



深圳大学
Shenzhen University

操作系统

第一讲 操作系统引论

谭舜泉

计算机软件学院

联系方式:

- 姓名: 谭舜泉
 - 办公室: 计软学院935
(周二**3:00-5:0**, **office hour**)
 - Email地址: tansq@szu.edu.cn
- 如有任何问题, 欢迎随时和我联系!



操作系统课程的教学目的

- 掌握操作系统的基本概念，原理和方法。
- 了解现代计算机系统是如何工作的，具有初步分析、设计操作系统的能力。
- 提高学生使用汇编语言及C语言进行系统核心编程的能力。



操作系统教学的内容选择



Schedule

- 操作系统引论 (4)
- 进程管理 (12)
- 处理机调度与死锁 (10)
- 存储器管理 (12)
- 设备管理 (6)
- 文件系统 (9)
- 其他操作系统介绍 (1)



Experiment Schedule

序号	实验项目名称	实验内容	实验要求	实验时数	每组人数	实验类型
1	并发程序设计	并发进程控制源代码分析及编程实践	必做	4	1	验证
2	处理机调度	处理机调度源代码分析及编程实践	必做	4	1	设计
3	综合实验一	结合理论分析操作系统源代码	必做	14	1	综合
4	内存分配与回收	内存分配与回收源代码分析及编程实践	必做	4	1	设计
5	文件管理	文件管理源代码分析及编程实践	必做	2	1	验证
6	综合实验二	综合运用所学专业知 识完成操作系统子系统的 设计	必做	6	1	设计



Experiment Schedule

周次	周学时	主 要 教 学 内 容	习题课或实验课内容
1	2+2	操作系统引论	综合实验一（1）
2	2+2	进程描述、进程控制、进程同步	综合实验一（2）
3	2+2	经典同步问题	实验 1：并发程序设计（1）
4	2+2	进程通信、线程	综合实验一（3）



Experiment Schedule

5	2+2	进程管理总结、实例	实验 1: 并发程序设计 (2)
6	2+2	多处理机调度	综合实验一 (4)
7	2+2	处理机调度概念及算法、实时调度	实验 2: 处理机调度 (1)
8	2+2	多处理机调度 (并行处理)、死锁及其对策	综合实验一 (5)
9	2+2	连续分配存储管理方式	实验 2: 处理机调度 (2)
10	2+2	基本分页存储管理方式 基本分段存储管理方式、虚拟存储器	综合实验一 (6)
11	2+2	请求分页存储管理	实验 3: 内存分配与回收 (1)



Experiment Schedule

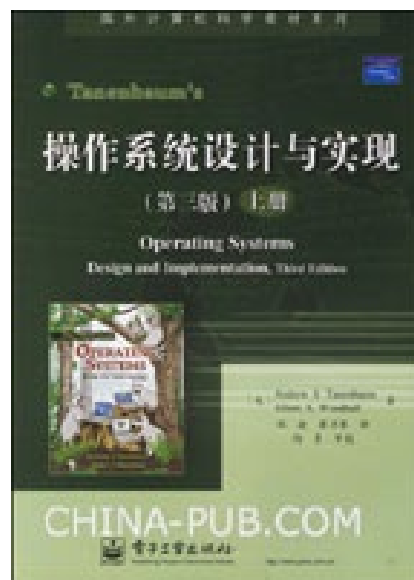
12	2+2	页面置换算法 I/O 设备管理	综合实验一 (7)
13	2+2	缓冲管理、设备分配及处理	综合实验二 (1)
14	2+2	磁盘存储器管理 文件系统和文件逻辑结构	实验 3: 内存分配与回收 (2)
15	2+2	外存分配方式	实验 4: 文件管理
16	2+2	目录管理、文件存储空间管理 文件存储空间管理	综合实验二 (2)
17	2+2	文件共享与保护、数据一致性、系统安全性	综合实验二 (3)

推荐参考书

■ 操作系统设计与实现(第三版)

□ OPERATING SYSTEMS DESIGN AND IMPLEMENTATION (3RD EDITION)

