

# 0117401: Operating System

## 计算机原理与设计

### Chapter 1-1: OS overview

陈香兰

xlanchen@ustc.edu.cn

<http://staff.ustc.edu.cn/~xlanchen>

Computer Application Laboratory, CS, USTC @ Hefei  
Embedded System Laboratory, CS, USTC @ Suzhou

February 22, 2017

## 温馨提示：



为了您和他人的工作学习，  
请在课堂上**关机或静音**。

**不要**在课堂上接打电话。

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

# What is OS?

- What is operating system(操作系统, OS)?
- What operating system do?

An operating system acts as an **intermediary** between the user of a computer and the computer hardware. The **purpose** of an operating system is to provide an environment in which a user can execute programs in a **convenient** and **efficient** manner.

An operating system is **software** that manages the computer hardware.  
(From 9th edition).

# What is OS?

- The role of operating system
  - User view: different user has different opinion.
    - easy of use? performance? resource utilization? battery life?
    - user of pc? mainframe or minicomputer? workstations and servers connected via networks?
  - System view: a resource allocator; a control problem.



## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

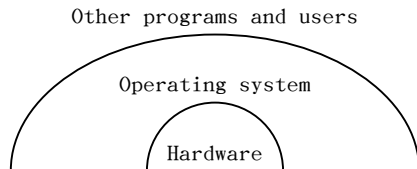
- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

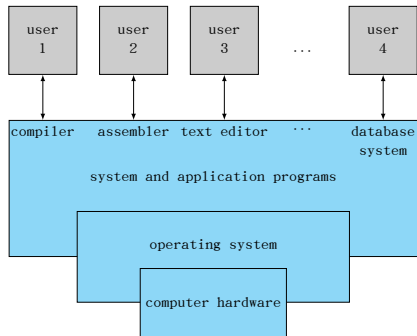
# Components of Computer System: viewpoint 1

Viewpoint 1: Computer system = hardware + software (+data)

- **Operating System** is the first software layer on the physical hardwares, and can be viewed as the first expansion of computer hardware system.
- All applications running in the OSES, more or less, directly or indirectly, call the OS functions. For example, the simplest program “helloworld” .



# Components of Computer System: viewpoint 2



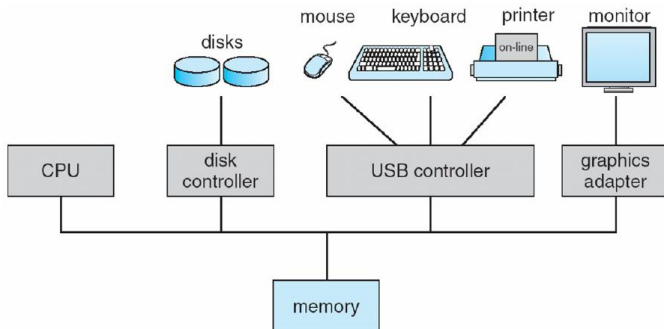
Viewpoint 2: Computer system = hardware + os + applications + users



# Problems:

What is **the hardware** of a computer system?  
How a **computer system** up and running?  
How a **program** up and running?

# A modern computer system



# Problem:

## What are the operating systems that you know?

- Windows series, Unix series, SUN Solaris, FreeBSD, Apple Mac OS, Linux series, ...
- A variety of real-time, non-real-time, embedded OSes
  - $\mu$ C/OS-II, RTEMS, VxWorks, QNX, PalmOS, iOS, ...
- 各种网络操作系统、分布式操作系统、集群操作系统、并行操作系统
- 各种研究型操作系统，等等

## What are the operating systems that you know?

- Windows series, Unix series, SUN Solaris, FreeBSD, Apple Mac OS, Linux series, ...
- A variety of real-time, non-real-time, embedded OSes
  - $\mu$ C/OS-II, RTEMS, VxWorks, QNX, PalmOS, iOS, ...
- 各种网络操作系统、分布式操作系统、集群操作系统、并行操作系统
- 各种研究型操作系统，等等

# OS definitions

- 没有一个统一的、适用的定义！
- ① An Operating System is a **program** that
  - Manages the computer hardware
  - Provides a basis for application programs
  - Acts as an **intermediary** between the computer user and the computer hardware
- ② OS is a **resource allocator** that
  - Manages all resources
  - Decides between conflicting requests for efficient and fair resource use
- ③ OS is a **control program** that
  - Controls execution of programs to prevent errors and improper use of the computer
- ④ 操作系统是一组控制和管理计算机软硬件资源、合理地各类作业进行调度以及方便用户的程序的集合【汤】。

# OS definitions

- 没有一个统一的、适用的定义！
- ④ An Operating System is a program that
  - Manages the computer hardware
  - Provides a basis for application programs
  - Acts as an intermediary between the computer user and the computer hardware
- ⑤ OS is a resource allocator that
  - Manages all resources
  - Decides between conflicting requests for efficient and fair resource use
- ⑥ OS is a control program that
  - Controls execution of programs to prevent errors and improper use of the computer
- ⑦ 操作系统是一组控制和管理计算机软硬件资源、合理地各类作业进行调度以及方便用户的程序的集合【汤】。

# OS definitions

- 没有一个统一的、适用的定义！
- ① An Operating System is **a program** that
  - Manages the computer hardware
  - Provides a basis for application programs
  - Acts as an **intermediary** between the computer user and the computer hardware
- ② OS is **a resource allocator** that
  - Manages all resources
  - Decides between conflicting requests for efficient and fair resource use
- ③ OS is **a control program** that
  - Controls execution of programs to prevent errors and improper use of the computer
- ④ 操作系统是一组控制和管理计算机软硬件资源、合理地各类作业进行调度以及方便用户的程序的集合【汤】。

# OS definitions

- 没有一个统一的、适用的定义！
- ① An Operating System is **a program** that
  - Manages the computer hardware
  - Provides a basis for application programs
  - Acts as an **intermediary** between the computer user and the computer hardware
- ② OS is **a resource allocator** that
  - Manages all resources
  - Decides between conflicting requests for efficient and fair resource use
- ③ OS is **a control program** that
  - Controls execution of programs to prevent errors and improper use of the computer
- ④ 操作系统是一组控制和管理计算机软硬件资源、合理地各类作业进行调度以及方便用户的程序的集合【汤】。



- 没有一个统一的、适用的定义！
- ① An Operating System is **a program** that
  - Manages the computer hardware
  - Provides a basis for application programs
  - Acts as an **intermediary** between the computer user and the computer hardware
- ② OS is **a resource allocator** that
  - Manages all resources
  - Decides between conflicting requests for efficient and fair resource use
- ③ OS is **a control program** that
  - Controls execution of programs to prevent errors and improper use of the computer
- ④ 操作系统是一组控制和管理计算机软硬件资源、合理地各类作业进行调度以及方便用户的程序的集合【汤】。

