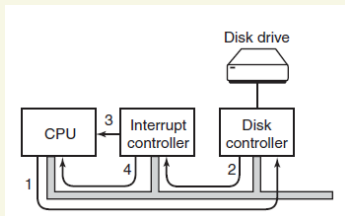
## 2 存储层次结构

典型的访问时间

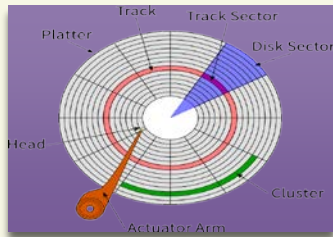
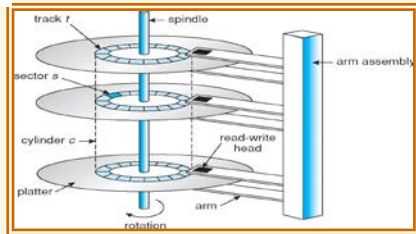
典型的容量



## 4 I/O控制及中断处理



## 3 磁盘结构



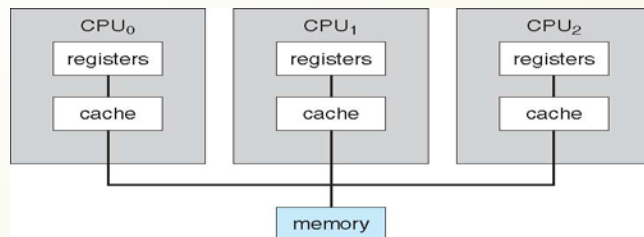
- 磁盘驱动器可以看做是逻辑块的阵列
- 逻辑块：最小传输单位（通常512B）
- 逻辑块按顺序映射到磁盘扇区（按扇区、柱面、磁道顺序）
- 磁盘在使用时，驱动器马达(drive motor)高速旋转，大多数每秒旋转60-200次。

# 1 单核CPU与多核CPU

- 单处理器吞吐量：大多数系统使用单个通用处理器
- 多核CPU：也称为并行系统，紧耦合系统
  - ◆ 优点包括：吞吐量增加；规模经济；可靠性提高

两种典型系统：

- ◆ 非对称多处理器— each processor is assigned a special task
- ◆ 对称多处理器— each processor performs all tasks



对称多处理器



## 2 存储结构

- ◆ **主存储器** — 仅限CPU直接访问
- ◆ **二级存储器 Secondary storage** — 扩展主存，非易失性存储器
- ◆ **磁盘 Magnetic disks** — 覆盖有磁性材料的金属
  - 表面有磁道扇区
  - 磁盘控制器决定交互



# 存储层次结构

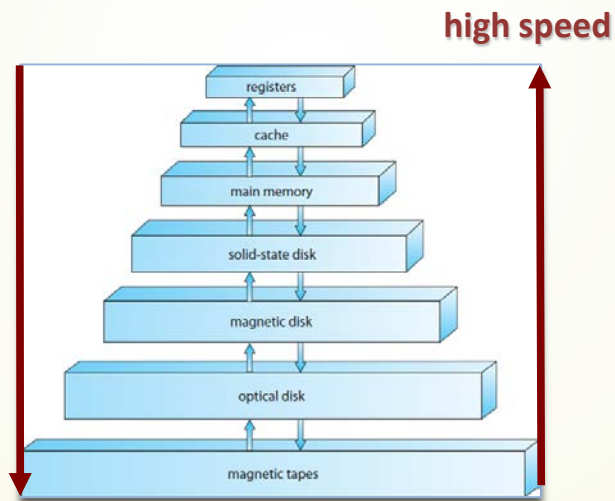
## ◆ 分层原则:

- ◆ 速度
- ◆ 价格
- ◆ 易失性 Volatility

典型的访问时间

典型的容量

1 nsec	Registers	<1 KB
2 nsec	Cache	1 MB
10 nsec	Main memory	64-512 MB
10 msec	Magnetic disk	5-50 GB
100 sec	Magnetic tape	20-100 GB



low price  
large volume



# 层次结构--Caching高速缓存

- ◆ Caching高速缓存 —— 将信息复制到更快的存储系统中，缓冲速度
- ◆ 直接从缓存使用信息加快速度（fast）
- ◆ 如果信息不在高速缓存，需要先拷贝到cache中
- ◆ 高速缓存容量比主存小，价格高
- ◆ 暂存性存储介质





