



软件学院

# 操作系统原理

刘迪 PhD

2018



# 版权申明

本课程的全部课件经著作权人授权，免费  
在中华人民共和国境内普通高等学校用于与  
《操作系统——CDIO之路》（李彤等编著，  
清华大学出版社2012年版）相配套的教学活动。  
超出本范围将违反中华人民共和国法律，必受  
追究！



# 成绩评定

- **总评成绩 = 平时(10%) + 期中(20%)+实习项目(20%)+期末 ( 50% )**
- **使用教材 :**
  - 《操作系统——CDIO之路》 ( 主要 )
  - 《Modern Operating Systems》 ( 参考 )
- **课件网址**

<http://www.dliuynu.com/teaching/os/os.html>



# 第1章 绪论

**1.1 操作系统概述**

**1.2 操作系统的发展过程**

**1.3 操作系统的结构**

**1.4 操作系统的特征**

**1.5 UNIX系统简介**



# 1.1 操作系统概述

操作系统的出现、使用和发展是近六十余年来  
计算机软件的一个重大进展。

- 操作系统是什么？
- 操作系统能做什么？



# 1.1.1 操作系统的定义

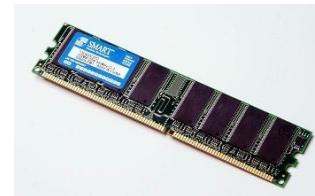
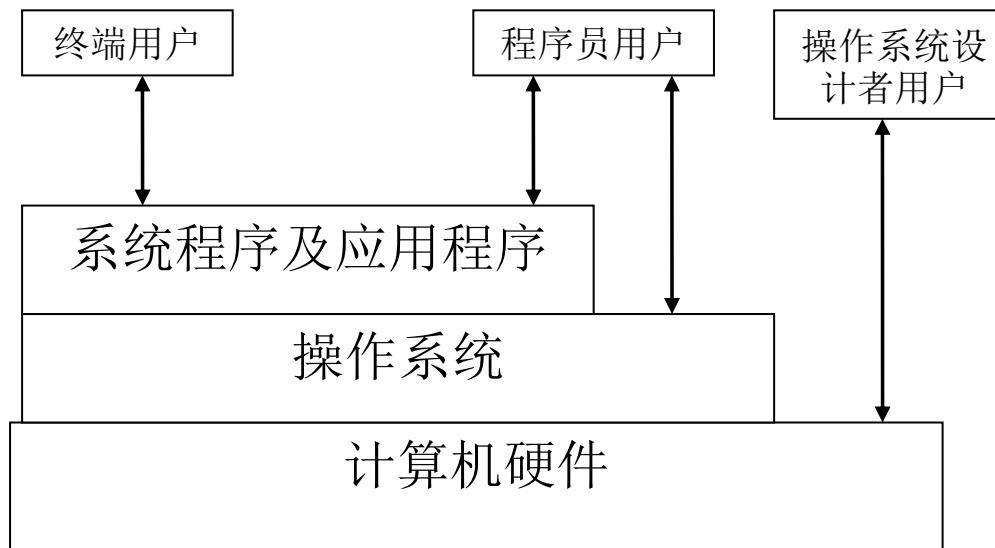


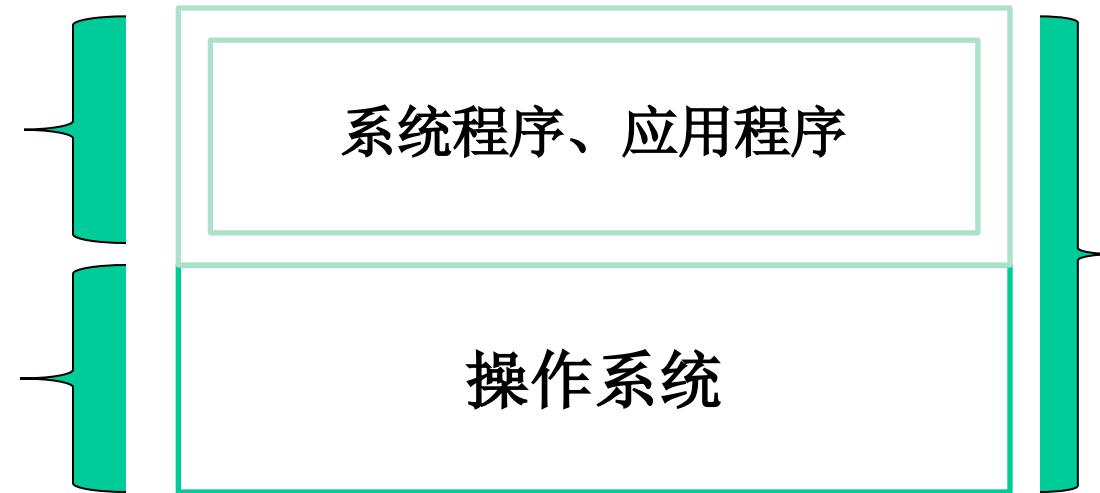
图1.1.1 计算机系统组成部分的逻辑图



## 1.1.1 操作系统的定义

用户模式  
(user Mode)

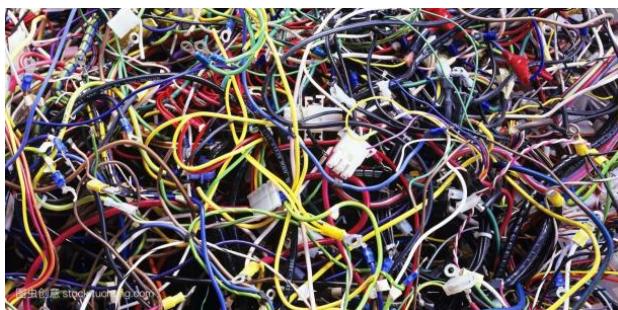
内核模式  
(Kernel Mode)





## 1.1.1 操作系统的定义

- 硬件的细节对普通程序员来说非常复杂



# Abstraction 抽象

Abstraction is the key to managing complexity. Good abstractions turn a nearly impossible task into two manageable ones.



## 1.1.1 操作系统的定义

- 操作系统**是一直运行在计算机上的程序（通常称为内核），其他程序则为系统程序和应用程序。
- 操作系统**是管理系统资源、控制程序执行，改善人机界面，提供各种服务，合理组织计算机工作流程和为用户使用计算机提供良好运行环境的一种系统软件。
- 操作系统**是计算机系统中的一个系统软件，它是这样一些程序模块的集合—它们管理和控制计算机系统中的硬件及软件资源，合理地组织计算机工作流程，以便有效地利用这些资源为用户提供一个功能强大、使用方便和可扩展的工作环境，从而在计算机与其用户之间起到接口的作用。



## 1.1.2 操作系统的功能

可以从不同的角度来观察操作系统的功能：

- 1、**用户**的角度：操作系统是用户和计算机硬件之间的接口。
- 2、**系统**的角度：操作系统是计算机系统资源的管理者。



## 1.1.2 操作系统的功能

操作系统的**目标**是：

- (1) **方便性**：使计算机更易于用户使用。
- (2) **有效性**：以有效的方式管理计算机系统的资源，合理地组织计算机的工作流程，以防止对计算机资源的不当或错误使用。
- (3) **可扩展性**：为用户的开发搭建一个平台，允许修改、并引进新的功能。