# 操作系统的（设计）目标

- 在计算机硬件上配置OS的（设计）目标有以下几点【汤】：
  - ① convenience(方便性)
    - Execute user programs and make solving user problems easier
    - Make the computer system convenient to use
  - ② Effectiveness(有效性 )
    - Use the computer hardware in an efficient manner （提高软硬件资源的利用率）
  - ③ Extensibility(可扩充性)
    - 适应软硬件的发展需求
  - ④ openness(开放性 )
    - 可移植性、互操作性
- 方便性和有效性是操作系统最重要的两个目标。

# 操作系统的（设计）目标

- 在计算机硬件上配置OS的（设计）目标有以下几点【汤】：
  - ① convenience(方便性)
    - Execute user programs and make solving user problems easier
    - Make the computer system convenient to use
  - ② Effectiveness(有效性)
    - Use the computer hardware in an efficient manner（提高软硬件资源的利用率）
  - ③ Extensibility(可扩充性)
    - 适应软硬件的发展需求
  - ④ openness(开放性)
    - 可移植性、互操作性
- 方便性和有效性是操作系统最重要的两个目标。

# 操作系统的（设计）目标

- 在计算机硬件上配置OS的（设计）目标有以下几点【汤】：
  - ① convenience(方便性)
    - Execute user programs and make solving user problems easier
    - Make the computer system convenient to use
  - ② Effectiveness(有效性)
    - Use the computer hardware in an efficient manner（提高软硬件资源的利用率）
  - ③ Extensibility(可扩充性)
    - 适应软硬件的发展需求
  - ④ openness(开放性)
    - 可移植性、互操作性
- 方便性和有效性是操作系统最重要的两个目标。

# 操作系统的（设计）目标

- 在计算机硬件上配置OS的（设计）目标有以下几点【汤】：
  - ① convenience(方便性)
    - Execute user programs and make solving user problems easier
    - Make the computer system convenient to use
  - ② Effectiveness(有效性)
    - Use the computer hardware in an efficient manner（提高软硬件资源的利用率）
  - ③ Extensibility(可扩充性)
    - 适应软硬件的发展需求
  - ④ openness(开放性)
    - 可移植性、互操作性
- 方便性和有效性是操作系统最重要的两个目标。

# 操作系统的（设计）目标

- 在计算机硬件上配置OS的（设计）目标有以下几点【汤】：
  - ① convenience(方便性)
    - Execute user programs and make solving user problems easier
    - Make the computer system convenient to use
  - ② Effectiveness(有效性)
    - Use the computer hardware in an efficient manner（提高软硬件资源的利用率）
  - ③ Extensibility(可扩充性)
    - 适应软硬件的发展需求
  - ④ openness(开放性)
    - 可移植性、互操作性
- 方便性和有效性是操作系统最重要的两个目标。

# 操作系统的（设计）目标

- 在计算机硬件上配置OS的（设计）目标有以下几点【汤】：
  - ① convenience(方便性)
    - Execute user programs and make solving user problems easier
    - Make the computer system convenient to use
  - ② Effectiveness(有效性)
    - Use the computer hardware in an efficient manner（提高软硬件资源的利用率）
  - ③ Extensibility(可扩充性)
    - 适应软硬件的发展需求
  - ④ openness(开放性)
    - 可移植性、互操作性
- 方便性和有效性是操作系统最重要的两个目标。

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结



# Roles of operating system

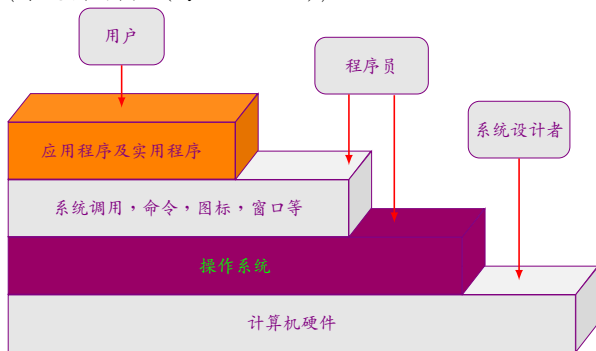
- 对操作系统作用的理解，有不同的观点【汤】。
- 计算机资源的管理者(resource allocator)
  - 四类资源：处理机、存储器、I/O设备、文件
- 扩充机器（或虚拟机Virtual Machine）
  - 虚拟机：覆盖了软件的机器
  - 层次性

# Roles of operating system

- 对操作系统作用的理解，有不同的观点【汤】。
- ① 用户与计算机硬件系统之间的接口(interface)
  - 命令接口(Command Line Interface, CLI)、图形用户接口(Graphical User Interface, GUI)
  - 编程接口（系统调用接口(system call))
- ② 计算机资源的管理者(resource allocator)
  - 四类资源：处理机、存储器、I/O设备、文件
- ③ 扩充机器（或虚拟机Virtual Machine）
  - 虚拟机：覆盖了软件的机器
  - 层次性

# Roles of operating system

- 对操作系统作用的理解，有不同的观点【汤】。
- 1 用户与计算机硬件系统之间的接口(interface)
  - 命令接口(Command Line Interface, CLI)、  
图形用户接口(Graphical User Interface, GUI)
  - 编程接口（系统调用接口(system call)）



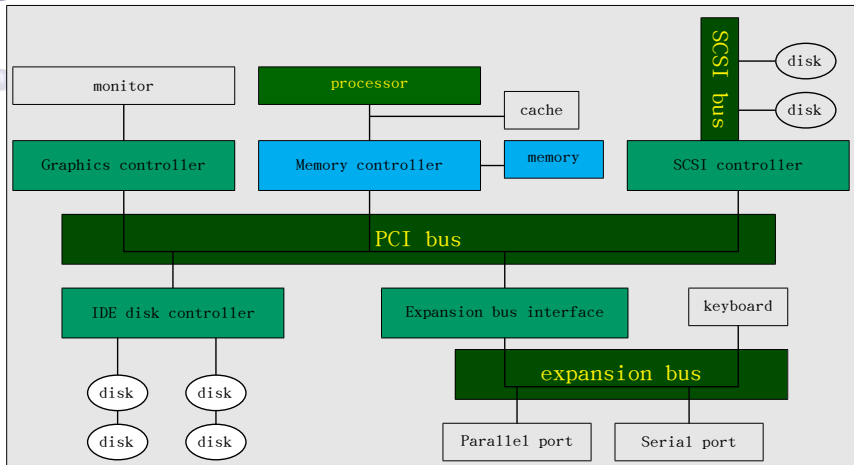
- 2 计算机资源的管理者(resource allocator)
  - 四类资源：处理机、存储器、I/O设备、文件
  - 扩充机器（或虚拟机Virtual Machine）