□ Author: ANDREW S.TANENBAUM; ALBERT S.WOODHULL



深圳大学
Shenzhen University

教学方法

■ 36学时课堂讲授， 36学时上机安排

- 程序设计课程需要较多的实践练习，因此同学们需要额外的大约80-90小时的课外编程学习时间。

■ 考试评估方法

- 期末考试 70%，平时作业、实验 (实验报告)20%，考勤、课堂表现10%。

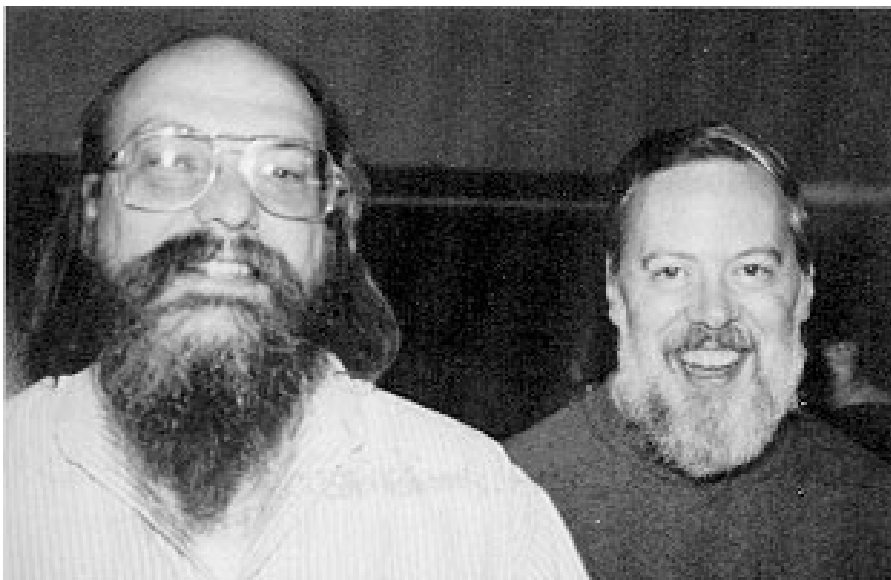


操作系统概览



Unix and Unix-like systems

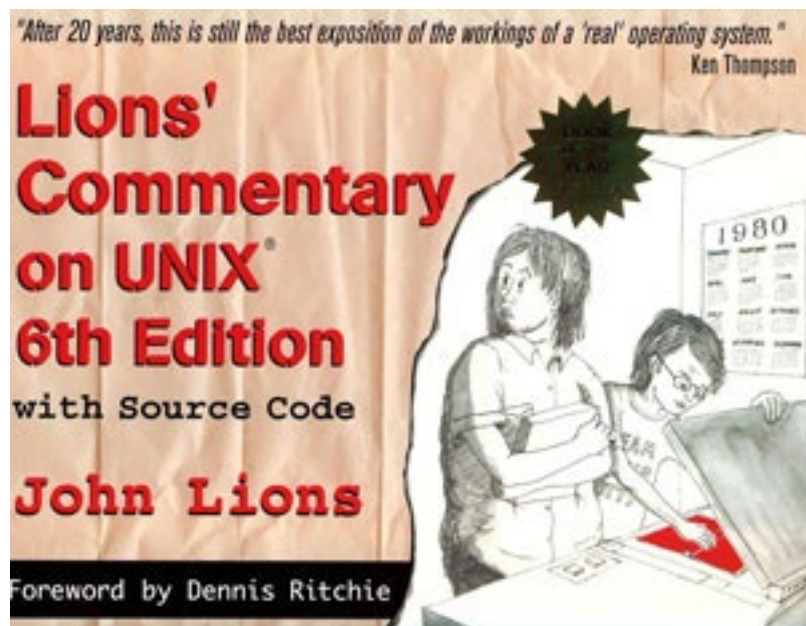
- Unix最初于1969年由AT&T的贝尔实验室中的研究人员Ken Thompson和Dennis Ritchie开发。
- 1971年，Thompson和Ritchie发明了C语言，并于1973年用C语言重写了Unix。
- 在1983年，Thompson和Ritchie由于他们对操作系统理论所作的贡献，以及Unix的开发，获得了图灵奖。



深圳大学
Shenzhen University

Unix and Unix-like systems

- 1975年推出的Unix版本6在政府、商业公司和大学广泛流行。AT&T提供了Unix的源代码。澳洲新南威尔士大学的John Lions根据这份源代码写出了经典的《莱昂氏UNIX源代码分析》。



深圳大学
Shenzhen University

Unix and Unix-like systems

- 1982年，AT&T发布了Unix System V. 这个新的Unix商业版本不再包含源代码。
- 加州大学伯克莱分校从1974年开始使用、研究Unix系统。
 - 1977年，Bill Joy，一个研究生推出了BSD1（Berkeley Software Distribution）。这是Unix V6的一个扩展版本。
 - 80年代伯克莱分校继续开发免费的BSD Unix。BSD对Unix最重要的贡献之一是TCP/IP。BSD TCP/IP代码还在被包括Windows在内的所有现代操作系统使用。Berkeley Socket API是网络编程的事实上的标准API。



Bill Joy

- Bill Joy在伯克莱分校读研期间领导开发了BSD操作系统。除了BSD之外，他引人注目的贡献还包括vi、NFS和CShell。
- 1982年，Joy创建了Sun公司，设计了Sparc微处理器，并将之前自己领导开发的BSD继续发展成为Solaris操作系统。主导了JAVA的开发。



Unix and Unix-like systems

- 1988年，整合了BSD和System V的IEEE POSIX标准推出。
- 1990年，AT&T和Sun公司联合，把4.3BSD，Xenix（微软为微型计算机推出的Unix版本）和SunOS（Bill Joy在BSD基础上开发的Unix版本）结合起来，推出了**Unix System V Release 4**。这是商业上最成功的Unix系统，
- 基于SPARC平台的Release 4，由Sun公司开发，被命名为SunOS5.x，或Solaris 2。
- Release 4发布后不久，AT&T将Unix出售给**Novell**，Novell期望以此来对抗微软的Windows NT，但其核心市场遭遇沉重打击。最终Unix代码辗转到了**SCO**。



Unix and Unix-like systems

- 1986年，伯克莱分校发布了4.3BSD。到此为止，所有的BSD版本都混合了专属的AT&T Unix代码。因此伯克莱分校的师生开始用自己的代码替换掉AT&T的代码。推出了386BSD。386BSD的推出很快使得伯克莱分校陷入了版权法律诉讼。
- 这次诉讼1992年正式开始，1994年1月了结。最终1994年6月，伯克莱分校以BSD协议发布了不包含AT&T源码的4.4BSD-Lite。在此基础上衍生出了FreeBSD、NetBSD、OpenBSD等BSD系操作系统。
- 这关键两年的拖延，导致没有法律问题的Linux内核获得了极大的支持。Linus曾说过，如果那时候386BSD可以自由使用的话，他很可能就不会创造Linux。



Unix and Unix-like systems

- 1983年，RMS创立了GNU计划。这个计划的目标是开发一个完全自由的**Unix-like**操作系统。到了1990年代早期。该操作系统的大部分模块都齐备了（包括编程库、编译器、**Shell**和**Window**系统）。但核心模块**Hurd**却难产。
- Linus曾说过，if the GNU kernel had been available at the time (1991), he would not have decided to write his own.



Unix and Unix-like systems

- In 1991 while attending the University of Helsinki, **Torvalds**, curious about the operating systems and **frustrated by the licensing of MINIX** limiting it to educational use only (which prevented any commercial use) began to work on his own operating system which eventually **became the Linux kernel**.
- On 25 August 1991, he announced this system on the newsgroup “comp.os.minix”:
 - Hello everybody out there using minix- I'm doing **a (free) operation system** (just a hobby, won't be big and professional like gnu) for 386(486) AT clones.



Unix and Unix-like systems

- Linux核心基于GPL，遵从POSIX规范。
- 最初的Linux核心仅有10000行代码。2007年的一项研究指出，Debian4.0已经包含两亿八千三百万行代码。现在有超过600个Linux发行版，其中包括超过300个活跃的发行版。
- Linux最初只能运行于x86系统，现在已可用于从个人电脑到超级计算机，甚至包括嵌入式系统在内的各种硬件设备。



Linux 内核代码行数达到 2700 万行量级

- phoronix网站统计了Linux内核在进入2020年时的一些源码数据并作了总结，从统计数据来看：
 - Linux内核源码行数总量共有27852148行
 - 大约21074位不同的作者参与内核的开发
 - 2780万行代码分布在66492个文件中
- 在2005 ~ 2019 年期间，Linux 内核代码提交量第一人，每一年都是 Linus Torvalds
- 参与贡献的公司，从域名统计来看，谷歌(将近10%)、Intel(将近 6%)与Red Hat(5.3%)排在了最前列。