## 1.2 操作系统的发展过程

1.2.1 第一代计算机(1946—1955)：真空管和插接板

1.2.2 第二代计算机(1955—1965)：晶体管和批处理系统

1.2.3 第三代计算机 (1965—1980)：集成电路和多道程序

1.2.4 第四代计算机 ( 1980-现在 ) : 大规模集成电路



## 1.2.1 第一代计算机(1946—1955): 真空管和插接板

1946年2月，世界上第一台电子计算机ENIAC在美国宾夕法尼亚大学诞生，直到50年代中期的计算机属于第一代计算机。

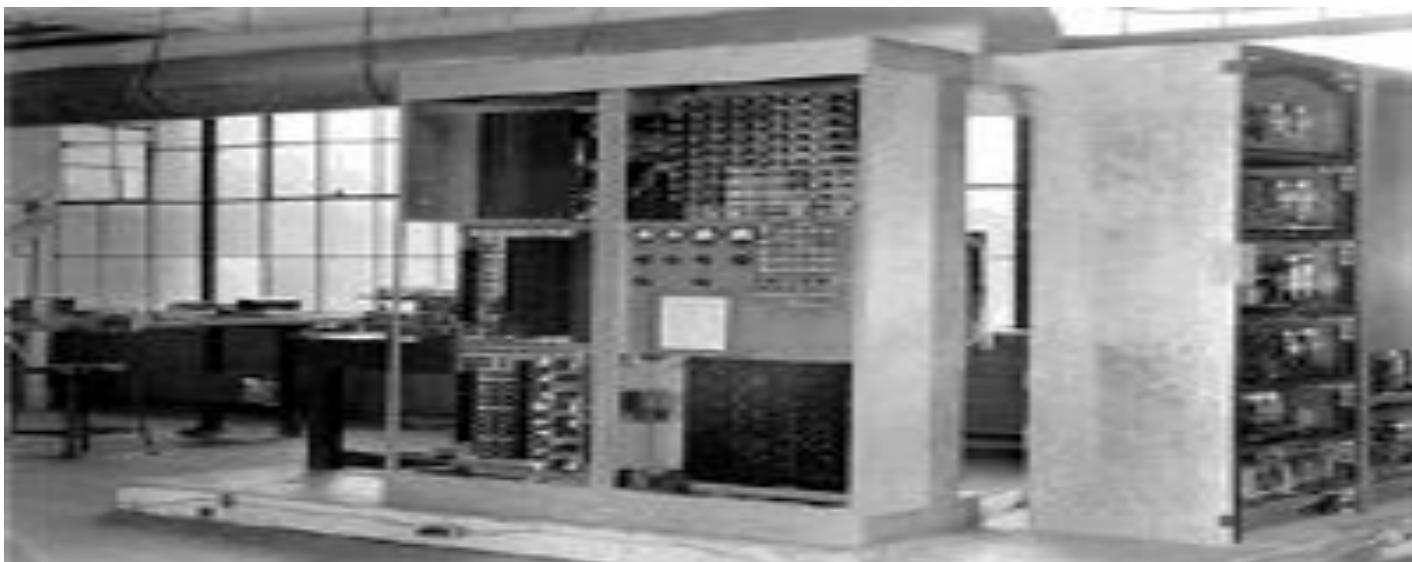
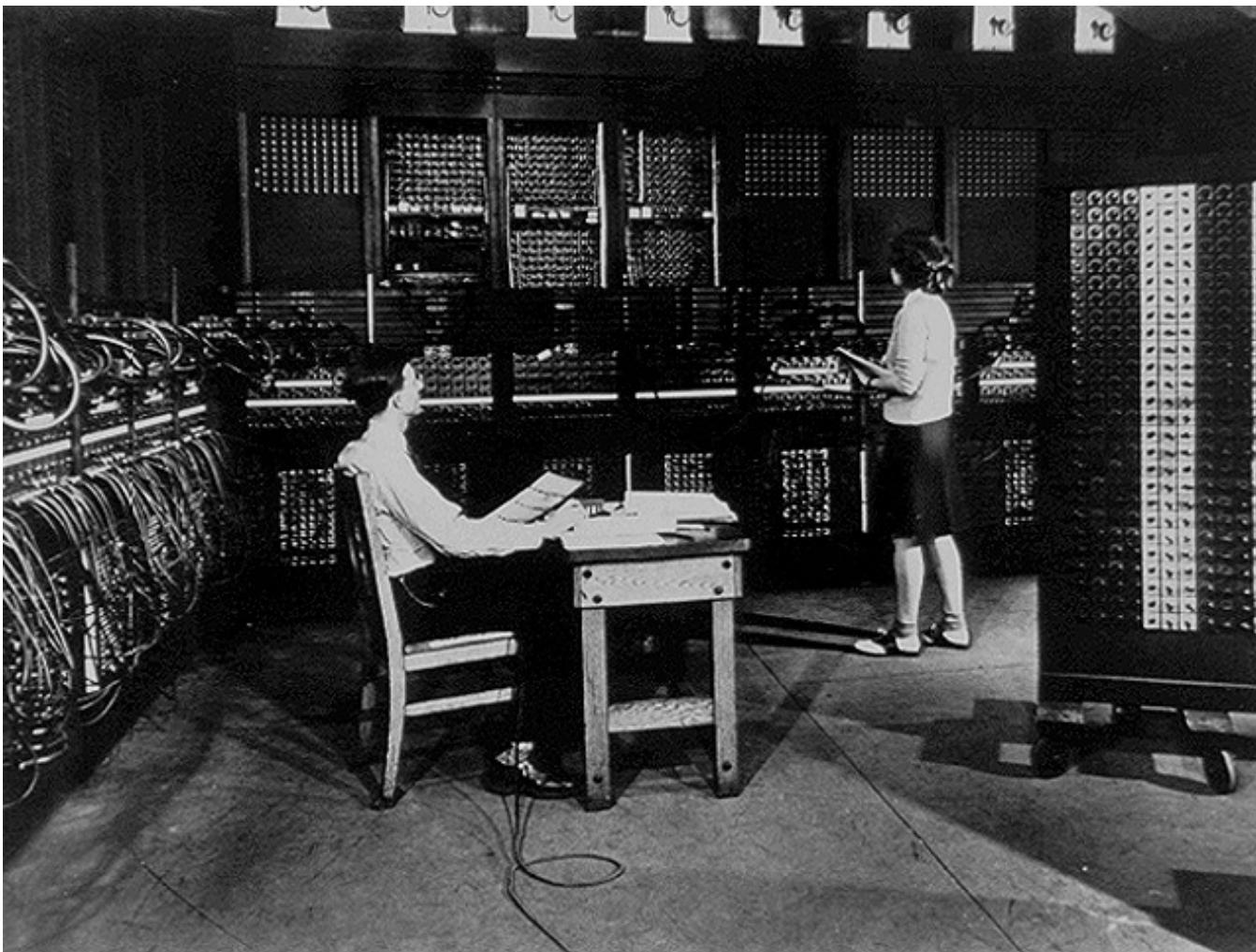


图1.2.1 世界第一台计算机ENIAC



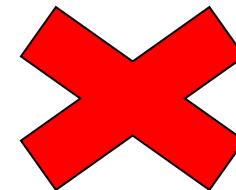
## 1.2.1 第一代计算机(1946—1955): 真空管和插接板





## 1.2.1 第一代计算机(1946—1955): 真空管和插接板

- 真空管和插接板时代的计算机尽管已经步入了现代计算机的范畴
  - 体积大、能耗高、故障多、价格贵
- 这一时期虽然已经有了程序的概念，但操作系统尚未出现。





## 1.2.2 第二代计算机(1955—1965)：

### 晶体管和批处理系统

1947年，Bell实验室的William B. Shockley、John Bardeen和Walter H. Brattain发明了晶体管。

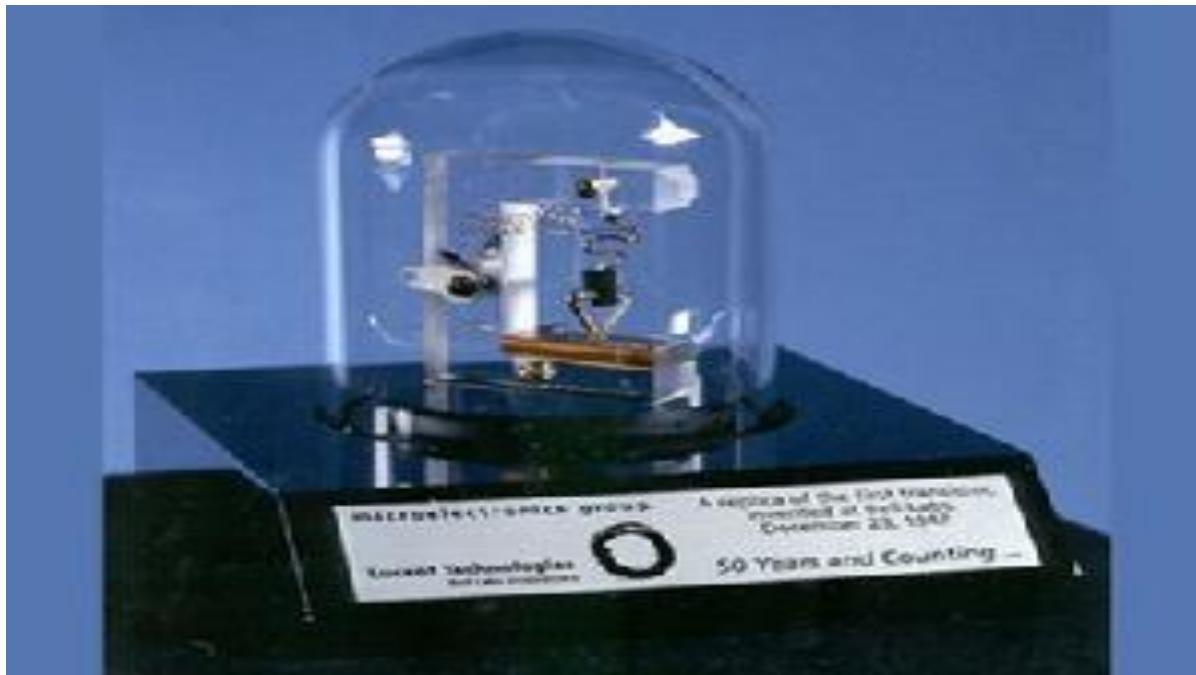


图1.2.2世界最早的晶体管



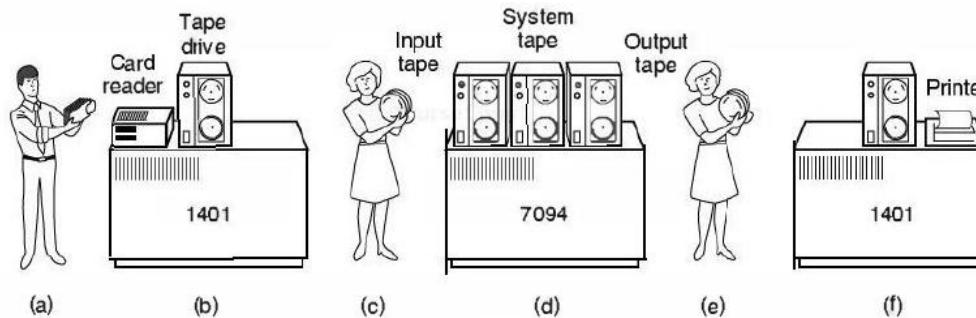
## 1.2.2 第二代计算机(1955—1965): 晶体管和批处理系统

- 晶体管的出现，使电子计算机找到了腾飞的起点。  
晶体管的体积比电子管小得多，不需要暖机时间，  
消耗能量较少，处理更迅速、可靠。
- 第二代计算机的程序语言从机器语言发展到汇编语  
言。后来，高级语言FORTRAN语言和COBOL语  
言相继开发出来并被广泛使用，极大地简化了程序  
员的工作。
- 这一阶段，开始使用磁盘和磁带作为辅助存储器。



## 1.2.2 第二代计算机(1955—1965): 晶体管和批处理系统

为了提高机器的利用率，出现了**批处理操作系统**的概念 (Batch system)



An early batch system. (a) Programmers bring cards to 1401. (b) 1401 reads batch of jobs onto tape. (c) Operator carries input tape to 7094. (d) 7094 does computing. (e) Operator carries output tape to 1401. (f) 1401 prints output.