# Roles of operating system

- 对操作系统作用的理解，有不同的观点【汤】。
- ① 用户与计算机硬件系统之间的接口(interface)
  - 命令接口(Command Line Interface, CLI)、图形用户接口(Graphical User Interface, GUI)
  - 编程接口（系统调用接口(system call))
- ② 计算机资源的管理者(resource allocator)
  - 四类资源：处理机、存储器、I/O设备、文件
- ③ 扩充机器（或虚拟机Virtual Machine）
  - 虚拟机：覆盖了软件的机器
  - 层次性

# Roles of operating system

- 对操作系统作用的理解，有不同的观点【汤】。
- 计算机资源的管理者(resource allocator)



# Roles of operating system

- 对操作系统作用的理解，有不同的观点【汤】。
- ① 用户与计算机硬件系统之间的接口(interface)
  - 命令接口(Command Line Interface, CLI)、图形用户接口(Graphical User Interface, GUI)
  - 编程接口（系统调用接口(system call))
- ② 计算机资源的管理者(resource allocator)
  - 四类资源：处理机、存储器、I/O设备、文件
- ③ 扩充机器（或虚拟机Virtual Machine)
  - 虚拟机：覆盖了软件的机器
  - 层次性

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

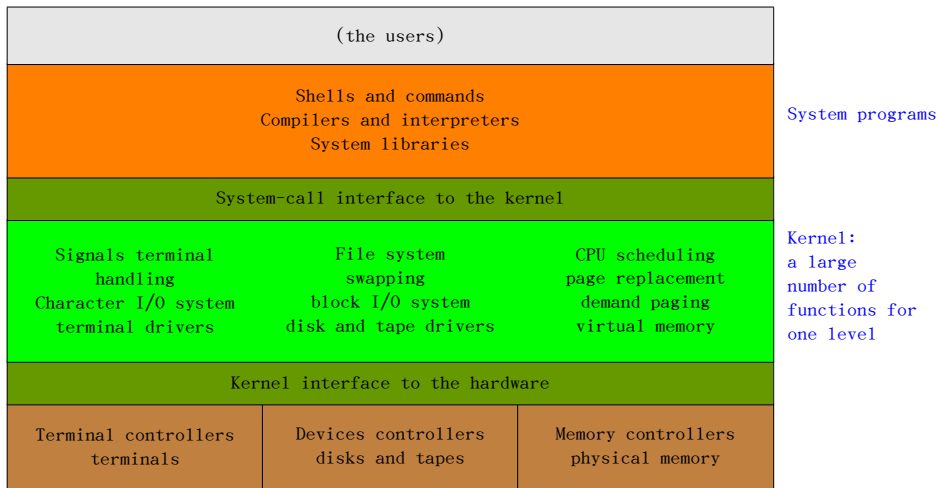
## 4 作业、实验和小结

# 操作系统的层次模型

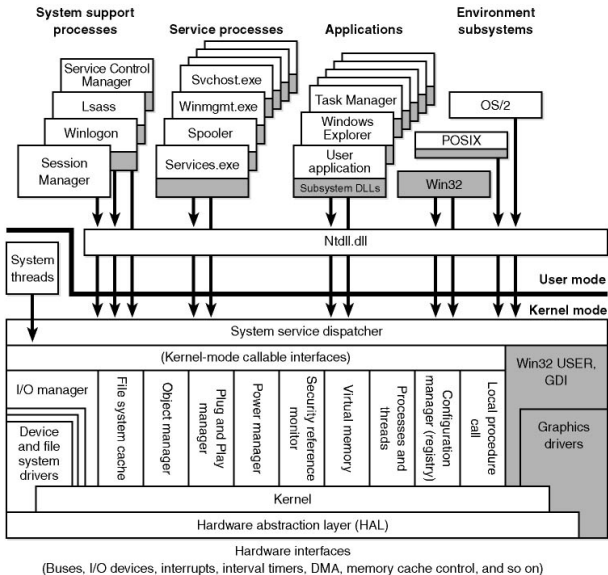
- 什么是层次模型(layered modularization)?
- 是一种经典的操作系统的结构模型 【汤】
  - 最高层：接口
  - 中间层：对对象进行操纵和管理的软件集合
  - 最底层：OS操纵和管理的对象，包括各类软硬件资源
- 以Linux，Windows和嵌入式操作系统RTEMS为例



# 举例：类UNIX操作系统的经典体系结构图

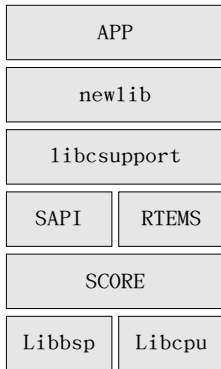


# 举例：Windows操作系统的经典体系结构图



# 举例：RTEMS体系结构

- RTEMS：一种微内核抢占式实时操作系统
  - 现在：  
Real Time Executive for Multiprocessor Systems；
  - 最早：Real Time Executive for Missile Systems
  - 后来：Real Time Executive for Military Systems
- 4.0.0核心代码约9万行，目前最新版本为4.11
- 维护网站：<https://www.rtems.org/>



## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

# 操作系统的发展动力

- 操作系统形成至今(1956 GM OS & GM-NAA I/O- )，出现了上百种操作系统
  - 大型机、小型机、微机、嵌入式、实时、分布等等
- 推动操作系统发展的主要动力有4个方面【汤】：
  - 不断提高计算机资源利用率的需要
  - 方便用户
  - 器件的不断更新换代
  - 计算机体系结构的不断发展
- 历程：
  - 无OS时代→批处理系统→分时系统→实时系统→PC→分布式和并行系统→嵌入→移动系统→ …

# 操作系统的发展动力

- 操作系统形成至今(1956 GM OS & GM-NAA I/O- )，出现了上百种操作系统

- **List of operating systems:**

- FMS (FORTRAN Monitor System, FORTRAN监控系统)
- OS/360 (IBM为系列机360配备的操作系统)
- CTSS (Compatible Time Sharing System)
- MULTICS (MULTiplexed Information and Computer Service)
- UNIX类、Linux
- CP/M
- Windows、Macintosh
- Mach
- VxWorks、嵌入式Linux系列、uC/OS-II、RTEMS
- …… ( List of OSes)

- 推动操作系统发展的主要动力有4个方面【汤】：

- ① 不断提高计算机资源利用率的需要
- 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

- 历程：

- 无OS时代→批处理系统→分时系统→实时系统→PC→分布式和并行系统→嵌入→移动系统→…

# 操作系统的发展动力

- 操作系统形成至今(1956 GM OS & GM-NAA I/O- )，出现了上百种操作系统
  - 本实验室操作系统方面的研究工作
    - 基于服务体/执行流模型的操作系统：MiniCore
    - 安全操作系统
    - 分布式操作系统
    - 可重构混成操作系统
  
    - 车控操作系统
    - 机器狗操作系统
    - .....
- 推动操作系统发展的主要动力有4个方面【汤】：
  - 不断提高计算机资源利用率的需要
  - 方便用户
  - 器件的不断更新换代
  - 计算机体系结构的不断发展
- 历程：
  - 无OS时代→批处理系统→分时系统→实时系统→PC→分布式和并行系统→嵌入→移动系统→ ...