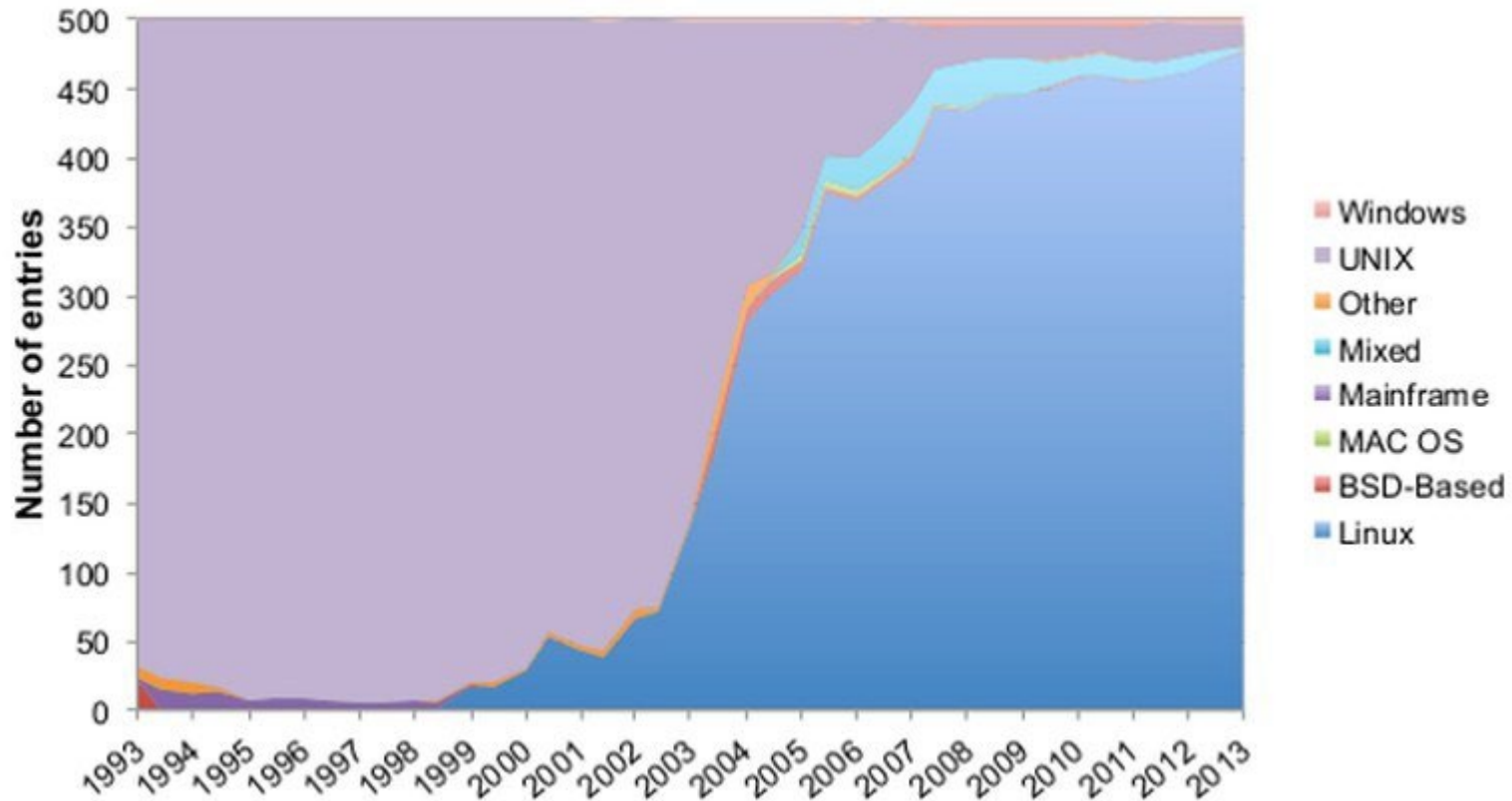


Power of Linux

- As of November 2017, all supercomputers on the 500 list run some variant of Linux.。



Power of Linux



Power of Linux

To give you a year wise summary of Linux shares on the top 500 supercomputers:

- In 2012: 94%
- In 2013: 95%
- In 2014: 97%
- In 2015: 97.2%
- In 2016: 99.6%
- In 2017: 99.6%
- In 2018: 100%
- In 2019: 100%
- In 2020: 100%



Unix and Unix-like systems

GNU/Linux
The Soft Revolution



GNU/Linux is a combination of GNU and Linux. GNU is a free operating system developed by the Free Software Foundation. Linux is a free operating system kernel developed by Linus Torvalds. The combination of GNU and Linux is a free operating system. The GNU/Linux project is a collaboration between the Free Software Foundation and Linus Torvalds. The GNU/Linux project is a collaboration between the Free Software Foundation and Linus Torvalds. The GNU/Linux project is a collaboration between the Free Software Foundation and Linus Torvalds.