第一个**批处理操作系统**是20世纪50年代中期由General Motors开发的，用于IBM701上；



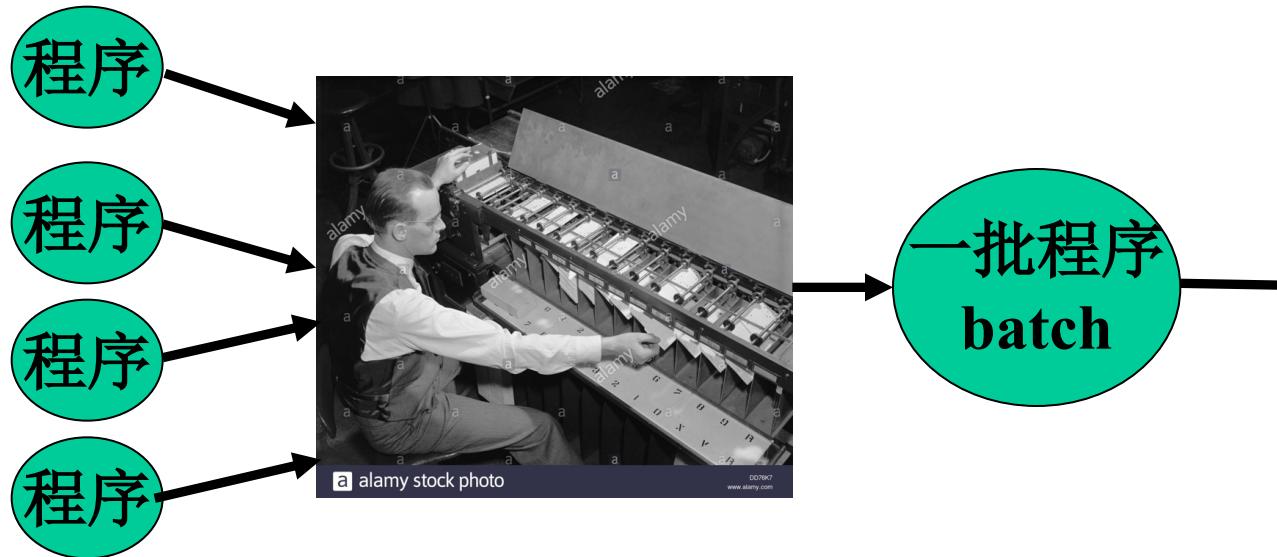
## 1.2.2 第二代计算机(1955—1965): 晶体管和批处理系统

**简单批处理的中心思想：**

使用一个称作**监控程序**的软件。通过使用这类软件，用户不再直接访问机器，而是把卡片或磁带中的作业提交给计算机操作员，由操作员把这些作业按顺序组织成一批，并将整个批作业放在输入设备上，供**监控程序调度**。每个作业处理完成处理后返回到**监控程序**，同时，**监控程序**自动加载下一个程序。



## 1.2.2 第二代计算机(1955—1965): 晶体管和批处理系统



根据在内存中允许存放的作业数，批处理系统又分为

- **单道批处理系统**
- **多道批处理系统**



## 1.2.3 第三代计算机(1965—1980): 集成电路和多道程序

第三代计算机的特点是用集成电路代替了分立元件，因此这段时期被称为“中小规模集成电路计算机时代”。

为了改进系统的利用率，提出了多道程序设计技术。多道程序设计技术是在计算机内存中同时存放几道相互独立的程序，它们在管理程序的控制下相互穿插地运行。

特征：

多道，宏观上并行，微观上串行。



# 多道程序设计技术

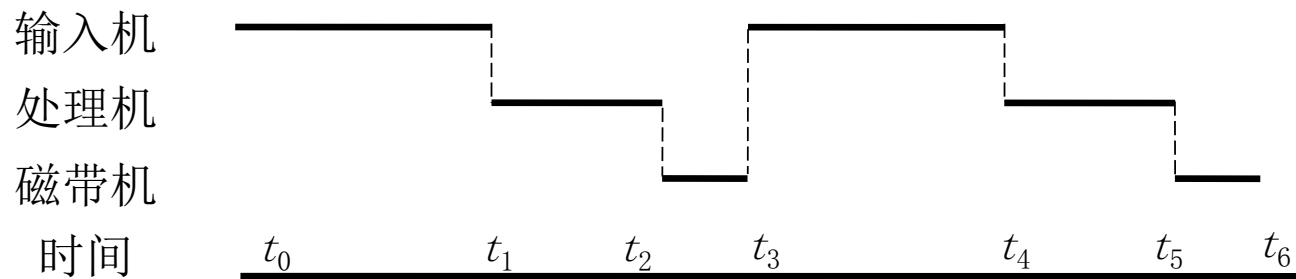


图1.2.3单道程序运行情况

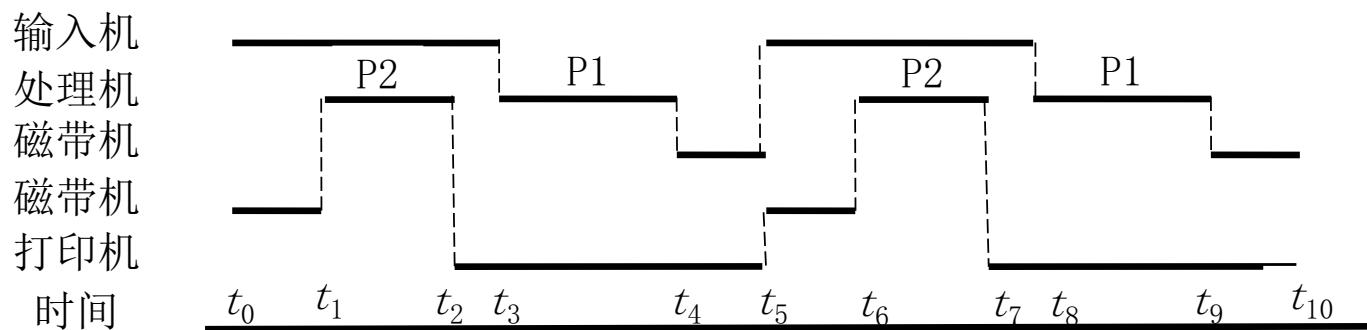


图1.2.4 两道程序运行情况



# SPOOLing

**SPOOLing** ( Simultaneous Peripheral Operation On-Line , 外部设备联机并行操作 ) , 是慢速字符设备与计算机主机交换信息的一种技术 , 称为 “**假脱机技术**” 。

它用一种物理设备模拟另一类物理设备 , 使各作业在执行期间只使用虚拟的设备 , 而不直接使用物理的独占设备。

这种技术可使独占的设备变成可共享的设备 , 使得设备的利用率和系统效率都能得到提高。



# 多道程序设计技术

## 多道批处理系统的优缺点：



**资源利用率高，系统吞量大。**



**平均运转周期长，无交互性。**



# 分时系统

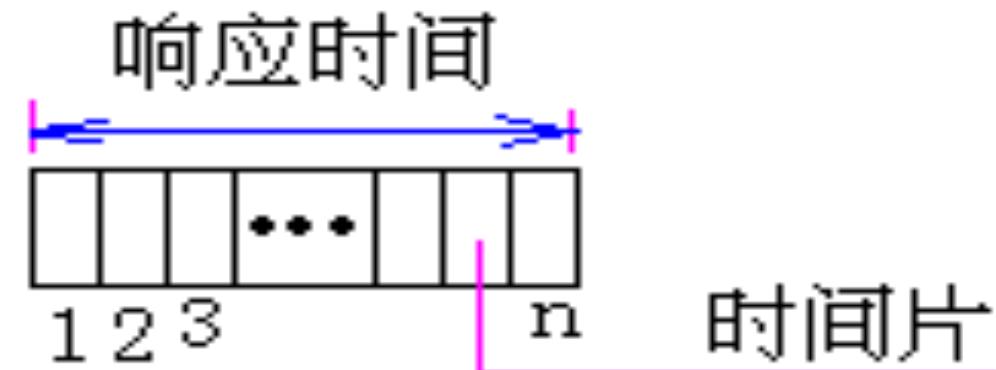
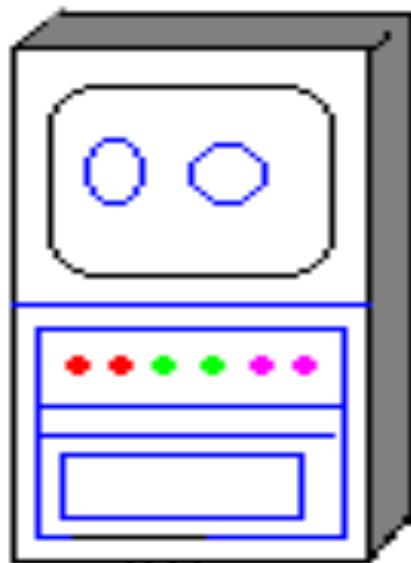
程序员们希望直接与计算机交互并及时得到响应，这种需求导致了**分时（TimeSharing）系统**的出现。