# 操作系统的发展动力

- 操作系统形成至今(1956 GM OS & GM-NAA I/O- )，出现了上百种操作系统
- 推动操作系统发展的主要动力有4个方面【汤】：
  - ① 不断提高计算机资源利用率的需要
  - 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
- 历程：
  - 无OS时代→批处理系统→分时系统→实时系统→PC→分布式和并行系统→嵌入→移动系统→ …



# 操作系统的发展动力

- 操作系统形成至今(1956 GM OS & GM-NAA I/O- )，出现了上百种操作系统
- 推动操作系统发展的主要动力有4个方面【汤】：
  - ① 不断提高计算机资源利用率的需要
  - 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
- 历程：
  - 无OS时代→批处理系统→分时系统→实时系统→PC→分布式和并行系统→嵌入→移动系统→ …

# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- 1945~1955, 无操作系统时期

# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- ① 1945~1955, 无操作系统时期
- ② 1955~1965, 批处理系统

# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- ① 1945~1955, 无操作系统时期
- ② 1955~1965, 批处理系统
  - ① 单道批处理系统(simple batch processing)

# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- ① 1945~1955, 无操作系统时期
- ② 1955~1965, 批处理系统
  - ① 单道批处理系统(simple batch processing)
  - ② 多道批处理系统(multiprogramming system)

# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- ① 1945~1955, 无操作系统时期
- ② 1955~1965, 批处理系统
  - ① 单道批处理系统(simple batch processing)
  - ② 多道批处理系统(multiprogramming system)
- ③ 1965~1980, 分时系统(Time-sharing system)

# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- ① 1945~1955, 无操作系统时期
- ② 1955~1965, 批处理系统
  - ① 单道批处理系统(simple batch processing)
  - ② 多道批处理系统(multiprogramming system)
- ③ 1965~1980, 分时系统(Time-sharing system)
- ④ 1980~, PC时代 (微型计算机, microcomputer)
  - 百花齐放

# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- ① 1945~1955, 无操作系统时期
- ② 1955~1965, 批处理系统
  - ① 单道批处理系统(simple batch processing)
  - ② 多道批处理系统(multiprogramming system)
- ③ 1965~1980, 分时系统(Time-sharing system)
- ④ 1980~, PC时代 (微型计算机, microcomputer)
  - 百花齐放
  - 实时系统(Real-Time system)



# History of Operating Systems

- Reading: Modern operating systems (4th edition) , 1.2
- ① 1945~1955, 无操作系统时期
- ② 1955~1965, 批处理系统
  - ① 单道批处理系统(simple batch processing)
  - ② 多道批处理系统(multiprogramming system)
- ③ 1965~1980, 分时系统(Time-sharing system)
- ④ 1980~, PC时代 (微型计算机, microcomputer)
  - 百花齐放
  - 实时系统(Real-Time system)
  - 其他操作系统: 分布式、并行、安全、...
- ⑤ 1990~, 移动计算

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

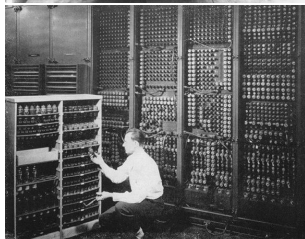
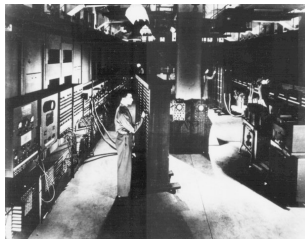
## 4 作业、实验和小结

# History of the OS(1945~1955, 无操作系统)

- Tube-based (电子管)

- ENIAC

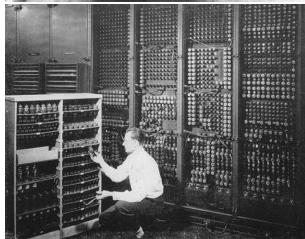
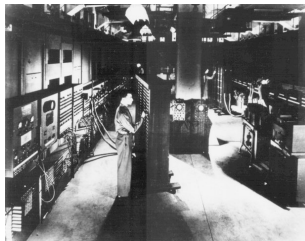
- 17,468 vacuum tubes
- 5,000 additions/sec,
- 1800 square feet, 30 tons



Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

# History of the OS(1945~1955, 无操作系统)

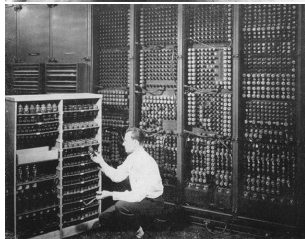
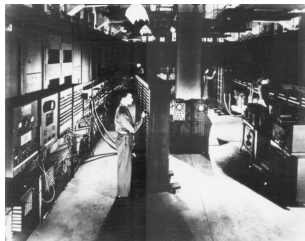
- Tube-based (电子管)
- Program are hardwired on plug boards
- One program at a time, Need professional operator
  - User VS. operator
- Only useful to Numerical calculations



Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

# History of the OS(1945~1955, 无操作系统)

- Tube-based (电子管)
- Program are hardwired on plug boards
- One program at a time, Need professional operator
- Only useful to Numerical calculations
- No OS at all !
  - Manual system (人工操作)



Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

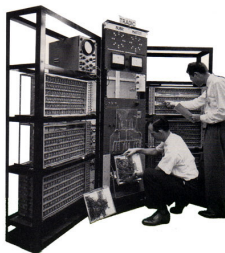
## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

# History of the OS(1955~1965, 批处理系统)

- Transistor based (晶体管)
- Jobs on cards or tapes
  - Job (作业)
  - Control cards
- Language:
  - ASM
  - High level language
    - FORTRAN, ALGOL, COBOL
- Applications
  - Scientific APPs & Engineering APPs
- Batch system



1954年, 美国贝尔实验室, 第一台晶体管计算机 TRADIC



TX-0, MIT林肯实验室, 1956, 它将键盘、打印机、磁带阅读机和打孔机集成在一起, 操作员可以通过键盘编程, 生成印好的磁带后直接输入机器; 配有一台可编程序显示器。

## 专题1：Batch system，批处理系统

- 批处理系统概述
- 专题1.1：单道批处理系统
- 专题1.2：脱机IO
- 专题1.3：多道批处理系统



# 批处理系统的工作方式

- 1 用户 (user) 将作业 (job) 交给系统操作员 (operator)
- 2 系统操作员将许多用户的作业组成一批作业，输入到计算机系统中，在系统中形成一个自动转接的连续的作业流
  - 作业是成批的(batched)
- 3 启动操作系统
- 4 系统自动、依次执行每个作业
- 5 由操作员将作业结果交给用户