深圳大学
Shenzhen University

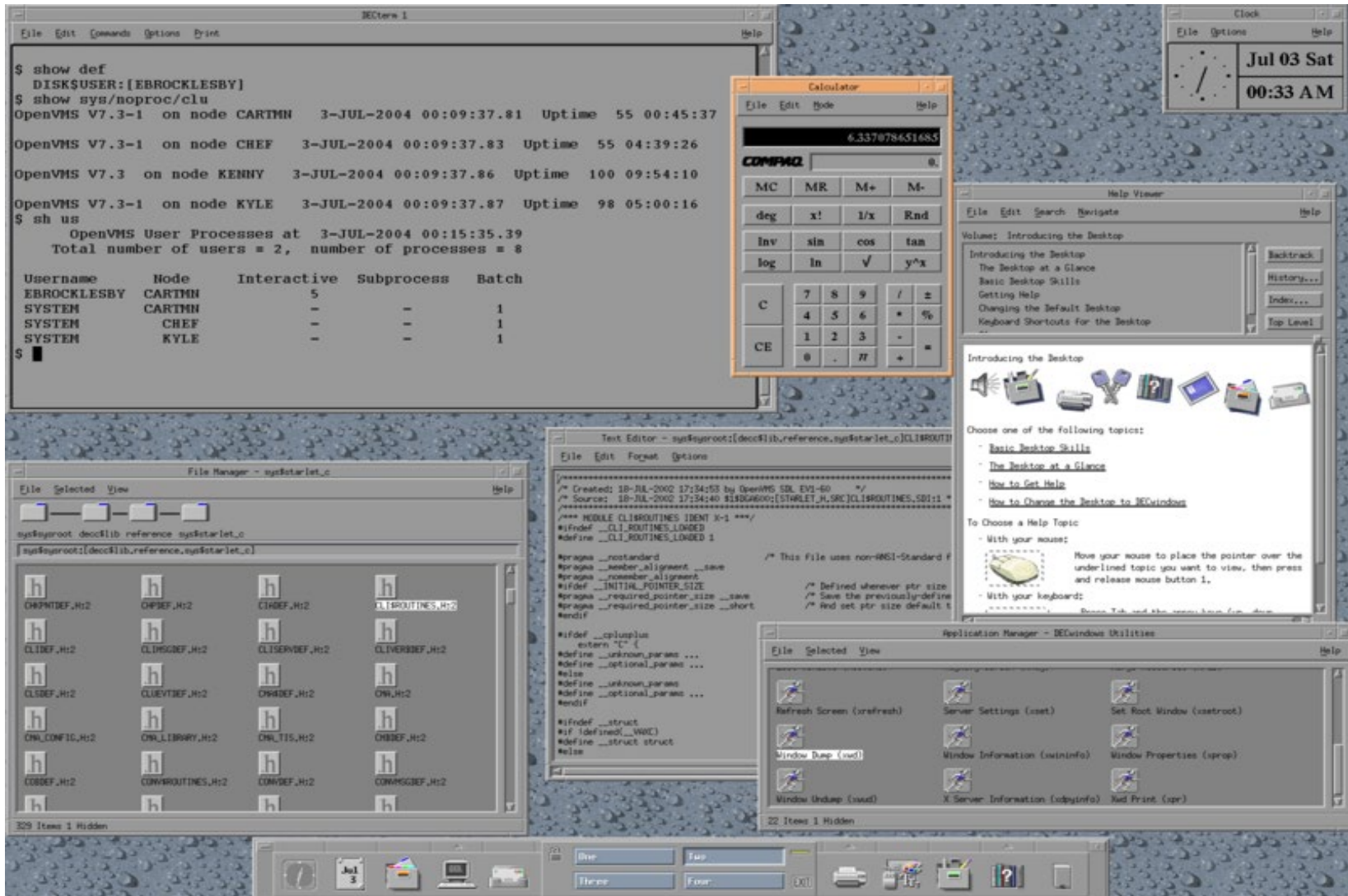
Unix and Unix-like systems

- The **dot-com bubble** (2001–2003) has led to **significant consolidation** of versions of Unix. Of the many **commercial variants** of Unix that were born in the 1980s, only **Solaris, HP-UX, and AIX** are still doing relatively well in the market. Of these, Solaris has the largest market share.
- In 2005, Sun released **OpenSolaris**. 2010年，在Oracle接手Solaris后，开源计划终止。
- SCO认为Linux窃用了Unix代码，侵犯了它权益。从02年开始至10年，起诉IBM、Red Hat、Novel等公司，屡败屡战。07年9月，SCO申请了破产保护。

HP-ux11i v3



Solaris桌面， the old days



FreeBSD



- 386BSD patchkit+4.3BSD-Lite+codes from FSF => FreeBSD1.0. **FreeBSD 12.2** is the latest stable release (2020年10月27日).
- FreeBSD is generally regarded as **reliable and robust**. It has been characterized as “the **unknown giant** among free operating systems”. Yahoo和Hotmail曾经都以FreeBSD作为主服务器。
- **Most Linux binaries can be run on FreeBSD**, including some proprietary applications distributed only in binary form.



Mac OS

- From apple.com: Mac OS is the most widely used UNIX desktop operating system in the world.
- Certain parts from FreeBSD's and NetBSD's implementation of Unix were incorporated in the core of MAC OS.



OpenBSD



- OpenBSD was forked from **NetBSD** in late 1995.
- OpenBSD is widely known for:
 - uncompromising position on software licensing.
 - focus on security and code correctness.
- OpenBSD developers keep replacing GPL licensed tools(such as diff/grep) with **BSD licensed equivalents**.
- **OpenSSH** is developed by OpenBSD project.



OpenBSD



- Until June 2002, the OpenBSD website featured the slogan:
 - Five years without a remote hole in the default install!
- Until March 2007, another remote vulnerability was found:
 - One remote hole in the default install, in nearly 6 years!
- Now:
 - Only two remote holes in the default install, in a heck of a long time!



深圳大学
Shenzhen University

NetBSD



- NetBSD was **the second** open source BSD descendant to be formally released after 386BSD. The current release is 8.0 (17 July 2018).
- 如NetBSD的座右铭：“*Of course it runs NetBSD*”所说的那样，NetBSD具有强大的可移植性。
- As of 2009, NetBSD supports 57 hardware platforms (across **15 different processor architectures**). The NetBSD distribution supports more platforms than any single Linux distribution.



NetBSD

- NetBSD toaster



- NetBSD用在空间站上



RHEL



redhat.

- Red Hat公司是世界500强，在提供Linux整合服务的同类企业中，是最大规模的一家公司。
- Red Hat Linux 1.0 was released on November 3, 1994. It was the first Linux distribution to use the **RPM Package Manager**(Linux软件包的事实标准). In 2003, after release 9.0, RHL is discontinued. It has two descendants:
 - Red Hat Enterprise Linux (RHEL) for enterprise environments.
 - Fedora, developed by the community and sponsored by Red Hat, is for home use.



深圳大学
Shenzhen University

RHEL



redhat.

- RHEL面向于包括大型机的商业市场。
- Red Hat公司为RHEL每个版本提供7年的支持。RHEL使用较为保守的发布周期，大约每三个版本的Fedora才会有一个新版本的RHEL发布。最新的版本是RHEL8.3。
- Red Hat **does not make a compiled version** of its Enterprise Linux product **available for free download**. However, Red Hat has made the **entire source code available**.