# 存储层次结构

- ◆ **机械硬盘** - 覆盖有磁记录材料的硬质金属或玻璃盘

- 磁盘表面逻辑上划分为**磁道**，磁道又细分为**扇区**
- **磁盘控制器**决定设备和计算机之间的逻辑交互



- ◆ **固态硬盘 (Solid State Drive)**

- 用固态电子存储芯片阵列而制成的硬盘，由控制单元和存储单元（FLASH芯片、DRAM芯片）组成
- 普及使用，较贵



- ◆ **存储介质分为两种：闪存（FLASH芯片）和DRAM**

- **基于闪存类FLASH芯片**：基于闪存的固态硬盘,采用FLASH芯片作为存储介质，这也是通常所说的**SSD**。

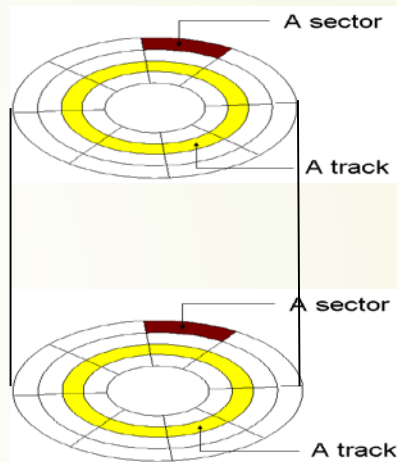


- **基于DRAM的固态硬盘**：应用范围较窄。仿效传统硬盘的设计，可由绝大部分操作系统的文件系统工具进行卷设置和管理



### 3 磁盘

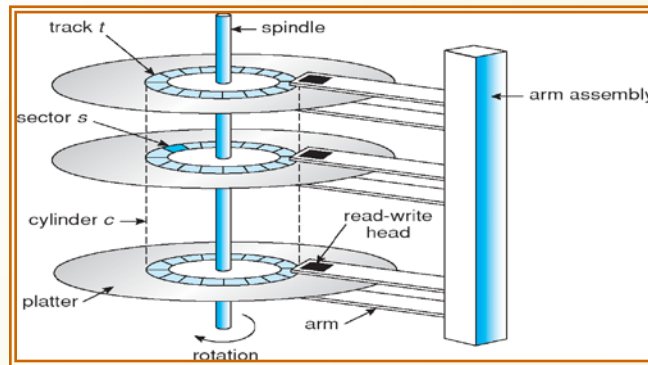
- ◆ 硬盘由坚硬金属材料制成,涂以磁性介质
- ◆ 不同容量硬盘的盘片数不等
- ◆ 每个盘片有两面,都可记录信息。
- ◆ 扇区: 盘片被划分的多个扇形区域。
- ◆ 同一盘片不同半径的同心圆为磁道。
- ◆ 柱面:不同盘片相同半径构成的圆柱面。
- ◆ 存储容量=磁头数×磁道(柱面)数×每道扇区数×每扇区字节数。
- ◆ 信息记录可表示为: ××磁道(柱面), ××磁头, ××扇区。



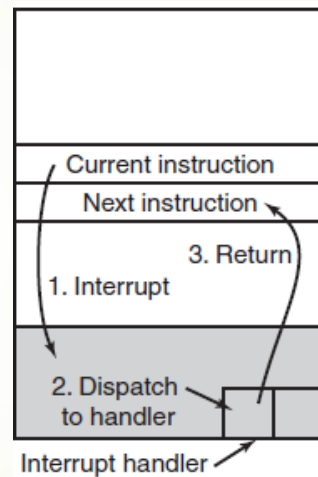
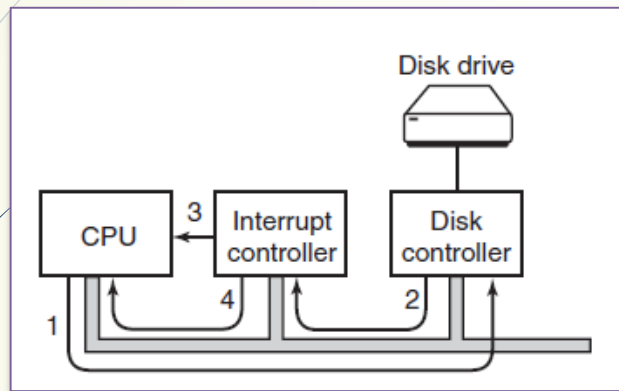
### 3 磁盘