## 批(batch)的含义：

- 供一次加载的磁带或磁盘，通常由若干个作业组装而成，在处理中使用一组相同的系统软件

- 批处理系统中作业的组成：
  - 用户程序 + 数据 + 作业说明书（作业控制语言）
- 批作业处理：对批作业中的每个作业进行相同的处理
  - 从磁带读入用户作业和编译链接程序，编译链接用户作业，生成可执行程序；启动执行；执行结果输出

批处理系统经历了两个阶段

1. Simple batch systems, 单道批处理系统

2. Multiprogramming systems, 多道批处理系统

## 专题1.1：单道批处理系统

- 单道批处理系统简介
- 单道批处理系统的工作过程
- 单道批处理系统的分析

# 单道批处理系统 (simple batch system)

- **Input devices**: card readers, tape drives
- **Output devices**: line printers, card punches and tape drives
- Operator **BATCH** similar jobs to speed up processing
  - User VS. operator
  - Compare to : Manual system
- **Monitor** (OS) , load program and execute
  - Always resident in memory
  - **FIFO**: Transfer control automatically from one job to the next
- **Only One Job in Memory at a time**

# 单道批处理系统(simple batch system)

- **Input devices**: card readers, tape drives
- **Output devices**: line printers, card punches and tape drives
  - Line printers(行式打印机)
  - **Card punches(打孔机)**: A computer-actuated punch or a hand punch that punches holes in a punch card or punched card.
- Operator **BATCH** similar jobs to speed up processing
  - User VS. operator
  - Compare to : Manual system
- **Monitor** (OS) , load program and execute
  - Always resident in memory
  - **FIFO**: Transfer control automatically from one job to the next
- **Only One Job in Memory at a time**

# 单道批处理系统(simple batch system)

- **Input devices**: card readers, tape drives
- **Output devices**: line printers, card punches and tape drives
- Operator **BATCH** similar jobs to speed up processing
  - User VS. operator
  - Compare to : Manual system
- **Monitor** (OS) , load program and execute
  - Always resident in memory
  - **FIFO**: Transfer control automatically from one job to the next
- **Only One Job in Memory at a time**

# 单道批处理系统(simple batch system)

- **Input devices**: card readers, tape drives
- **Output devices**: line printers, card punches and tape drives
- Operator **BATCH** similar jobs to speed up processing
  - User VS. operator
  - Compare to : Manual system
- **Monitor** (OS) , load program and execute
  - Always resident in memory
  - **FIFO**: Transfer control automatically from one job to the next
- Only One Job in Memory at a time



# 单道批处理系统(simple batch system)

- **Input devices**: card readers, tape drives
- **Output devices**: line printers, card punches and tape drives
- Operator **BATCH** similar jobs to speed up processing
  - User VS. operator
  - Compare to : Manual system
- **Monitor** (OS) , load program and execute
  - Always resident in memory
  - **FIFO**: Transfer control automatically from one job to the next
- **Only One Job in Memory at a time**

# 单道批处理系统的工作过程

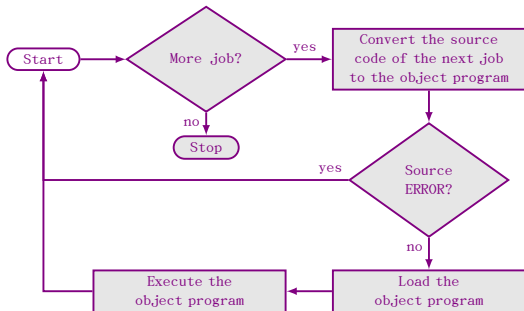
## ● 处理过程

- 监督程序 (monitor)
- 系统对作业的处理都是成批进行的、且内存中始终只保持一道作业。
- 批处理系统的引入是为了提高系统资源的利用率和吞吐量

## ● 特征

- 自动性、顺序性、单道性

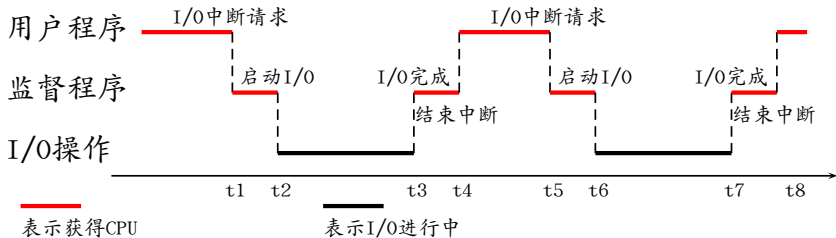
Monitor :



# 单道程序运行情况

用户进程的行为序列：

执行 → I/O → 执行 → I/O → ... → 执行 → I/O → 执行



# 单道批处理系统分析

## Analysis

- Serial Card reader: **Jobs execute one by one**
- Mechanical I/O device: **poor speed**
  - CPU速度与I/O速度之间的矛盾
  - CPU: **thousands of intructions/sec** VS. Card reader: **20 cards/sec**
  - CPU is often **idle**→CPU utilization is **LOW**

解决问题的办法：引入的新技术和成果

- **Off-line I/O (脱机I/O)**
  - a cheaper system reads from cards into tapes
- **磁盘(Disk)**
  - Allowed OS to keep all jobs on a disk
  - With direct access to several jobs  
Could do **Job scheduling** to use resources and perform task efficiently
  - Multiprogramming (多道程序) →CPU utilization(利用率)↑

# 单道批处理系统分析

## Analysis

- Serial Card reader: **Jobs execute one by one**
- Mechanical I/O device: **poor speed**
  - CPU速度与I/O速度之间的矛盾
  - CPU: **thousands of intructions/sec** VS. Card reader: **20 cards/sec**
  - CPU is often **idle**→CPU utilization is **LOW**

解决问题的办法：引入的新技术和成果

- **Off-line I/O (脱机I/O)**
  - a cheaper system reads from cards into tapes
- **磁盘(Disk)**
  - Allowed OS to keep all jobs on a disk
  - With direct access to several jobs  
Could do **Job scheduling** to use resources and perform task efficiently
  - Multiprogramming (多道程序) →CPU utilization(利用率)↑