深圳大学
Shenzhen University

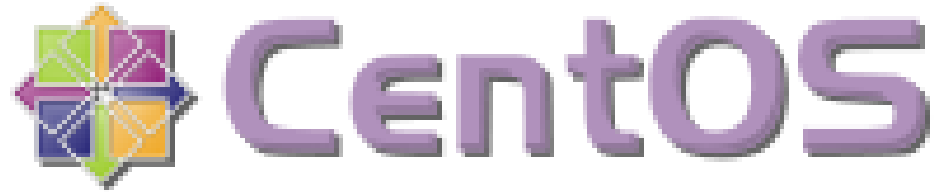
Fedora



- Fedora由社区组织开发，由Red Hat公司赞助。对于Red Hat公司而言，Fedora是许多新技术的测试平台，被认为可用的技术最终会加入到RHEL中去。最新的版本是Fedora33 (2020年10月27日)。
- Fedora is the upstream source of the commercial RHEL.
- Fedora has a comparatively short life cycle. The maintenance period is a very short 13 months for each version. Fedora大约每六个月发布新版本。



CentOS



- CentOS is a community-supported, mainly free software operating system based on RHEL. It exists to provide a free enterprise class computing platform and **strives to maintain 100% binary compatibility with RHEL.**
- CentOS stands for Community ENTerprise Operating System.
- CentOS developers use Red Hat's source code to create a final product very similar to Red Hat Enterprise Linux. **Red Hat's branding and logos are changed.**



Suse Linux



- SUSE Linux is of German origin and mainly **developed in Europe**. The first version appeared in early 1994.
- **Novell** bought SUSE in 2003.
- SUSE Linux is available under two major branches:
 - **openSUSE** is a free, community-oriented distribution.
 - **SUSE Linux Enterprise** is Novell's open-source solution for major enterprise,



Debian



- Debian GNU/Linux is a popular and influential GNU/Linux distribution. It is developed by over 1000 volunteers from around the world and **supported by donations**.
- Debian was first announced on August 1993. The latest stable release is 10.8 (Buster) (2021年2月6日).
- Debian can be used as a **desktop** as well as **server** operating system. **It focuses on stability and security.**
- APT软件管理系统，用于管理deb包，是Linux软件管理系统的先驱。
- 三个分支：Stable, Unstable和Testing.



Ubuntu



- Ubuntu is based on Debian.
- Ubuntu ⇔ "humanity towards others"
- 每6个月一个新版本，提供18个月支持。每两年一个LTS(Long Term Support)版本，LTS版本提供五年支持。
- 最新版Ubuntu20.10，最新的LTS版是20.04。



深圳大学
Shenzhen University

Ubuntu



- Ubuntu is sponsored by the UK-based company Canonical Ltd., owned by South African entrepreneur Mark Shuttleworth (2005, initial funding of US\$10 million). Canonical creates revenue by selling technical support and from creating several services tied to Ubuntu.



Mark, Debian早期开发者之一，1999年出售自己的公司赚了5亿美元。现从事风险投资。2002年花了2000万美元成为世界第二个平民宇航员。



其他Linux

- Arch 极简主义，采用滚动发行。
- Gentoo 每一部分都可以在最终用户的系统上重新编译建造。
 - Chromium OS / Google Chrome OS
- LFS (Linux From Scratch)
 - is a type of a **Linux installation** and the name of a **book** written by Gerard Beekmans, **The book gives readers instructions** on how to build a Linux system from source.



Platform Version	Share
Windows 10	56.08%
Windows 7	25.59%
Mac OS X 10.15	4.15%
Windows 8.1	3.28%
Mac OS X 10.14	2.62%
Ubuntu	1.89%
Mac OS X 10.13	1.52%
Windows XP	1.32%
Linux	0.97%
Mac OS X 10.12	0.57%

Image Courtesy: NetMarketShare



POSITION	2020	2019
1	MX Linux 基于Debian	MX Linux
2	Manjaro 基于Arch	Manjaro
3	Linux Mint 基于Ubuntu	Linux Mint
4 ●	Ubuntu	Debian
5 ●	Debian	Ubuntu
6	Elementary OS 基于Ubuntu	Elementary OS
7	Solus 独立，桌面	Solus
8	Zorin OS 基于Ubuntu	Fedora
9 ●	Fedora	Zorin OS
10	Deepin 基于Debian，中国	Deepin



MINIX

- 由于版权的问题，UNIX的源码不再适用于教学，为此1987年著名的荷兰计算机科学家Andrew Tanenbaum专门写了了个简化的类UNIX系统MINIX（mini-UNIX的意思）来给入门者学习。最新版：MINIX3。



MINIX 3

- 所有2015年之后发布的英特尔芯片都在内部运行着MINIX 3，作为Intel管理引擎(Intel Management Engine)的组件。
- MINIX 3 is now considered **the most widely used OS on Intel processors**, with more installations than Microsoft Windows, GNU/Linux, or macOS.
- ME是什么？——自主运行的子系统，在操作系统开机启动时执行一些任务。
 - 2017年的远程特权漏洞——“史诗级的 CPU 漏洞”。