- **分时技术的思想：**
  - 把处理机的响应时间分成若干个大小相等（或不相等）的时间单位，称为**时间片**（如100毫秒），每个终端用户获得CPU，就等于获得一个时间片，该用户程序开始运行，当时间片到（用完），用户程序暂停运行，等待下一次运行。例如：学生上课。
- 分时的思想于1959年由MIT（麻省理工学院）正式提出，并在1962年开发出了第一个分时操作系统CTSS。UNIX操作系统是1969-1970年间研制成功的一个分时操作系统。



# 分时系统

主机



终端1



终端2



终端3

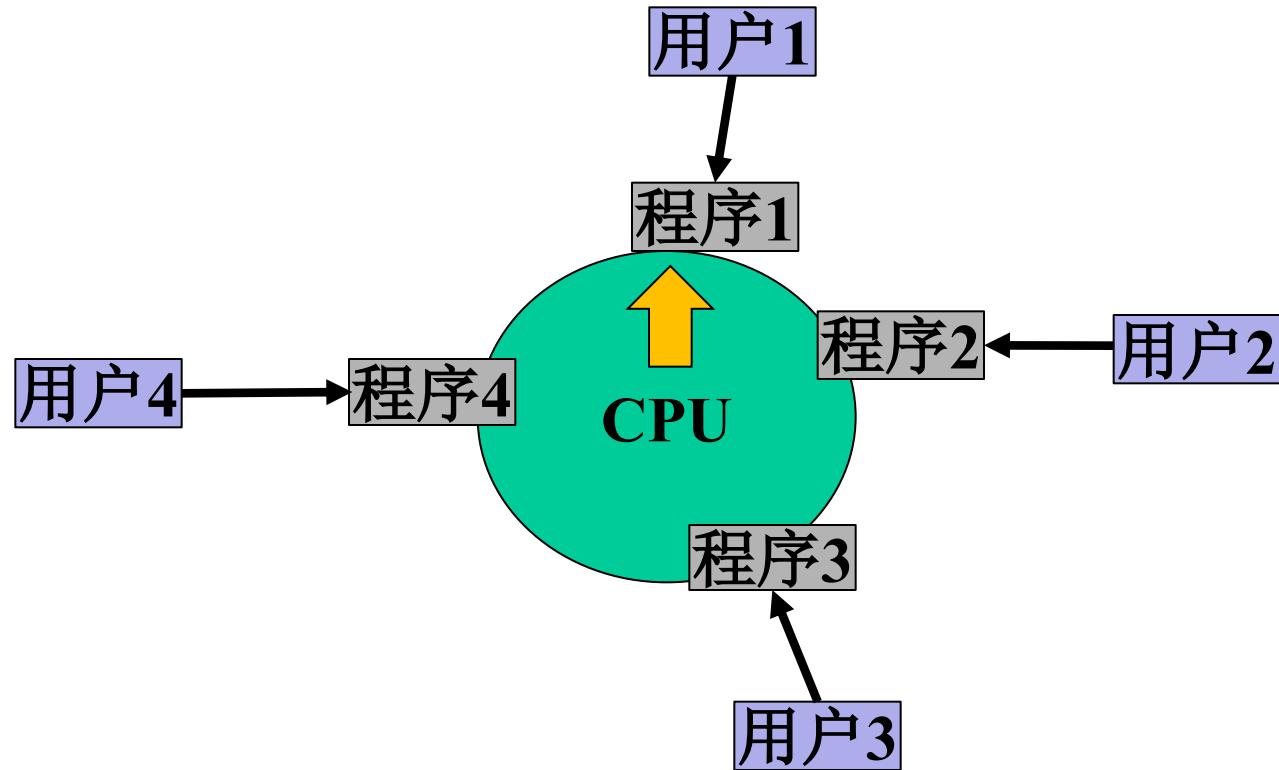


终端n



# 分时系统

分时  
系统





# 分时系统

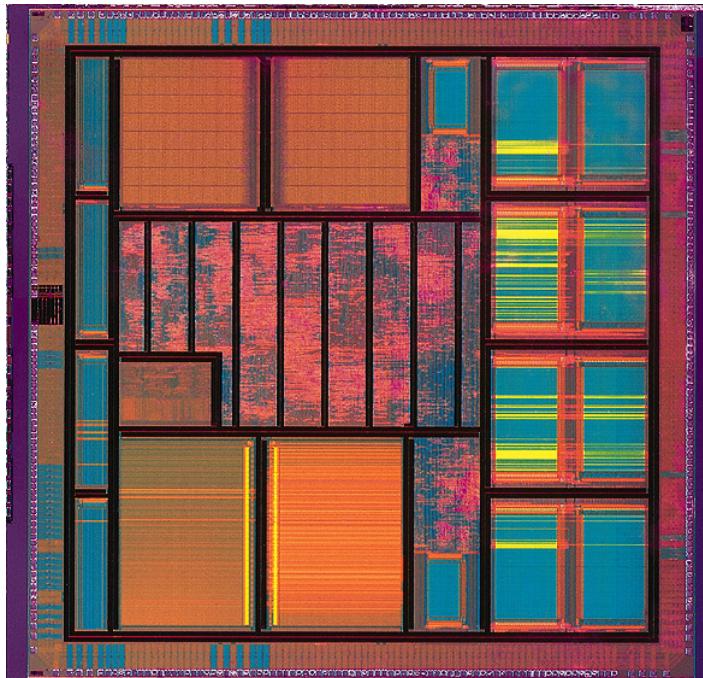
## 分时系统具有：

- **多路性**：指同时有多个用户使用一台计算机，宏观上看是多个人同时使用一个CPU，微观上是多个人在不同时刻轮流使用CPU。
- **交互性**：指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）。
- **独占性**：指用户感觉像整个系统为他所独占。  
**及时性**指系统对用户提出的请求及时响应。



## 1.2.4 第四代计算机（1980-现在）： 大规模集成电路

第四代计算机使用的是**大规模集成电路**  
( Large Scale Integrated Circuit , 简称LSI )  
和**超大规模集成电路** ( Very Large Scale  
Integrated Circuit , 简称VLSI )。





# 大型主机和超级计算机操作系统

- **大型机**（ mainframe，或者称大型主机）。大型机使用专用的处理器指令集、操作系统和应用软件。
- **超级计算机**（也称巨型机）通常是指由数百数千甚至更多的处理器（机）组成的、能计算普通PC机和服务器不能完成的大型复杂课题的计算机。

典型的大型主机操作系统有：IBM的MVS、OS/390、VSE等。



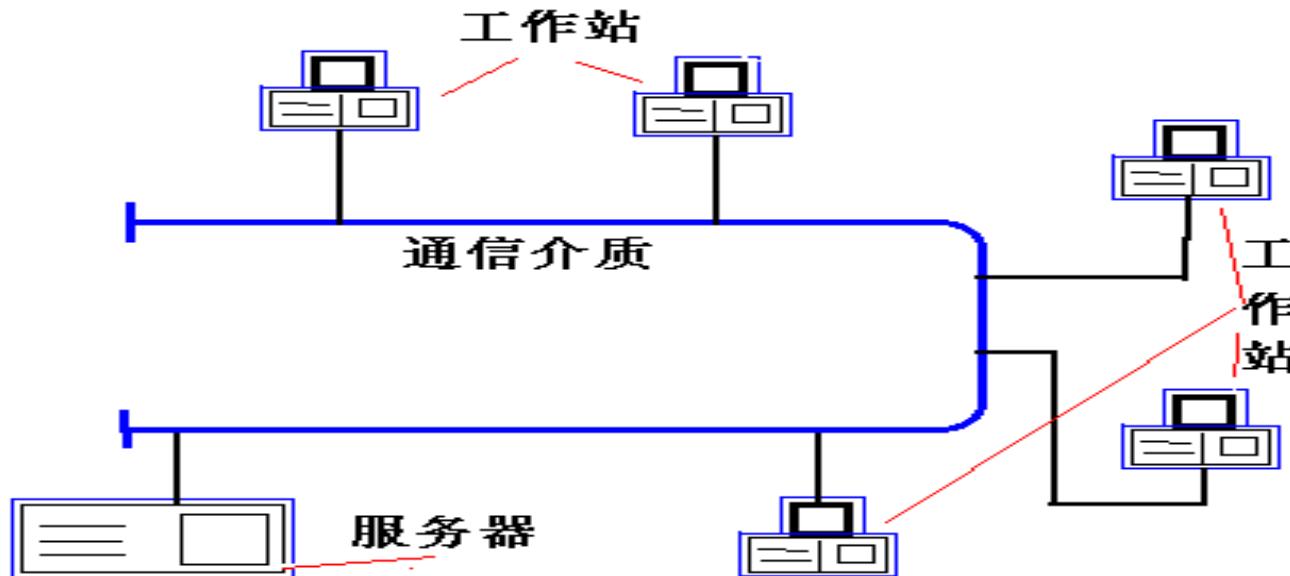
# 桌面系统

- 由Gary Kindall于1974年在Intel8080微机上开发的“微机控制程序（CP/M）”是微机平台上的第一个操作系统。
- 图形用户接口（Graphical User Interface，GUI）的开发使得计算机对于普通大众和职业用户而言更加易于使用，也进一步促进了计算机的普及。
- 如今，在操作系统中有两大阵营：Microsoft Windows系列和在UNIX基础上发展起来的Linux和macOS系统。



网络操作系统除了应具有通常操作系统所具有的处理机管理、存储器管理、设备管理和文件管理外还应具有以下两大功能：

- (1) 提供高效、可靠的网络通信能力；
- (2) 提供多种网络服务功能。





# 网络操作系统

**网络操作系统主要有三种工作模式：**

**( 1 ) 集中模式**

**( 2 ) 客户机/服务器 ( Client/Server ) 模式**

**( 3 ) 对等 ( Peer-to-Peer ) 模式**

**目前主要的网络操作系统：Windows、NetWare、UNIX和Linux等。**



# 分布式操作系统

- **分布式计算机系统**是指由多台分散的计算机，经网络连接而成的系统。每台计算机高度自治，又相互协同，能在系统范围内实现资源管理、任务分配，能并行地运行分布式程序。
- 用于管理分布式计算机系统的操作系统称**分布式操作系统**。