## 专题1.2：脱机I/O

脱机I/O（时间：50年代末）

- 目的：解决人机矛盾和CPU与I/O设备之间速度不匹配的矛盾
- 方法：利用低速的外围机进行，纸带（卡片）→磁带（磁盘）

脱机I/O（时间：50年代末）

- 目的：解决**人机矛盾**和**CPU与I/O设备之间速度不匹配的矛盾**

- **人机矛盾**：人工操作方式与机器利用率的矛盾

- 方法：利用**低速的外围机**进行，纸带（卡片）→磁带（磁盘）

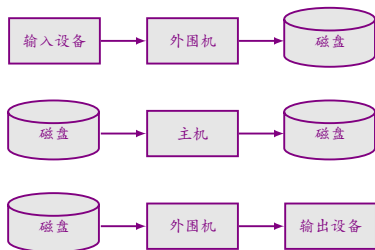


脱机I/O（时间：50年代末）

- 目的：解决人机矛盾和CPU与I/O设备之间速度不匹配的矛盾
- 方法：利用低速的外围机进行，纸带（卡片）→磁带（磁盘）

脱机I/O（时间：50年代末）

- 目的：解决人机矛盾和CPU与I/O设备之间速度不匹配的矛盾
- 方法：利用低速的外围机进行，纸带（卡片）→磁带（磁盘）



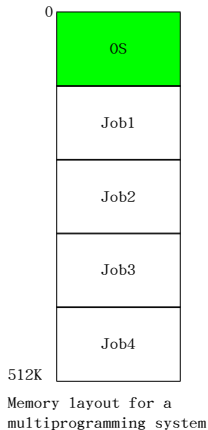
- 脱机的内涵：  
程序和数据都在脱离主机控制下，  
由外围机控制完成。

## 专题1.3：多道批处理系统

- 多道批处理系统的概念和工作过程
- 多道程序对操作系统的功能需求
- 多道批处理系统的分析

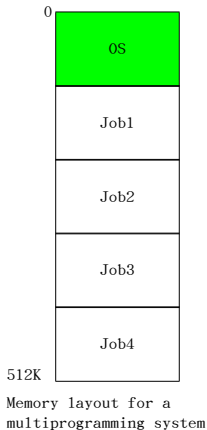
# 多道批处理系统(multiprogramming system)

- **多道**：系统中同时驻留多个作业
  - **共享内存**
  - **复用CPU**：  
当一个作业因某个原因暂停运行时，  
切换到另一个作业上运行
- 多道引入的优点：
  - 提高CPU利用率
  - 提高内存和I/O设备利用率
  - 提高了系统吞吐量
- **特征**
  - 多道性、
  - 无序性、
  - 调度性（作业调度、进程调度）



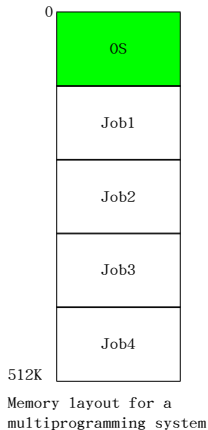
# 多道批处理系统(multiprogramming system)

- **多道**：系统中同时驻留多个作业
  - **共享内存**
  - **复用CPU**：  
当一个作业因某个原因暂停运行时，  
切换到另一个作业上运行
- 多道引入的优点：
  - 提高CPU利用率
  - 提高内存和I/O设备利用率
  - 提高了系统吞吐量
- **特征**
  - 多道性、
  - 无序性、
  - 调度性（作业调度、进程调度）

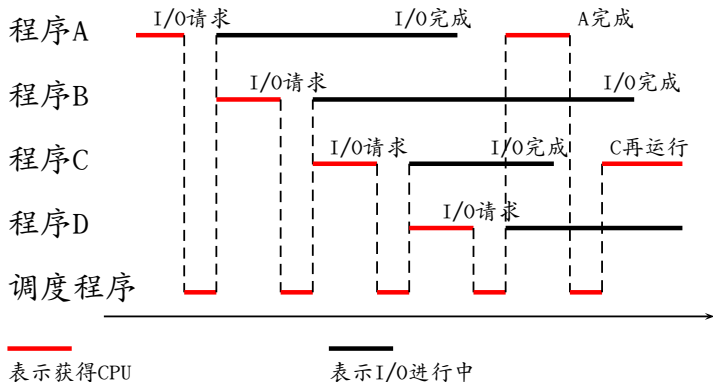


# 多道批处理系统(multiprogramming system)

- **多道**：系统中同时驻留多个作业
  - **共享内存**
  - **复用CPU**：  
当一个作业因某个原因暂停运行时，  
切换到另一个作业上运行
- 多道引入的优点：
  - 提高CPU利用率
  - 提高内存和I/O设备利用率
  - 提高了系统吞吐量
- **特征**
  - 1 多道性、
  - 2 无序性、
  - 3 调度性（作业调度、进程调度）



# 多道程序运行情况（四道时）



# 多道程序对操作系统的功能需求

- Job Scheduling

- How many & which jobs entered memory

- Memory management

- where & how much memory: the system must allocate the memory to several jobs.
- Memory protection for each job

- CPU scheduling

- Which job in memory( job pool) would get the CPU
- Job and CPU scheduling makes up 2-phrase of scheduling

- I/O routine supplied by the system.

- Allocation of devices.



# 多道批处理系统分析

- When the job have to wait for some task, such as an I/O op. to complete
  - Single Batch System: CPU→idle
  - Multiprogramming system: CPU→switch to another job and execute(CPU is never idle)
- **Advantages**
  - Higher CPU, I/O, Memory Utilization
  - Higher system throughput
- **Disadvantages**
  - No User interaction with computer
  - Job time too long ( why?)
    - Simple batch system VS. Multiprogramming system

# 多道批处理系统分析

- When the job have to wait for some task, such as an I/O op. to complete
  - Single Batch System: CPU→idle
  - Multiprogramming system: CPU→switch to another job and execute(CPU is never idle)
- Advantages
  - Higher CPU, I/O, Memory Utilization
  - Higher system throughput
- Disadvantages
  - No User interaction with computer
  - Job time too long ( why?)
    - Simple batch system VS. Multiprogramming system

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- **1965~1980, 引入分时**
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

# History of the OS(1965~1980, 引入分时)

- IC circuits (集成电路)
  - LSI, VLSI
- UNIX
- More Applications
- OS
  - Multiprogramming batch systems ↑
  - Time-sharing systems (分时系统)

## 专题2：分时系统

- 分时系统的需求及其解决
- 经典案例
- 分时系统下的工作方式
- 关键技术、设计目标和实现



MIT CTSS



IBM709

- 需求：User need interaction with computer
  - Response time < 1 sec
- 解决方法：
  - Share CPU by time pieces (时间片)
  - Time-sharing ( multitasking)
- Users share Main frame
  - One main frame VS. Multi users & Multi terminal
- Time-sharing system is a logical extension of multiprogramming.
- 经典操作系统：MULTICS、UNIX

# 经典案例：UNIX

- 一群计算机迷 在贝尔实验室开发出UNIX
- 初衷：可以在一台无人使用的DEC PDP-7 小型计算机上玩星际探险游戏
- Ken Thompson, Dennis Ritchie 1983年图灵奖获得者 1999年4月 美国国家技术金奖



汤普逊和里奇在DEC PDP-7计算机旁工作

# 分时系统下的工作方式

- 一台主机连接了若干个终端，每个终端有一个用户在使用
  - 交互式的向系统提出命令请求
  - 系统接受每个用户的命令
  - 采用时间片轮转方式处理服务请求
  - 通过交互方式在终端上向用户显示结果
  - 用户根据上步结果发出下道命令