◆ 磁盘速度分为两个部分：传输速度(transfer rate)和寻址时间(positioning time)。

- 传输速度：指数据流从驱动器到达计算机(内存)的时间。
- 寻址时间(也称随机访问时间 random-access time) 有两部分组成：



## 4 I/O控制及中断处理



## 4 I/O控制及中断处理

### ◆ 中断处理

- 由中断向量字 (interrupt vector) 进入中断
- 保存中断指令的地址
- 一个中断在处理过程中, 另一中断请求禁止传入 (disable)
- 陷阱 (trap) 是由错误或用户请求引起的软件生成的中断。

### ◆ 操作系统运行过程, 包括各种中断 (interrupt driven)

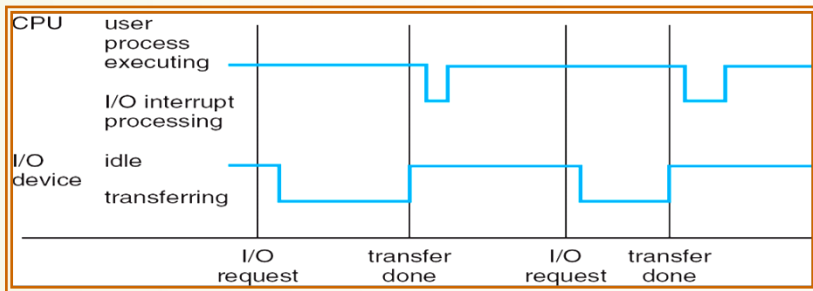


# 中断处理

## ◆ 保存CPU状态，通过存储寄存器和程序计数器

## ◆ 中断类型：

- 轮询 (polling)
- 矢量化中断系统 (vectored interrupt system)



中断时间序列-单CPU情形

## ◆ 外部中断

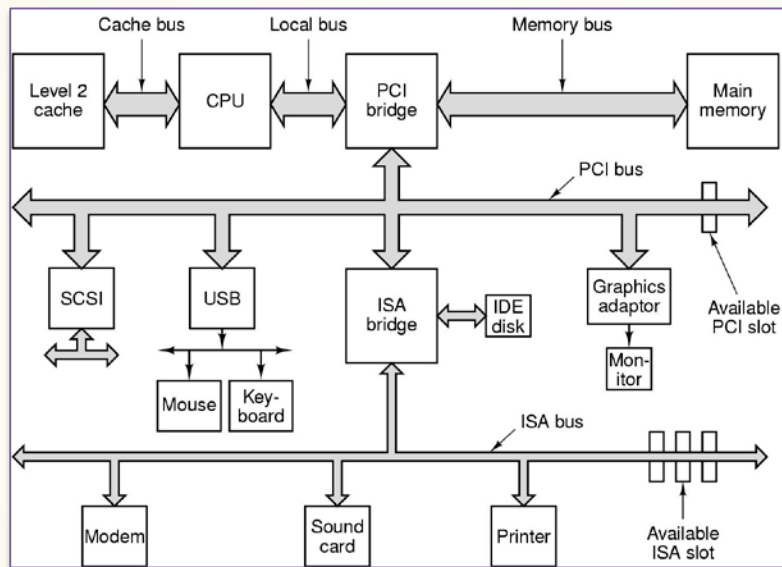
- 指由计算机外设发出的中断请求，如：键盘中断、打印机中断、定时器中断等。
- 外部中断是可以屏蔽的中断，也就是说，利用中断控制器可以屏蔽这些外部设备的中断请求