# 分布式操作系统

分布式操作系统应具有通常操作系统所具有的主要功能外，还有以下功能：

- (1) 分布式进程通信 (2) 分布式文件系统
- (3) 分布式进程迁移 (4) 分布式进程同步
- (5) 分布式进程死锁



# 分布式操作系统

分布式操作系统与网络操作系统相比，有以下不同：

(1) 在网络操作系统中，系统结构对用户是不透明的。需要通过网络服务器的名称来请求服务、获得资源。

(2) 在分布式系统中，系统结构对用户是透明的。只需通过服务的名称就可以请求服务、获得资源，而不需要服务器的名称。



# 嵌入式操作系统

- IEEE（国际电气和电子工程师协会）的定义，**嵌入式系统**是“控制、监视或者辅助装置、机器和设备运行的装置”。
- **嵌入式系统**是软件和硬件的综合体，还可以涵盖机械等附属装置。
- 与一般操作系统相比，**嵌入式操作系统**具有微型化、可定制、实时性、可靠性、易移植性等特点



# 嵌入式操作系统

- 嵌入式操作系统广泛应用于系统控制，数据采集、传输通信、多媒体信息（语音、视频影像处理）及关键要害领域等要求迅速响应的场合，对实时响应要求严格。
- 从应用角度可将嵌入式操作系统分为通用型嵌入式操作系统和专用型嵌入式操作系统。



# 手持系统

- 苹果计算机公司于1993年发布的Newton MessagePad宣告了**手持系统**时代的到来。
- 和桌面计算机相比，手持系统内存较小、显示屏较小、处理器运行速度较慢。
- 目前**手持系统**主要有Apple iOS、Android、symbian 、 Linux 、 Palm Blackberry 、 Windows Mobile等。



# 重要操作系统和人物

- CTSS
- OS/360
- OS/370
- Multics
- Unix (Xenix, Minix)
- MVS
- MS-DOS
- OS/390
- OS/2
- Windows
- NetWare
- Linux, Solaris, AIX, HP-UX