# 分时系统的关键技术

- Receive input in time (及时接收)
- Process in time (及时处理)
- 解决思路：
  - Mutual job (交互作业) always in memory
  - Time pieces
- 分时系统的**特征**
  - 多路性、独立性、及时性、交互性

# 分时系统的设计目标

- 分时操作系统所追求的设计目标：
  - 及时响应，其依据是响应时间
- 响应时间：
  - 从终端发出命令到系统给予回答所经历的时间
- 影响响应时间的因素：
  - 机器处理能力
  - 请求服务的时间长短
  - 系统中连接的终端数目
  - 服务请求的分布
  - 调度算法（时间片的选取）

# 分时系统的实现

- 单道与分时的结合：
  - 单道分时
- 分时与批处理相结合：
  - 原则：分时优先，批处理在后
  - 具有前后台的分时：
    - “前台”：需频繁交互的作业
    - “后台”：时间性要求不强的作业
- 分时与多道相结合
  - 多道分时

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

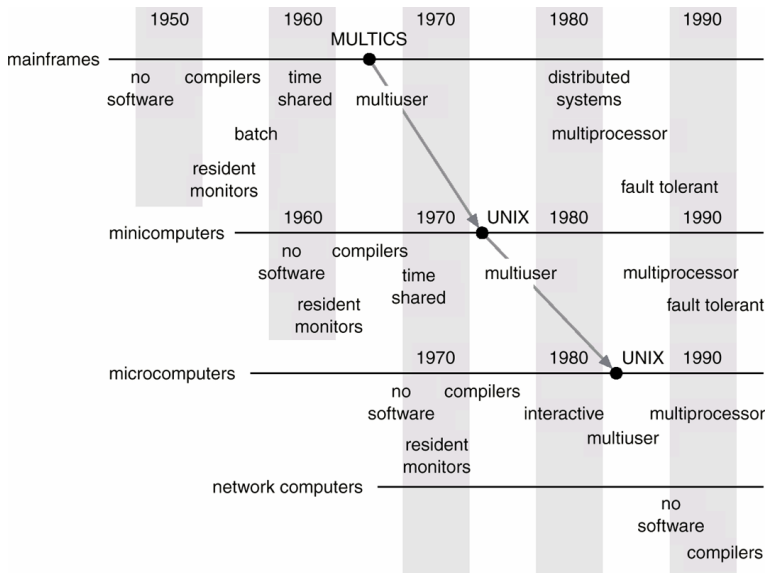
- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

# History of the OS(1980~present, PC时代, 百花齐放)

- Development of Computer architecture (图)
  - 32bits→64bits
  - Workstations and PCs
  - Parallel processors
  - Computer networks
  - Cluster
- Special purpose computer system Types
  - Parallel systems
  - Real-time systems
  - Embedded systems
  - Distributed systems

# Migration of OS Concepts and Features



## 专题3：实时系统

- 实时系统
- 实时任务的分类
- 实时系统的实现和应用
- 实时系统与批处理系统、分时系统的比较

- 通常在一些专门的应用中，用来控制设备
  - 这种系统往往具有及时响应的时限
    - 严格 vs. 不严格

- 定义：

实时系统是指使计算机能及时响应外部事件的请求，在规定的严格时间内完成对该事件的处理，并控制所有实时设备和实时任务协调一致地工作的操作系统

- 按领域分类：

- 第一类：实时过程控制
- 第二类：实时通信（信息）处理



# 实时任务的分类

- 按任务执行是否呈现周期性来划分
  - 周期性的，有规律；
  - 非周期性的，无规律，但有截止时间
    - 开始截止时间 vs. 完成截止时间
- 根据对截止时间的要求来划分
  - 硬实时任务 vs. 软实时任务
- 实时操作系统追求的设计目标：
  - 满足实时性要求：  
对外部请求在严格时间范围内作出反应
  - 高可靠性

# 实时系统的实现和应用

- 硬实时系统：Hard real-time system
  - Secondary storage limited or absent, data stored in short-term memory, or read-only memory (ROM)
  - Conflicts with time-sharing systems, not supported by general-purpose operating systems
- 软实时系统：Soft real-time system
  - Limited utility in industrial control or robotics
  - Useful in applications (multimedia, virtual reality) requiring advanced operating-system features
- 典型：VxWorks、QNX、RTEMS

# 实时系统与批处理系统和分时系统的区别

- **专用系统：**
  - 许多实时系统是专用系统，而批处理与分时系统通常是通用系统
- **实时控制：**
  - 实时系统用于控制实时过程，要求对外部事件的迅速响应，具有较强的中断处理机构
- **高可靠性：**
  - 实时系统用于控制重要过程，要求高度可靠，具有较高冗余（如双机系统）
- **事件驱动和队列驱动：**
  - 实时系统的工作方式：  
接受外部消息，分析消息，调用相应处理程序进行处理。

# 实时、分时的比较

- 多路性：相同
- 独立性：相同
  
- 及时性：实时系统要求更高
- 交互性：分时系统交互性更强
- 可靠性：实时系统要求更高

- 到目前为止，介绍了**三种最基本的操作系统类型**【汤】
  - ① 批处理系统
  - ② 分时系统
  - ③ 实时系统
- 一个实际的操作系统，往往兼有上述三种基本操作系统类型的功能
- 后面会简单介绍其他类型的操作系统

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

# 1990~present, 移动计算时代

- Today, mobile phone penetration is close to 90% of the global population.
- The first real smartphone: Nokia N9000
- OS:
  - ..., Symbian, Blackberry, iOS, Android, ...

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结



- Personal computers (PCs)
  - 计算机为单用户服务
- I/O devices 键盘、鼠标、显示器、打印机
- PC系统所追求的设计目标是：
  - 界面友好，使用方便 (User convenience & responsiveness) ，  
有丰富的应用软件
  - 不必过于追求CPU利用率

# 常见的PC system用的操作系统

- OS
  - MS-DOS
  - OS/2
  - Microsoft windows ...
    - NT, 95, 98, 2000, xp, windows me, Win7, Win8, windows vista
  - Apple Macintosh
  - Linux (...)
  - ...

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

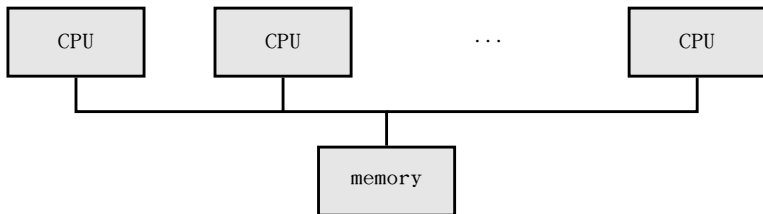
- Personal-Computer Systems
- **Parallel Systems**
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

- Multiprocessor systems with more than one CPU in close communication
- Tightly coupled system 紧耦合系统
  - processors share memory and a clock; communication usually takes place through the shared memory
- 优点:
  - Increased throughput
  - Economical
  - Increased reliability
  - graceful degradation
  - fail-soft systems

# 并行系统(Cont.)

- Symmetric multiprocessing (SMP, 对称多处理器)
  - Each processor runs an identical copy of the operating system.
  - Many processes can run at once without performance deterioration.