## ◆ 内部中断

- 因硬件出错（如突然掉电、奇偶校验错等）或运算出错（除数为零、运算溢出、单步中断等）所引起的中断。
- 内部中断是不可屏蔽的中断。



# Pentium 计算机系统实例



Pentium计算机系统的结构



## 6. 计算环境的拓扑结构

- ◆ 单机系统
- ◆ 网络环境系统
- ◆ 移动环境系统
- ◆ 分布式环境
- ◆ 虚拟计算环境
- ◆ 云计算环境





# (1) 单机系统

## ◆ 单处理器与多处理器

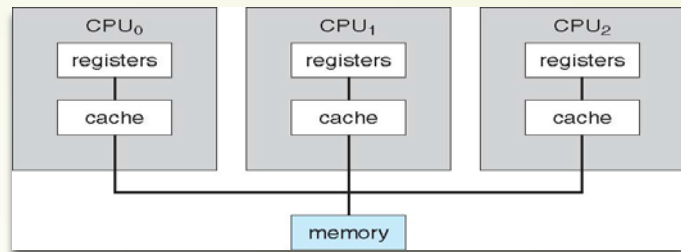
- 单处理器吞吐量：大多数系统使用单个通用处理器

- 多处理器系统

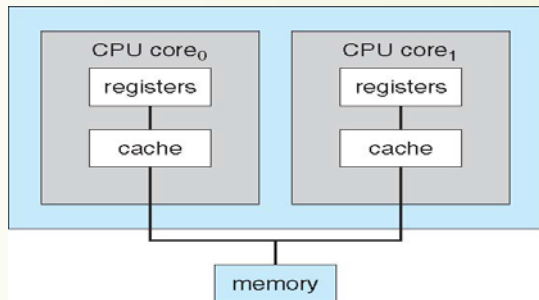
- 也称为并行系统，它的应用和重要性越来越明显，紧耦合系统
- 优点包括：吞吐量增加；规模经济；可靠性提高

- 两类多处理机系统：

- **非对称多处理器**—每个处理器被分配一个特殊任务
- **对称多处理器**—每个处理器协同执行任务



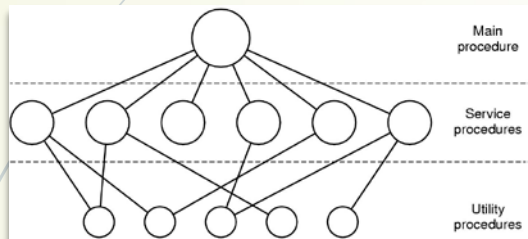
三核对称多处理实例



双核对称多处理实例



# 单机系统



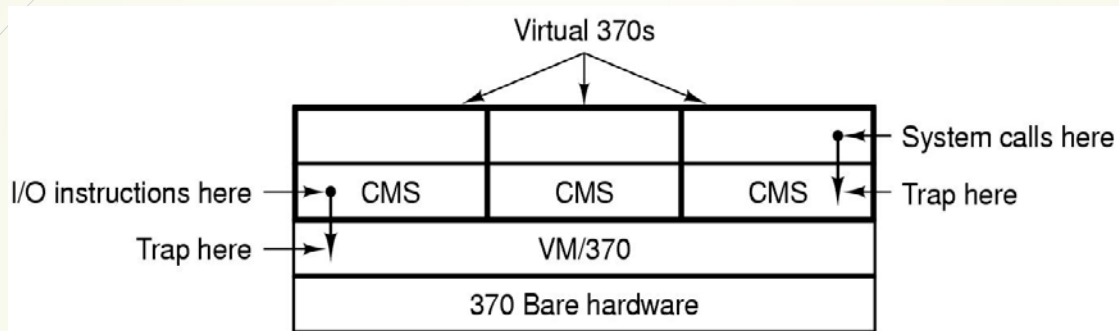
简单的单体结构模型

层号	功 能
5	操作员
4	用户程序
3	输入/输出管理
2	操作员-进程通信
1	存储器和磁鼓管理
0	处理器分配和多道程序环境

THE操作系统的结构(层次式系统)



# 单机系统

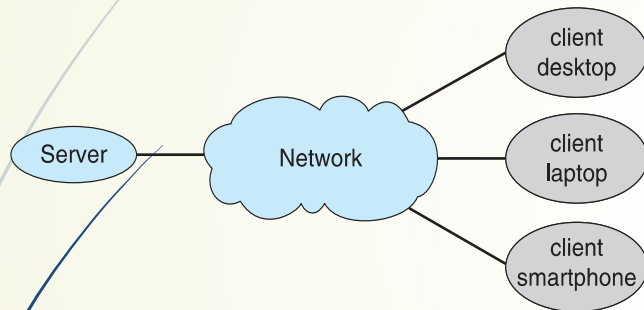


配有CMS的VM/370结构(虚拟机)