操作系统引论



操作系统的目标和作用

一、操作系统的目标

■ 方便性

配置OS后可使计算机更容易使用（不需要手工输入0, 1码）

■ 有效性

有效控制和管理计算机各种软硬件资源，提高资源的利用率

■ 可扩充性

便于扩充新功能

■ 开放性

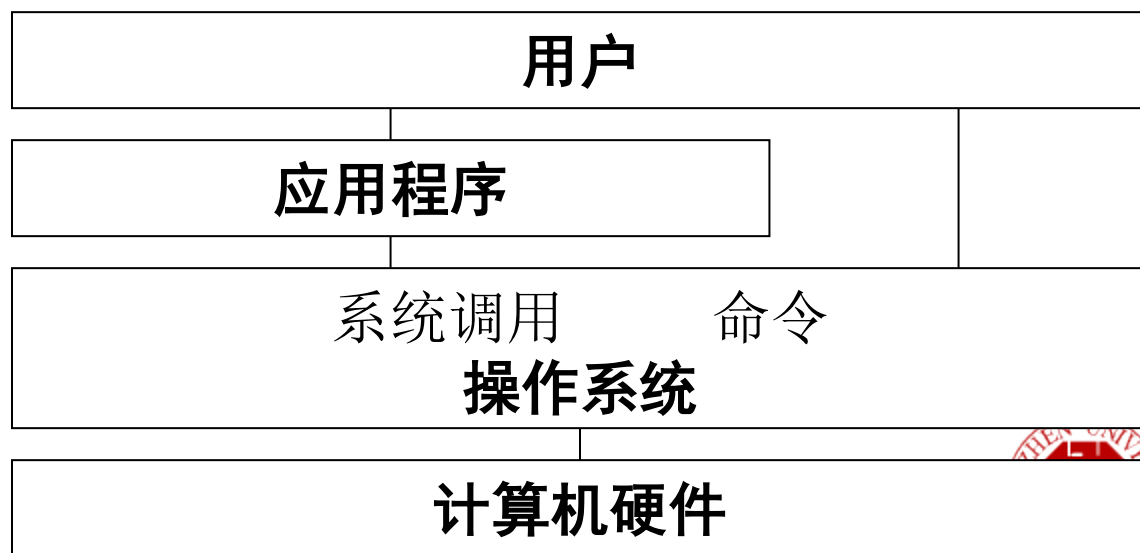
不同机型可运行相同的程序

操作系统的目标和作用

二、操作系统的作用

■ 从用户的角度看：

OS是用户与计算机硬件系统之间的接口（是计算机硬件上的第一层软件）

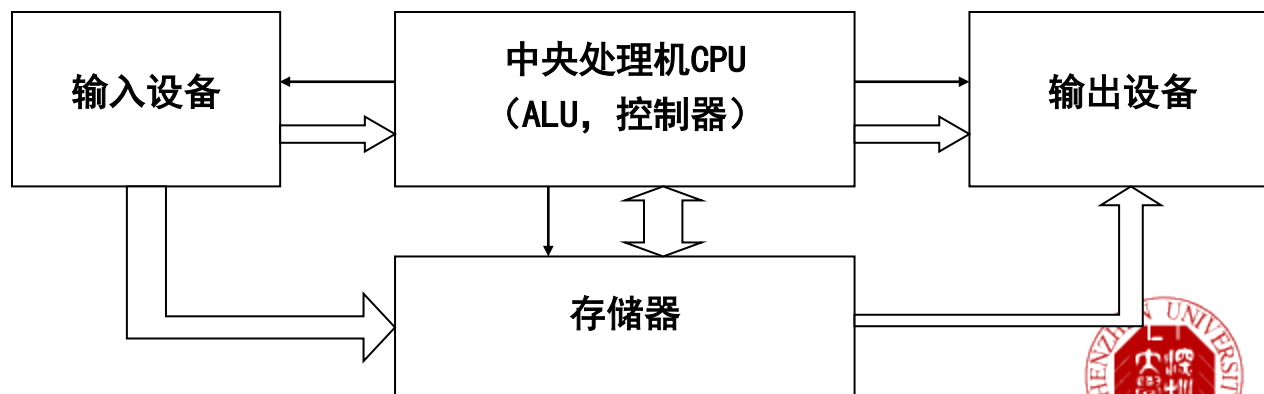


操作系统的目标和作用

二、操作系统的作用

■ 从计算机资源的角度看：

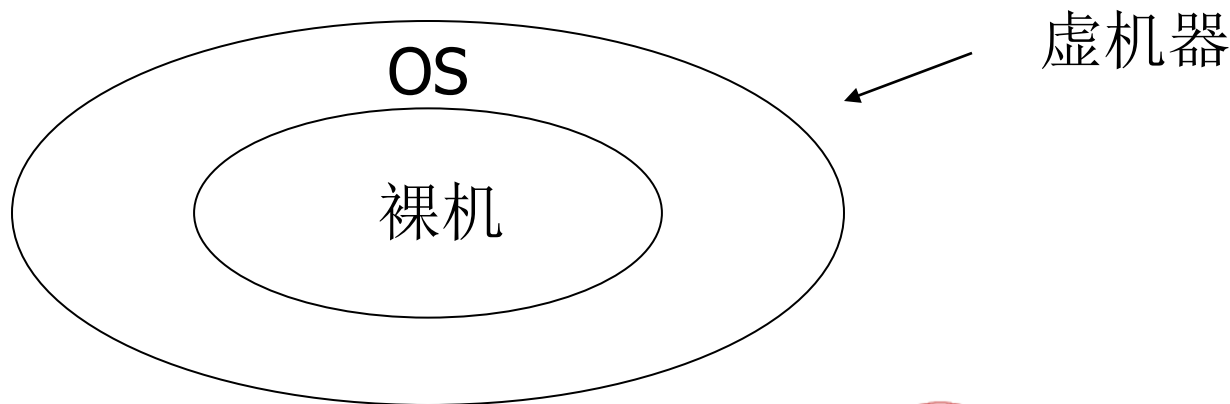
OS是计算机系统资源（包括软硬件资源，处理机、存储器、I/O设备、文件等）的管理者