- 现在的大多数通用操作系统都支持SMP，例如Linux、UNIX、Windows

- Asymmetric multiprocessing 非对称多处理 ASMP
  - Each processor is assigned a specific task; master processor schedules and allocates work to slave processors.
  - More common in extremely large systems

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- **Distributed Systems**
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

- 分布式系统：处理和控制的分散
- Loosely coupled system 松耦合系统
  - each processor has its own local memory; processors communicate with one another through various communications lines, such as high-speed buses or telephone lines
- Advantages of distributed systems
  - Resources Sharing 资源共享
  - Computation speed up — load sharing 负载均衡
  - Reliability 可靠
  - Communications 通信



# 分布式系统上的操作系统

- Network Operating System 网络操作系统
  - provides file sharing
  - provides communication scheme
  - runs independently from other computers on the network
- Distributed Operating System 分布式操作系统
  - less autonomy between computers
  - gives the impression there is a single operating system controlling the network 单一映像

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

- 嵌入式系统是在各种设备、装置或系统中，完成特定功能的软硬件系统
  - 它们是一个大设备、装置或系统中的一部分，这个大设备、装置或系统可以不是“计算机”
  - 通常工作在反应式或对处理时间有较严格要求环境中
- 由于它们被嵌入在各种设备、装置或系统中，因此称为嵌入式系统
- 嵌入式系统具有最广泛的应用

- 嵌入式操作系统与通用操作系统有很大不同
  - Small size、Low power
  - Special environment, special function
  - 开发方式也不同
    - 交叉开发
    - Host, simulator VS. target
- 经典：VxWorks、嵌入式Linux系列、RTEMS、WindowsCE、PalmOS

- 1 阅读至少2本操作系统相关书籍，
  - 给出这些书中关于操作系统的定义，要列出出处。
  - 阐明操作系统的公共设计目标和某些操作系统特有的设计目标，要列出出处。
  - 阐明操作系统的作用，要列出出处。
- 2 根据你对操作系统的理解，画出操作系统的层次模块图（自由发挥，合乎逻辑）。
- 3 操作系统的基本类型是哪三种？它们的关键技术有哪些？
- 4 使用一张表，简要列出操作系统发展各个阶段的年代、器件技术、操作系统突破的关键技术问题。
- 5 多道程序设计的主要优点是什么？多道程序对操作系统的功能需求有哪些？

# 实验一（必做）

- 安装虚拟机，具体参见课程主页

# 小结

## 1 What is OS?

- 操作系统的定义和目标
- Roles of operating system
- 操作系统的层次模型

## 2 History of Operating Systems

- 操作系统的发展动力
- 1945~1955, 无操作系统
- 1955~1965, 批处理系统
- 1965~1980, 引入分时
- 1980~present, PC时代, 百花齐放
- 1990~present, 移动计算时代

## 3 其他操作系统

- Personal-Computer Systems
- Parallel Systems
- Distributed Systems
- Embedded System

## 4 作业、实验和小结

谢谢！

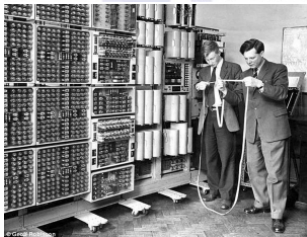
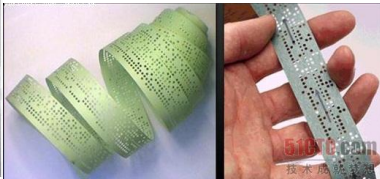
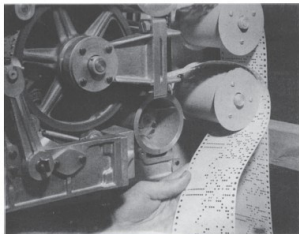


# 资料：穿孔卡片等



穿孔卡片(punched card)：在硬纸板上打孔以记录信息的工具。（图：IBM12行80列穿孔卡）

# 资料：穿孔纸带机等



上世纪60年代，科学家在检查电脑“哈维尔”上的穿孔纸带  
阅读“世界最老电脑”修后重启 比iphone慢800万倍

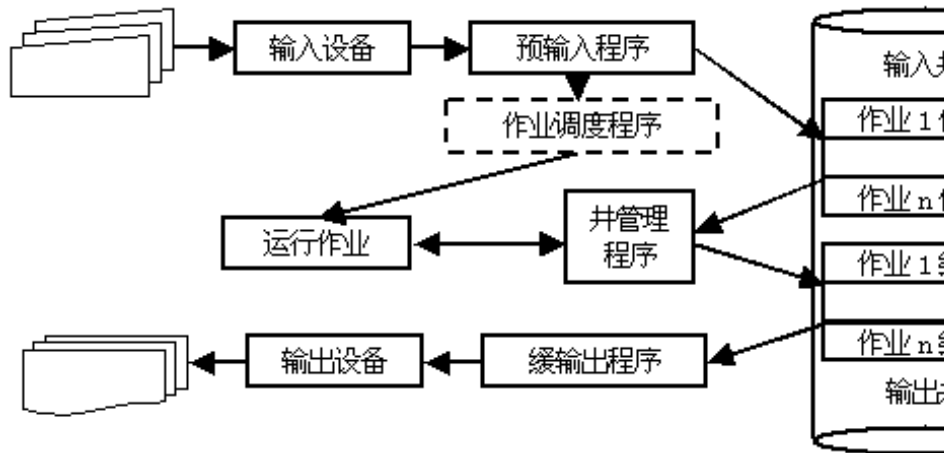
## 专题1.2：SPooling技术

- 1961年，英国曼彻斯特大学，Atalas机
- Simultaneous Peripheral Operation On-Line  
(同时的外围设备联机操作——假脱机技术)
- 基本思想：  
利用磁盘作缓冲，将输入、计算、输出分别组织成独立的任务流，使I/O和计算真正并行

- 1961年，英国曼彻斯特大学，Atalas机
- Simultaneous Peripheral Operation On-Line  
(同时的外围设备联机操作——假脱机技术)
- **基本思想：**  
利用磁盘作缓冲，将输入、计算、输出分别组织成独立的任务流，使I/O和计算真正并行

- 作业进入到磁盘上的输入井
- 按某种调度策略选择几种搭配得当的作业，并调入内存
- 作业运行的结果输出到磁盘上的输出井
- 结果从磁盘上的输出井送到打印机
- 使用**进程**代替外围机

# SPOOLing系统的组成示意图



(From: <http://course.cug.edu.cn/cug/OS2.0a/study/chapter7/7.6.htm>)