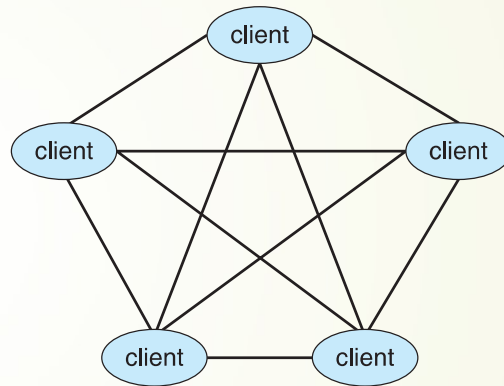
- ◆ 可向上层提供若干个虚拟机
- ◆ 每个虚拟机是裸机硬件的精确复制
- ◆ 可同时运行多个批处理操作系统和分时操作系统



## (2) 网络环境系统



**Client-Server**



**Peer-to-Peer**



### (3) 移动环境系统

- ◆ 手持智能手机、平板电脑、掌上电脑等
- ◆ 苹果iOS和google Android
- ◆ 有限的CPU、内存、电源、精简的功能集操作系统、有限的I/O



苹果ipad

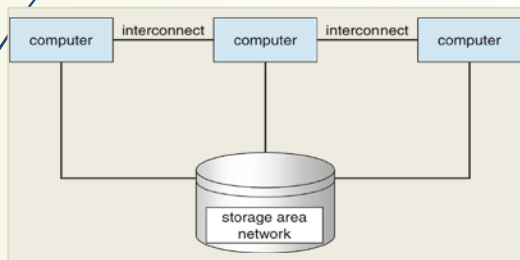


苹果ipad

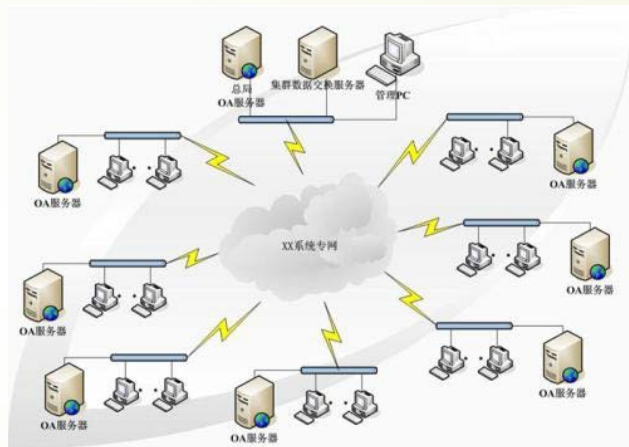
## (4) 分布式环境

### ◆ 集群系统

- 多计算机协同工作
- 不限于多个CPU，多个计算机
- 相互连接，完成复杂任务

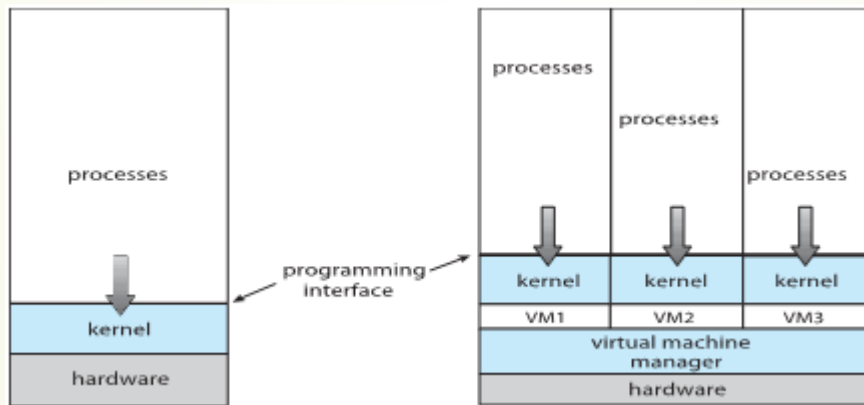


集群结构的实例



## (5) 虚拟计算环境

- ◆ 共享物理计算机的资源以创建虚拟机，允许操作系统在其他操作系统中运行
- ◆ 源CPU类型不同于目标类型时使用的模拟（即从PowerPC到Intel x86）
- ◆ VMM (virtual machine Manager)虚拟机管理器提供虚拟化服务: VMware, openstack