操作系统的目标和作用

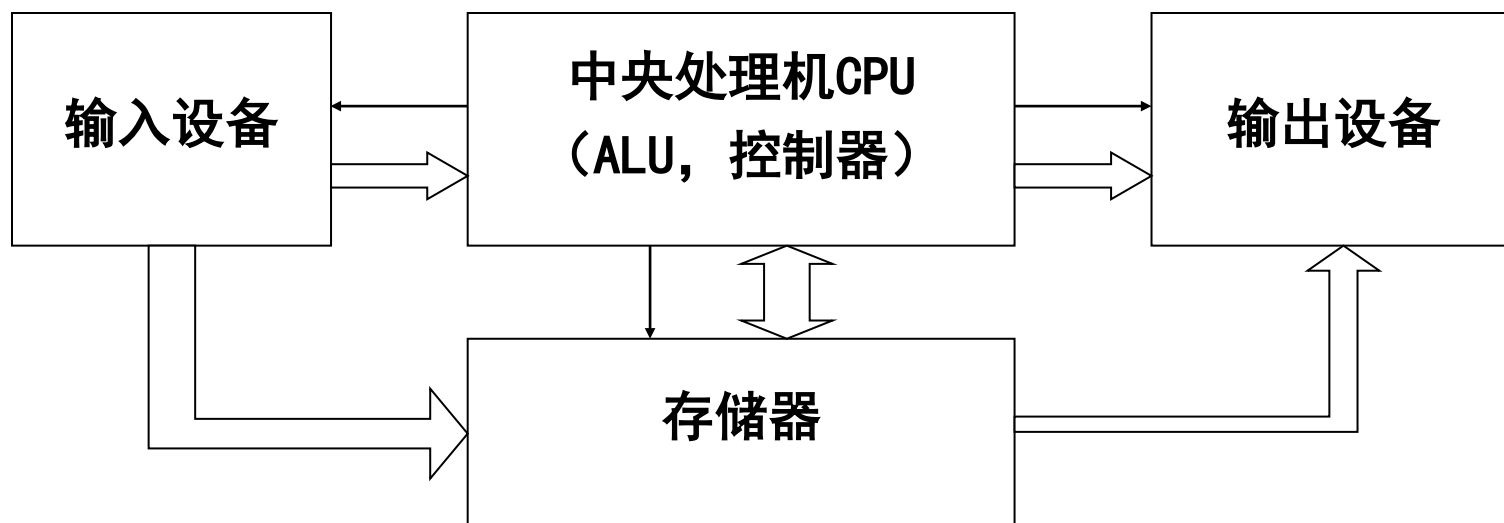
■ 从功能扩充的角度看：

增加了OS的计算机，成为功能更强、使用更方便的扩充机器或虚机器



操作系统的发展过程

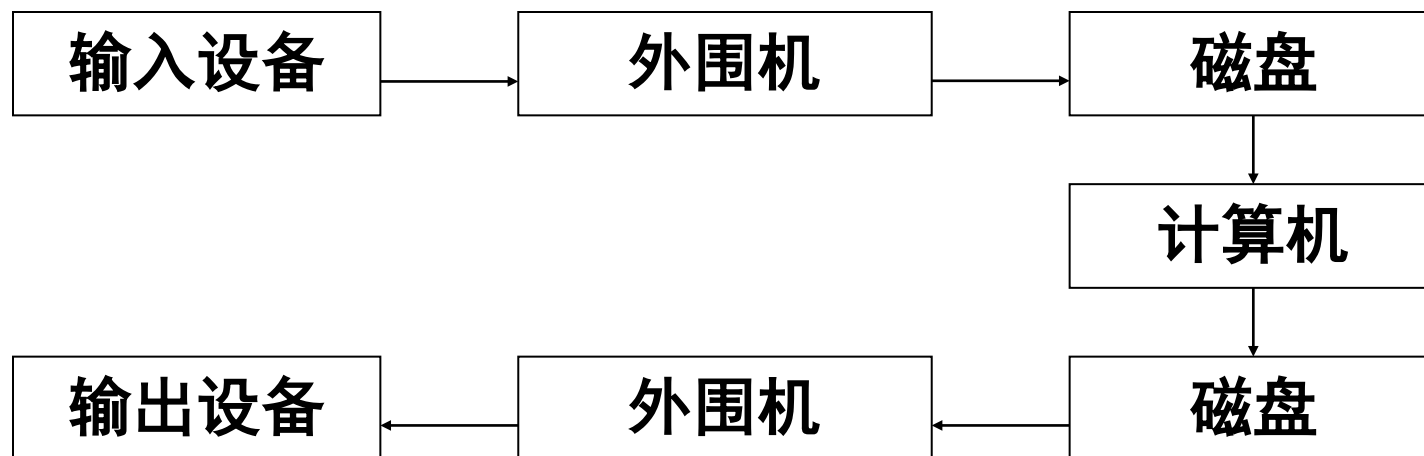
一、人工操作方式



- 操作不方便，操作人员必须有很专业的计算机知识
- 效率低
- 一个用户独占所有计算机资源

操作系统的发展过程

二、脱机输入输出方式



- 相对人工操作方式，提高了输入 / 输出效率
- 效率较低
- 一个用户仍独占所有计算机资源

操作系统的发展过程

三、单道批处理系统



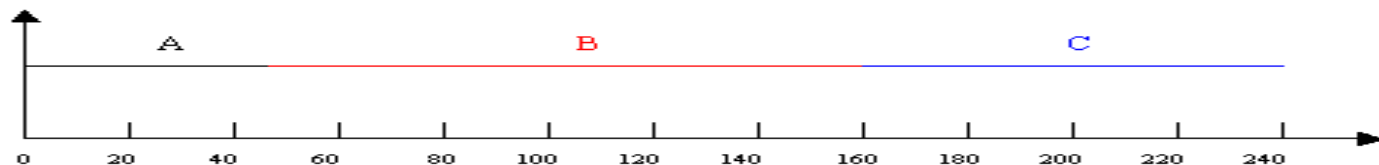
- 需要监督程序 (Monitor)
- 多个作业顺序轮流使用计算机 (共享)
- 计算机的控制权在监督程序与作业之间交替使用



操作系统的发展过程

三、单道批处理系统(举例)：

- 现有三道作业，第一道作业需要输入10S，运行20S，输出20S；第二道作业需要输入20S，运行20S，输出30S，然后再运行30，输出10S；第三道作业需要输入20S，运行30S，输出30S



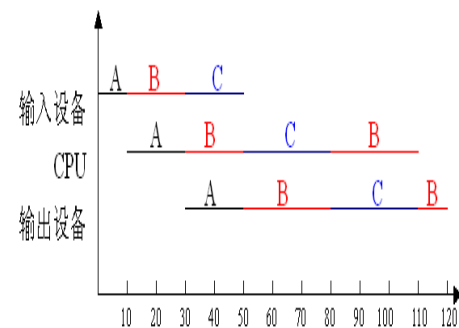
- 共需要时 $(10+20+20) + (20+20+30+30+10) + (20+30+30) = 240S$
- CPU利用率： $(20+20+30+30) / 240 = 41.7\%$
- 输入设备利用率： $(10+20+20) / 240 = 20.8\%$
- 输出设备利用率： $(20+30+10+30) / 240 = 37.5\%$



操作系统的发展过程

四、多道批处理系统

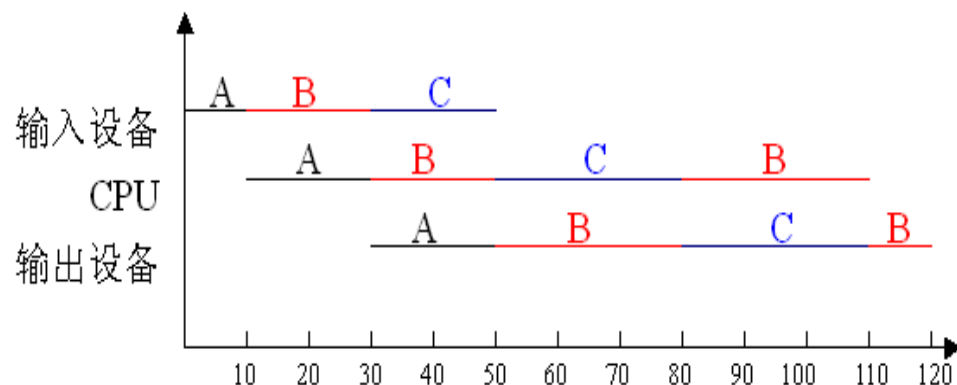
- 计算机中同时有几道作业（程序）在运行，提高了计算机资源的使用效率
- 宏观上，多个作业并行（并发）
某一作业在输入、另一作业在CPU中运行、可能还有一个作业正在输出
- 从微观上，多个作业串行
对一个具体资源（特别是CPU）来说，每个程序轮流使用