早

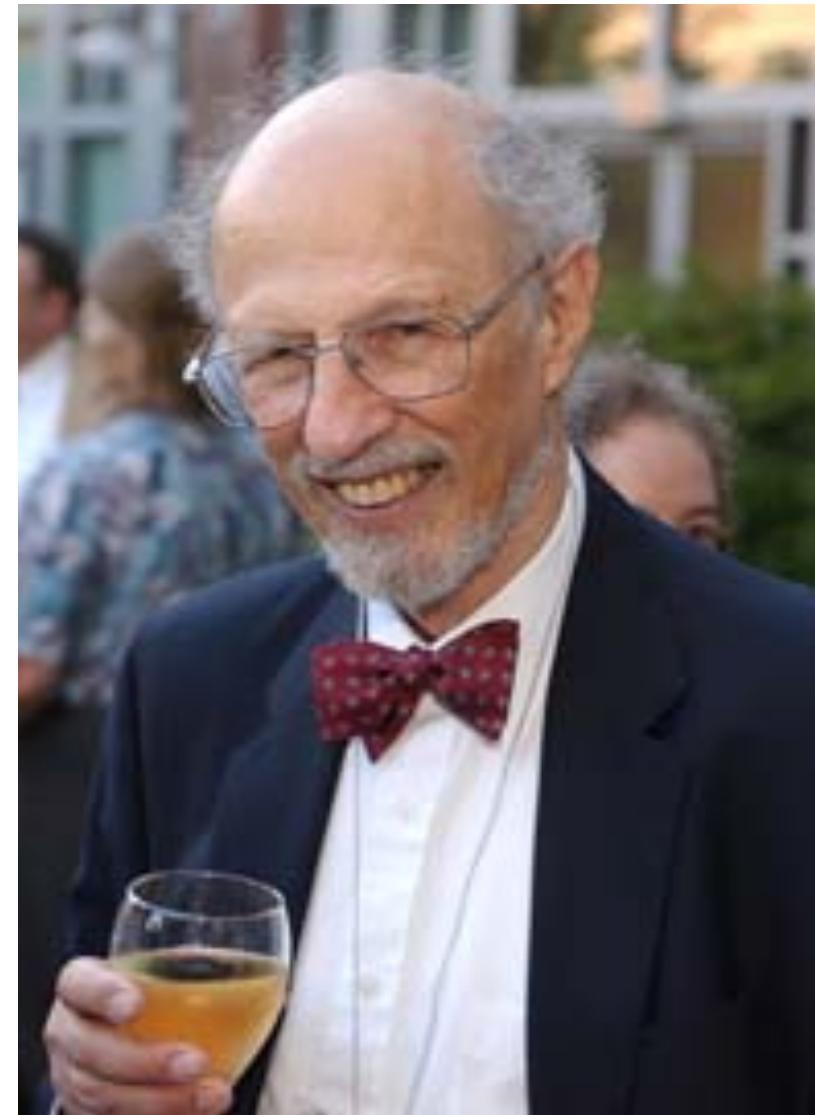
晚



# 重要操作系统和人物

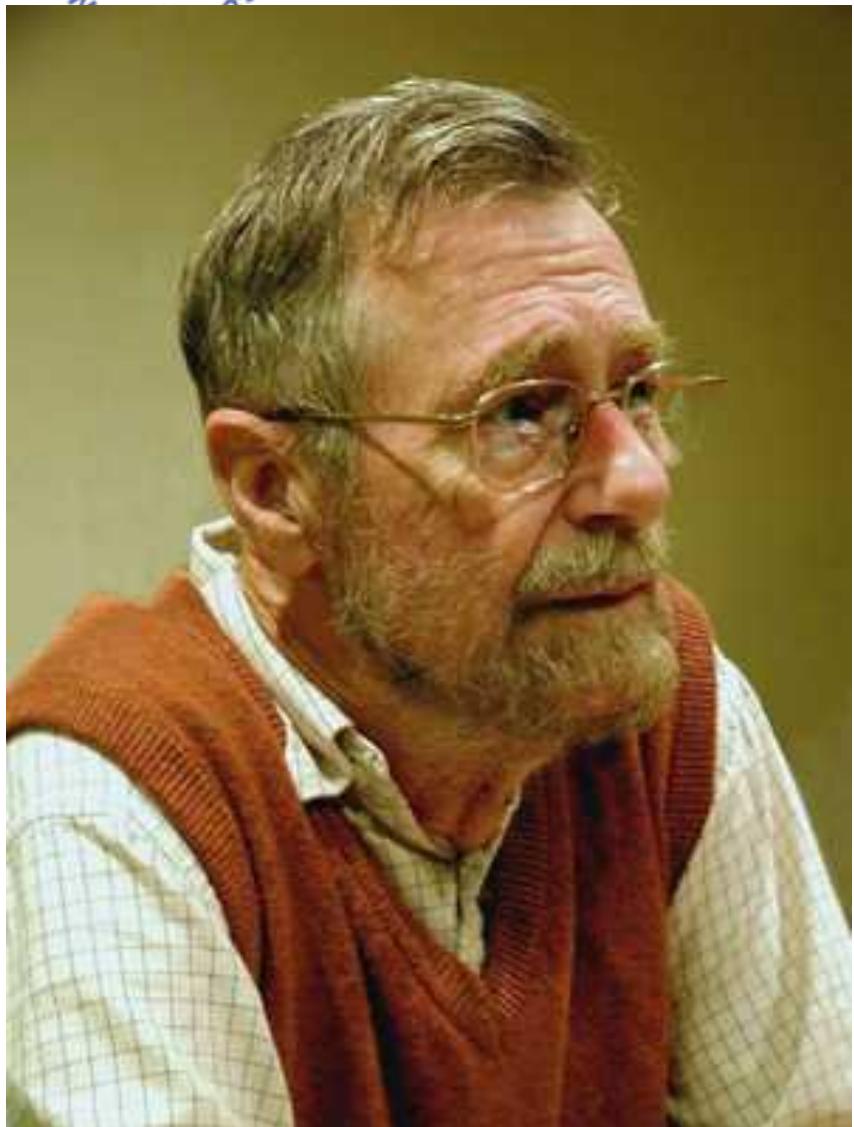
1961年 MIT在IBM7090  
上开发了分时操作系统  
CTSS。

Fernando Corbato  
美国科学家，1990年图  
灵奖获得者，分时操作系  
统理论的创立者，CTSS  
与Multics的领导者。



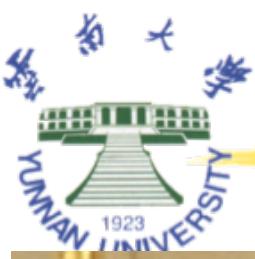


# 重要操作系统和人物

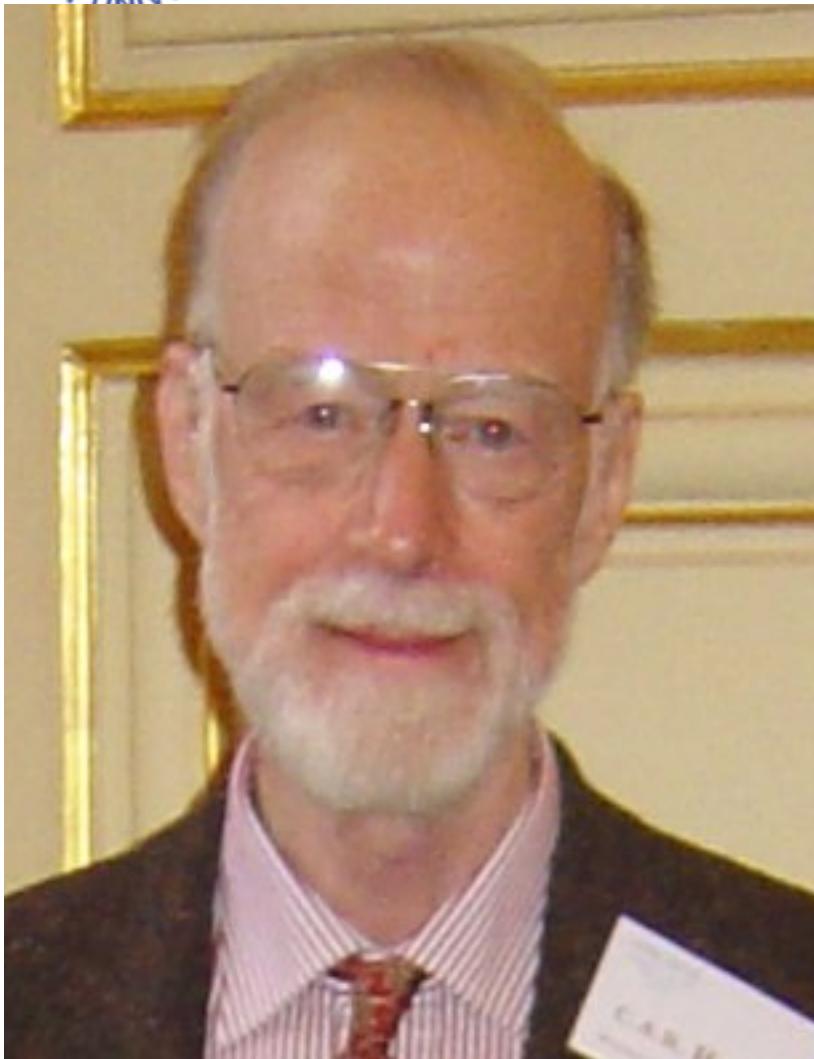


**Edsger W. Dijkstra**

**荷兰科学家，1972年图灵奖获得者，软件工程先驱，goto语句有害论、ALGOL 60编译器、多层次体系结构、进程同步、互斥、PV操作、最弱前置谓词理论的创立者。**



# 重要操作系统和人物



**C.A.Hoare**

**英国科学家，1980年图灵奖获得者，公理语义、Hoare逻辑、程序正确性证明、CSP、  
管程理论的创立者，软件自动化的奠基人。**



# 重要操作系统和人物



**Ken Thompson和Dennis Ritchie**

**美国科学家，1983年图灵奖获得者，1970年发明了UNIX，1972年又发明了C语言。**



# 重要操作系统和人物



**Niklaus Wirth**

瑞士科学家，1984年图灵奖获得者，  
PASCAL语言、结构化程序设计、MODULA、  
**进程概念**、EBNF的首创者。



# 重要操作系统和人物



徐家福教授•李彤摄于1987



杨芙清院士•李彤摄于1987

1978年，徐家福教授、  
杨芙清院士、仲萃豪研  
究员领导我国第一个国  
产高级语言XCY、国产  
操作系统XT-2的研发。



仲萃豪研究员•李彤摄于1987



# 重要操作系统和人物



**1991年**

**芬兰学生Linus Torvalds 开发了Linux操作系统后来开发了版本控制软件git，现在任然可以在GitHub上找到Linux系统的所有源文件**

**<https://github.com/torvalds/linux>**



# 1.3 操作系统的结构

**1.3.1 整体结构的操作系统**

**1.3.2 分层操作系统**

**1.3.3 微内核结构**



## 1.3.1 整体结构的操作系统

整体结构的操作系统没有明确的操作系统的结构定义和划分。

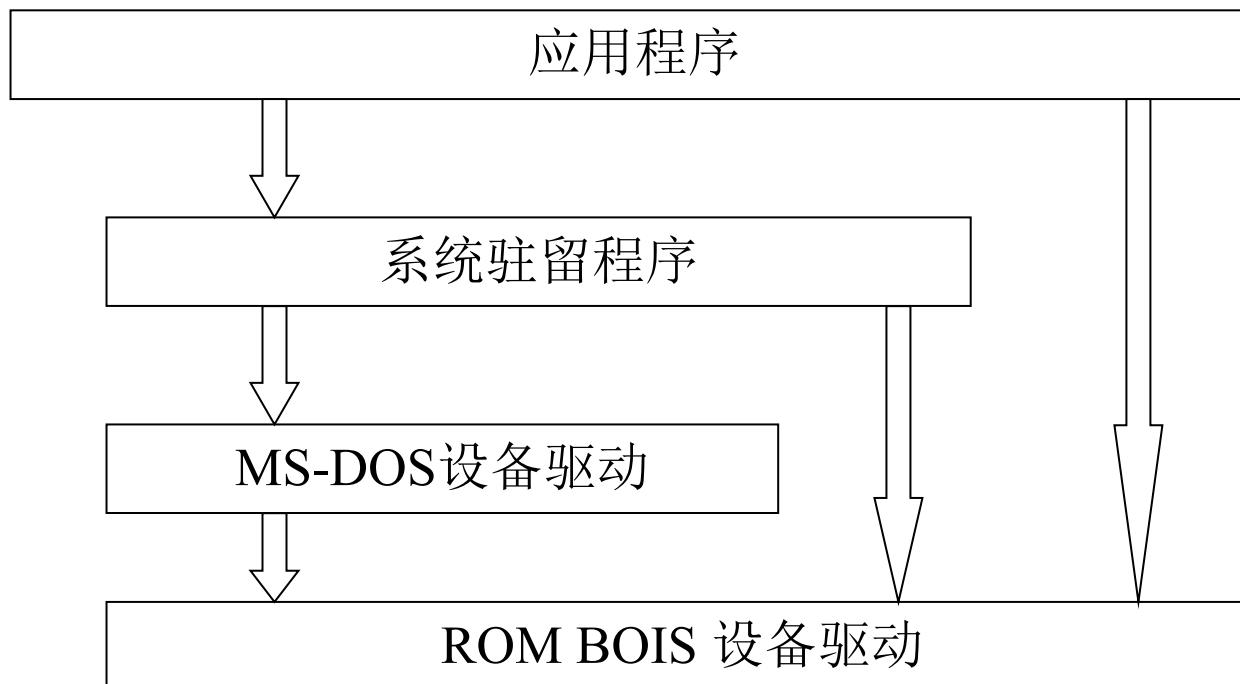


图1.3.1MS-DOS 层次结构



# 整体结构的优缺点

- **优点**：由于整体结构的操作系统的应用程序和底层硬件之间没有太多接口，所以这种类型的操作系统**结构紧密，接口简单直接，系统效率较高，具有良好的性能。**
- **缺点**：**模块独立性差，易形成复杂的调用关系，使得增强或维护这样的操作系统很困难，修改其中的一个模块将会影响到其他模块。**



## 1.3.2 分层操作系统

采取自顶向下的方法，把操作系统的所有功能模块，按功能流图的调用次序，分别将操作系统的模块分为多个互相叠加的**层次**，这些模块排列成若干层，各层之间的模块只能是**单向依赖或单向调用关系**，最底层（第0层）和底层硬件交互，而最高层（第N层）则为应用程序/用户提供接口。