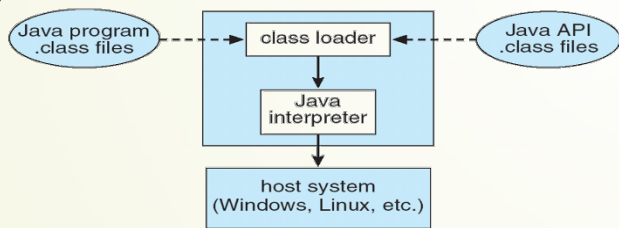


虚拟化实例

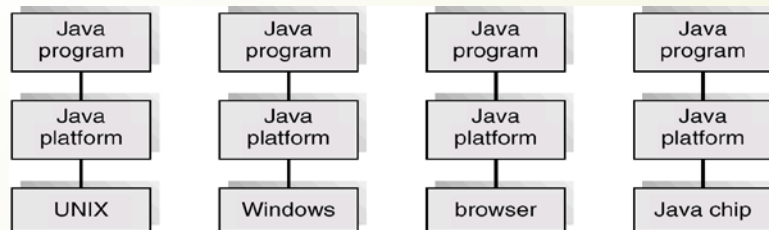


# Java虚拟机Virtual Machine

- ◆ **Java虚拟机**虚拟机器,在物理机上通过软件模拟来实现
- ◆ Java虚拟机有自己的硬件,如处理器、堆栈、寄存器等,还具有相应的指令系统。
- ◆ Java语言与平台的无关性。引入Java虚拟机,Java语言在不同平台上运行时不需要重新编译。
- ◆ Java虚拟机一般由五个部分组成:一组指令集、一组寄存器、一个栈、一个无用单元收集堆 (Garbage-collected-heap)、一个方法区域



Java 虚拟机实例



Java 平台结构





## (6) 云计算环境

### ◆ 多种云类型：

- 公有云 (Public cloud) – 通过Internet获取，需要付费
- 私有云 (Private cloud) – 某公司自己构建云环境
- 混合云 (Hybrid cloud) – 公有与私有云混合技术

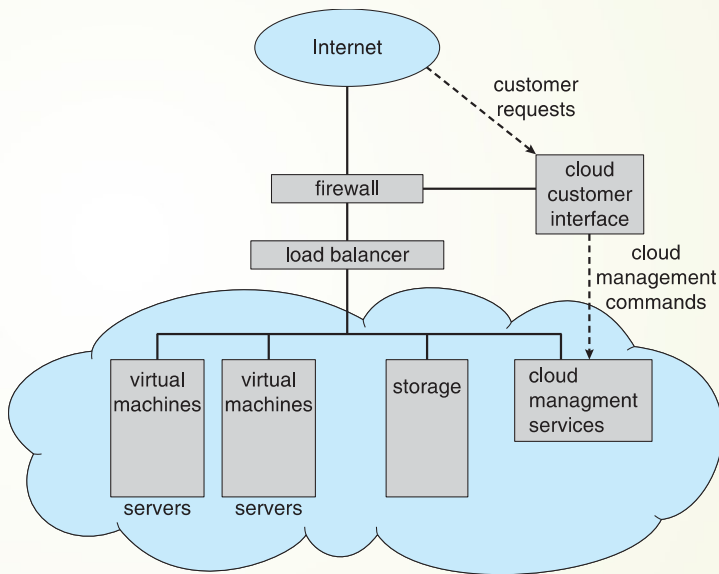
### ◆ 云服务：

- 软件服务 **Software as a Service (SaaS)**：通过Internet提供的一个或多个应用程序，例如，word processor
- 平台服务 **Platform as a Service (PaaS)**：通过Internet可以使用软件堆栈，例如，a database server
- 设施服务 **Infrastructure as a Service (IaaS)**：通过Internet可用服务器或存储器 (i.e., storage available for backup use)



# 云环境实例

- ◆ 由传统操作系统、vmm和云管理工具组成的云计算环境
- ◆ Internet连接需要防火墙等安全措施
- ◆ 负载均衡器跨多个应用程序分散通信量



云环境实例



# 作业

## ◆ assignment1-1