操作系统的发展过程

四、多道批处理系统 (举例)

- 现有三道作业，第一道作业需要输入10S，运行20S，输出20S；第二道作业需要输入20S，运行20S，输出30S，然后再运行30，输出10S；第三道作业需要输入20S，运行30S，输出30S



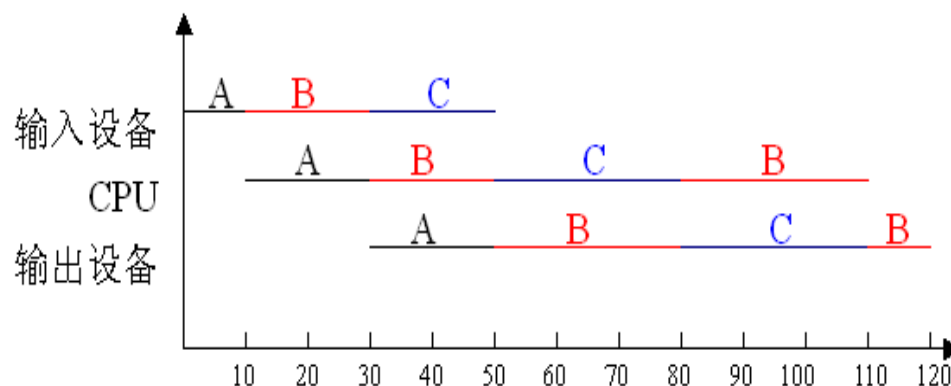
- 共需要时 $(10+20+20) + (30) + (30+10) = 120S$
- CPU利用率: $(20+20+30+30) / 120 = 83.4\%$
- 输入设备利用率: $(10+20+20) / 120 = 41.6\%$
- 输出设备利用率: $(20+30+10+30) / 120 = 75\%$



操作系统的发展过程

四、多道批处理系统 特性

- 多道性
- 无序性
- 调度性 (p8)



操作系统的发展过程

五、分时系统

- 计算机内存中同时有多个用户程序
- 每个用户程序运行一小段时间（**时间片**，如0.1秒），然后停止该程序运行，由系统再调用下一个用户程序运行
- 每个用户程序在不长的时间内，都能执行一次

操作系统的发展过程

五、分时系统

特性 (p9)

- 多路性：系统中有多用户程序同时运行
 - 独立性：每个用户(程序)独立操作，互不干扰
 - 及时性：用户的请求能在较短(秒级或以下)时间内获得响应
 - 交互性：用户可以同系统进行人机对话
- 分时系统的主要目的提高资源的使用方便性

操作系统的发展过程

六、实时系统

- **要求计算机系统及时响应随机发生的外部事件，并以足够快的速度完成对事件的处理**
- **实时控制：工业生产的控制，信息采集的控制等（中断）**
- **实时信息处理：及时信息检索或处理**

操作系统的基本特征（1.3节）

四、操作系统的定义（p8）

- **操作系统是一组控制和管理计算机硬件和软件资源、合理地对各类作业进行调度（有效性），以及方便用户（方便性）的程序的集合**

操作系统的基本特征

一、操作系统的特征

- **并发性：** 多道用户程序可在同一时间间隔中运行
- **共享性：** 系统资源可供内存中多个并发的进程共同使用（包括互斥共享和同时访问）
- **虚拟性：** 系统物理资源可虚拟为多个逻辑资源
- **异步性：** 内存中多个并发的进程以异步方式运行
(p16)

操作系统的功能（1.4节）

操作系统的功能主要包括：

- 处理机管理
- 存储器管理
- 设备管理
- 文件管理
- 用户接口



操作系统的功能

一、处理机管理功能

1、进程控制

- 创建：分配资源
- 运行：进程状态转换
- 撤消：回收资源

2、进程同步

- 进程互斥：临界资源占用
- 进程同步：多进程按顺序协调完成同一任务

操作系统的功能

二、存储器管理功能

- 1、内存分配：为每个用户程序分配内存空间
- 2、内存保护：用户程序只能访问自己程序的内存空间，不能越界（到其它用户程序或系统程序空间）
- 3、地址映射：将目标程序的地址映射成内存的“物理地址”



操作系统的功能

二、存储器管理功能

4、内存扩充(虚拟存储器)

- 采用虚拟存储技术从逻辑上扩充内存空间，使大于实际内存空间的程序同样可以得以运行
- 虚拟存储技术主要采用请求调入和置换功能实现内存扩充目标

操作系统的功能

三、设备管理功能

- 1、**缓冲管理**：为设备分配缓冲区并进行管理
- 2、**设备分配**：为用户I/O请求分配相应的设备
- 3、**设备处理**：实现CPU和设备控制器之间的通信
- 4、**设备独立性**：使用户的程序与具体物理设备无关
- 5、**虚拟设备**：将一台物理设备虚拟为多台逻辑设备，供多个用户共享



操作系统的功能

四、文件管理功能

1、文件存储空间管理

- 设置相应的数据存储结构（磁道、扇区等）
- 对存储空间进行分配和回收

操作系统的功能

四、文件管理功能

2、文件系统

■ 目录管理

对每个存在外存上的文件建立一个目录项，主要包括文件名、属性、在磁盘上的位置等信息

■ 文件的读、写管理和保护

从外存上读、写文件数据

保证文件的合法使用

操作系统的功能

五、用户接口

- 1、**命令接口**：通过命令字，用户可以直接调用操作系统完成相应功能，如dir命令等
- 2、**程序接口**：用户程序利用程序接口（即系统调用或系统函数）调用操作系统完成相应功能，如Windows中的API函数（文件处理、设备管理、信息维护（如MessageBox(...)））
- 3、**图形接口**：用户利用鼠标或通过菜单和对话框，调用OS完成相应功能



操作系统的结构设计（1.5节）

■ 传统的操作系统结构

- **无结构操作系统**：是为数众多的一组过程的集合，个过程之间可以相互调用，在操作系统内部不存在任何结构。
- **模块化OS结构**：将OS按其功能划分为若干个具有一定独立性的模块。每个模块具有某方面的管理功能。如进程管理模块、存储器管理模块等。
- **分层式OS结构**：每一层都仅适用其底层所提供的功能和服务，这样可使系统的调试和验证都变得容易。

微内核OS结构

- 微内核技术：精心设计的，能实现现代OS核心功能的小型内核，常驻内存。
- 通常采用客户/服务器模式。因此OS的大部分功能和服务，都是由若干服务器来提供的，如文件服务器、作业服务器和网络服务器等。