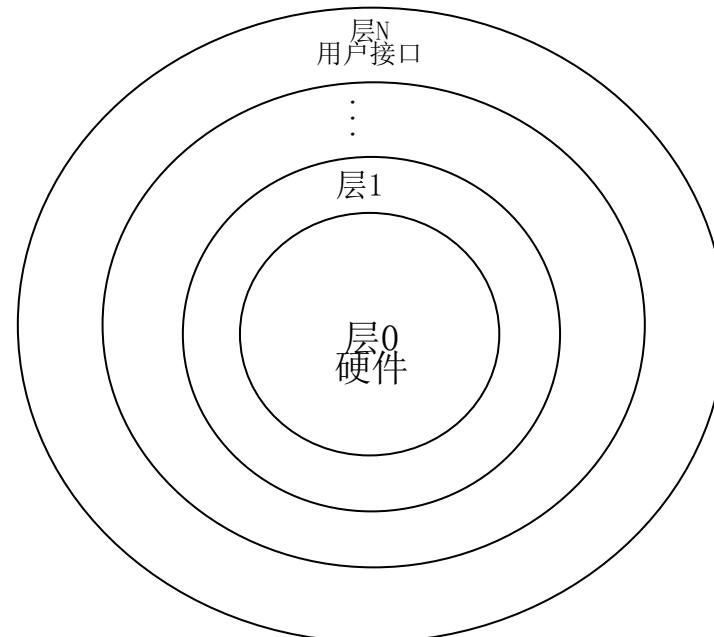


图1.3.2一种分层操作系统



# 层次结构的优缺点

## 优点

- ( 1 ) 把整体问题局部化
- ( 2 ) 可增加或替换掉一层而不影响其他层次，同时保持接口不变

## 缺点

- ( 1 ) 效率不高
- ( 2 ) 定义较为困难



### 1.3.3 微内核结构

在20世纪80年代中期，卡内基 - 梅隆大学的研究人员开发了第一个微内核模式的操作系统—Mach。

微内核（ micro-kernel ）**设计的思想**是：将操作系统划分成小的、定义良好的模块，但哪些模块应保留在内核内，而哪些在内核外实现，并没有定论。

微内核通常只提供了最基本的操作系统功能，如进程管理、通信原语和低级内存管理。



## 1.3.3 微内核结构

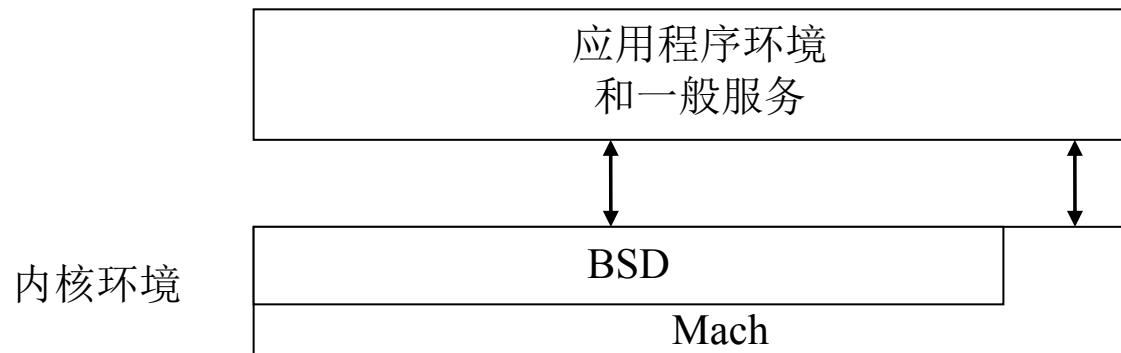


图1.3.3 Mach OS X结构

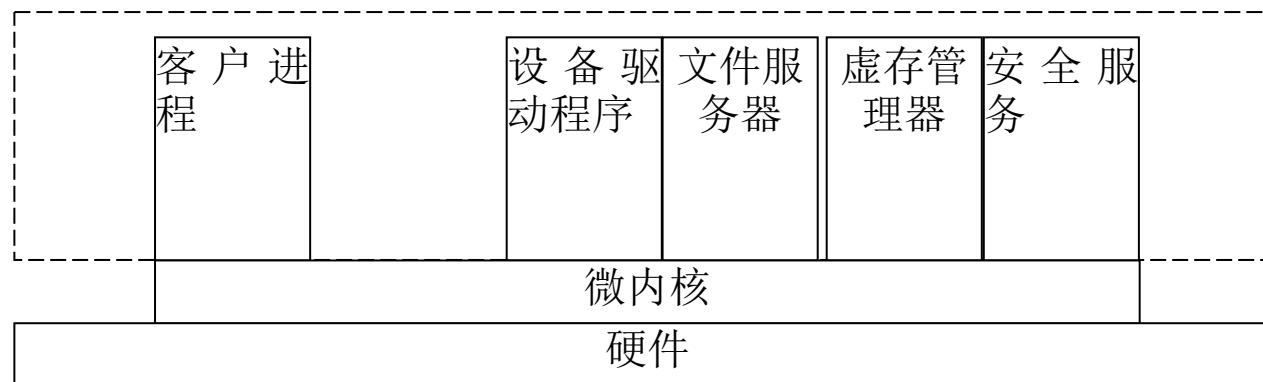


图1.3.4 微内核结构



# 微内核模式的优缺点

## 优点：

(1) 良好的扩充性 (2) 可靠性好

(3) 高灵活性 (4) 可移植性强

## 缺点：

在应用程序和不同服务器之间大量的消息传递会导致较大的系统开销，而且速度也比较慢。此外，有些内核仍然占据了大部分内存空间。



# 1.4 操作系统的特征

1.4.1 并发性 (Concurrency)

1.4.2 共享性 (Sharing)

1.4.3 异步性(Asynchronism)

1.4.4 虚拟性(virtuality)



## 1.4.1 并发性（Concurrency）

在多道程序环境下，**并发性**是指宏观上在一段时间内有多道程序在同时运行。但在单处理机系统中，每一时刻仅能执行一道程序，因此，微观上，这些程序是在交替执行的。

**并发性和并行性是两个既相似又有区别的概念：**

**并行性**：两个或两个以上的事件或活动在同一时刻发生。

**并发性**：两个或多个事件在同一时间间隔内发生。



## 1.4.1 并发性 (Concurrency)

**并行**的事件或者活动一定是**并发**的，但是反之并发的事件或者活动未必是并行的。**并行性是并发**性的特例，而**并发性是并行性的拓展**。

然而，我们通常所指的程序是一个静态实体，它们是不能并发执行的。因此，为了使程序能并发执行，系统需分别为每个程序建立进程。**进程又称**为**任务**，是指系统中能独立运行并作为资源分配的基本单位，它是一个活动的实体。



## 1.4.2 共享性 (Sharing)

**共享**是指操作系统中的资源可被多个并发执行的进程共同使用。

资源共享的方式：

(1) **互斥访问**：系统中的某些资源虽然可提供给多个进程使用，但在同一时间内却只允许一个进程访问这些资源。仅当该进程访问完毕并释放资源后，才允许另一进程访问该资源。

(2) **同时访问**：允许同一时间内多个进程对它们进行访问



## 1.4.3 异步性(Asynchronism)

- **异步性**，也称**随机性、不确定性**。指在操作系统控制下多个进程的执行次序和每个进程的执行时间是不确定的。
- 例如，
  - 同一组进程（P1、P2、P3），两次或多次运行的执行序列可能是不同的，第一次可能是P1、P2、P3；第二次可能是P2、P1、P3。



## 1.4.3 异步性(Asynchronism)

- 操作系统表现出的这种异步性是因为在多道程序环境中，允许多个进程**并发执行**。但由于资源有限而进程众多，多数情况下，进程的执行不是一貫到底，而是“走走停停”。
- 异步性给系统带来了潜在的危险，有可能导致进程产生与时间有关的错误。因此，操作系统的一个**重要任务**是确保捕捉到任何一种随机事件，正确处理可能发生的随机事件或事件序列。只要运行环境相同，操作系统必须保证**多次运行的同一进程，都会获得完全相同的结果**。



## 1.4.4 虚拟性(virtuality)

**虚拟性**是指操作系统中的一种**管理技术**，它是把物理上的一个实体变成逻辑上的多个对应物，或把物理上的多个实体变成逻辑上的一个对应物的技术。

采用虚拟技术的目的是为用户提供易于使用、方便高效的操作环境。



## 1.4.4 虚拟性(virtuality)

例如：

- SPOOLing 技术可把物理上的一台独占设备变成逻辑上的多台虚拟设备；
- 窗口技术可把一个物理屏幕变成逻辑上的多个虚拟屏幕；
- 通过时分或频分多路复用技术可以把一个物理信道变成多个逻辑信道；
- 虚拟存储器则是把物理上的多个存储器（主存和辅存）变成逻辑上的一个存储器（虚存）的例子。



# 1.5 UNIX 系统简介

Tell me and I forget, teach me and I  
remember, involve me and I learn.

-Benjamin Franklin

课程中将以UNIX SystemV系统为范本讲解操作  
系统中的不同部分



## 1.5.1 UNIX综述

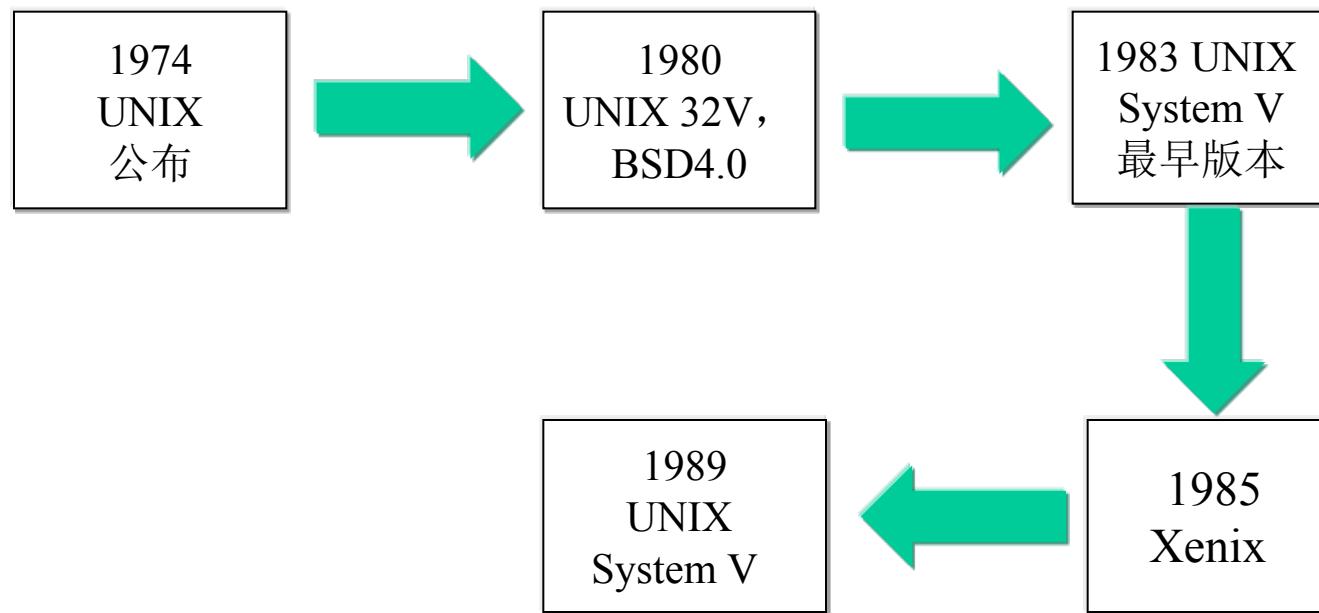


图1.5.1 UNIX发展历程



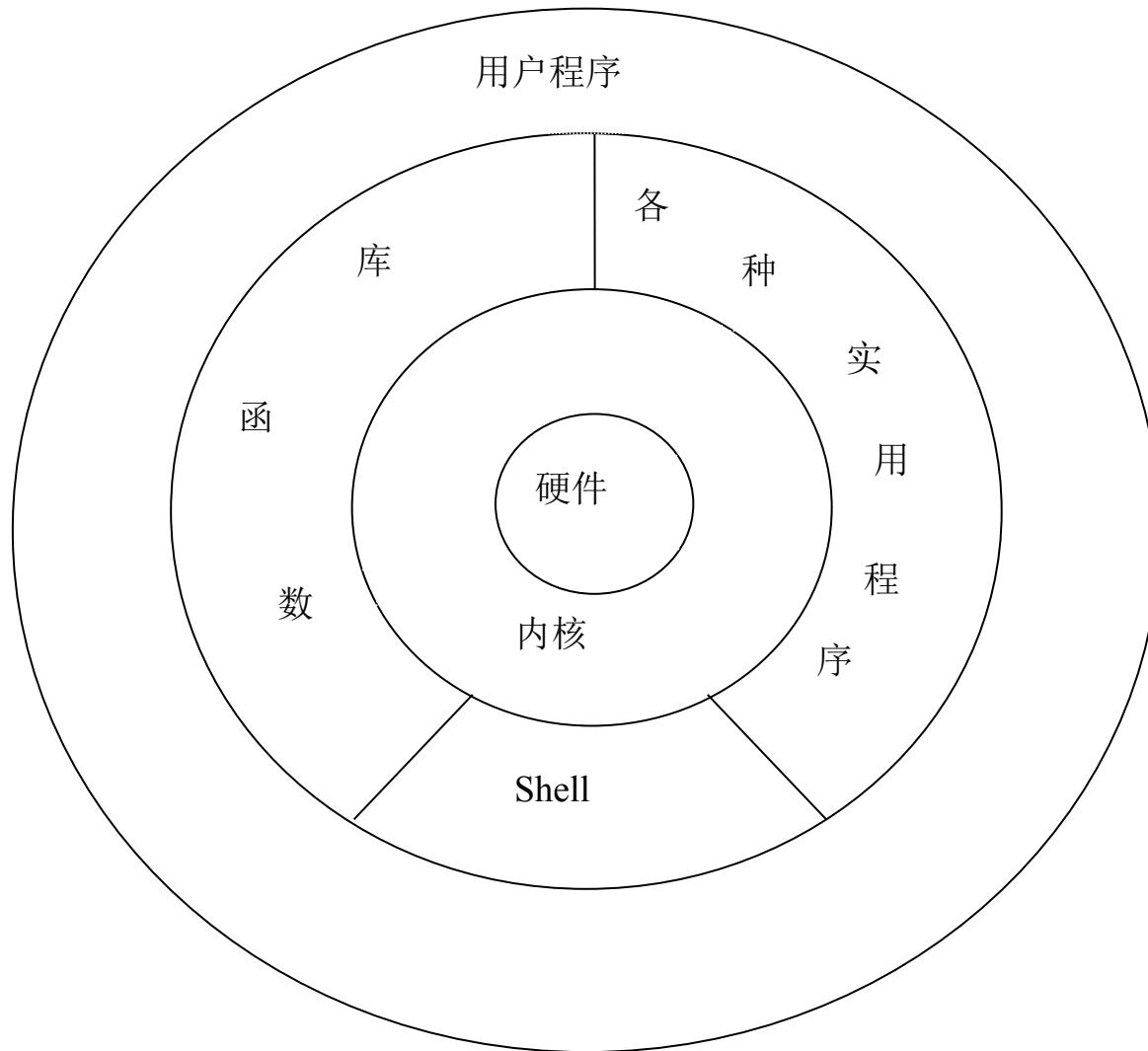
## 1.5.1 UNIX综述

### UNIX特点

- 1 . 短小精悍的内核，强大的系统功能
- 2 . 良好的可移植性
- 3 . 树形结构的文件系统
- 4 . 统一看待外设和文件
- 5 . I/O重定向和管道
- 6 . 良好的用户接口
- 7 . 开放式的操作系统
- 8 . 强有力的软件开发环境
- 9 . 丰富的实用程序



# UNIX分层体系结构





## 1.5.2 UNIX 内核功能

- UNIX内核是UNIX系统的核心部分，它是机器硬件的第一层扩展，构成了第一层虚拟机。
- 从系统构成的角度我们可将UNIX系统大致看成三级：**用户级、核心级、硬件级。**



## 1.5.2 UNIX 内核功能

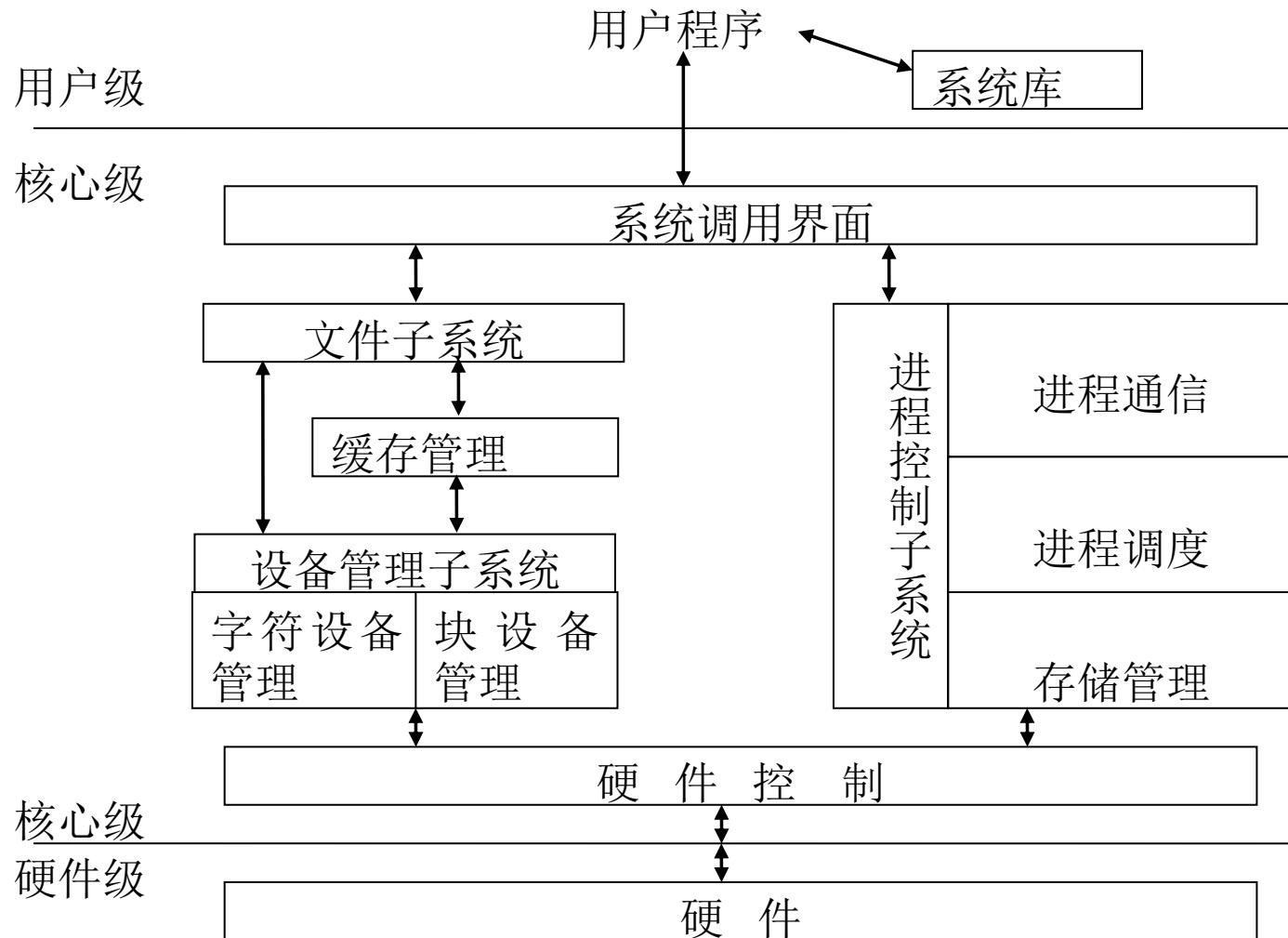


图 1.5.3 UNIX 内核结构



# UNIX 内核功能简述

1 . **文件子系统**负责管理文件。具体功能有：

- (1) 空闲文件存储空间的管理；
- (2) 为文件分配文件存储空间；
- (3) 回收文件释放的文件存储空间；
- (4) 文件存取控制；
- (5) 搜索文件；
- (6) 为用户提供系统调用服。



# UNIX 内核功能简述

2. 进程控制子系统负责进程的管理。具体功能为：

- (1) 进程的创建；
- (2) 进程的调度；
- (3) 进程间的通信；
- (4) 进程间的同步控制。

3. 设备管理子系统完成进程和外设间数据交换的功能。



# UNIX 内核功能简述

4 . 存储管理子系统负责内存的管理。具体功能为：

- (1) 管理内存的空闲空间；
- (2) 对交换区空间进行管理；
- (3) 对虚拟存储空间进行管理。



# 本章小结

- 操作系统的定义、功能
- 操作系统的发展历程
- 操作系统的结构
- 并发性、共享性、异步性、虚拟性
- UNIX系统简介
- UNIX内核功能



# 习题

p21 : 1、2、3、5、6