

计算机体系结构--

基本概念

zhaofangbupt@163.com



北京邮电大学

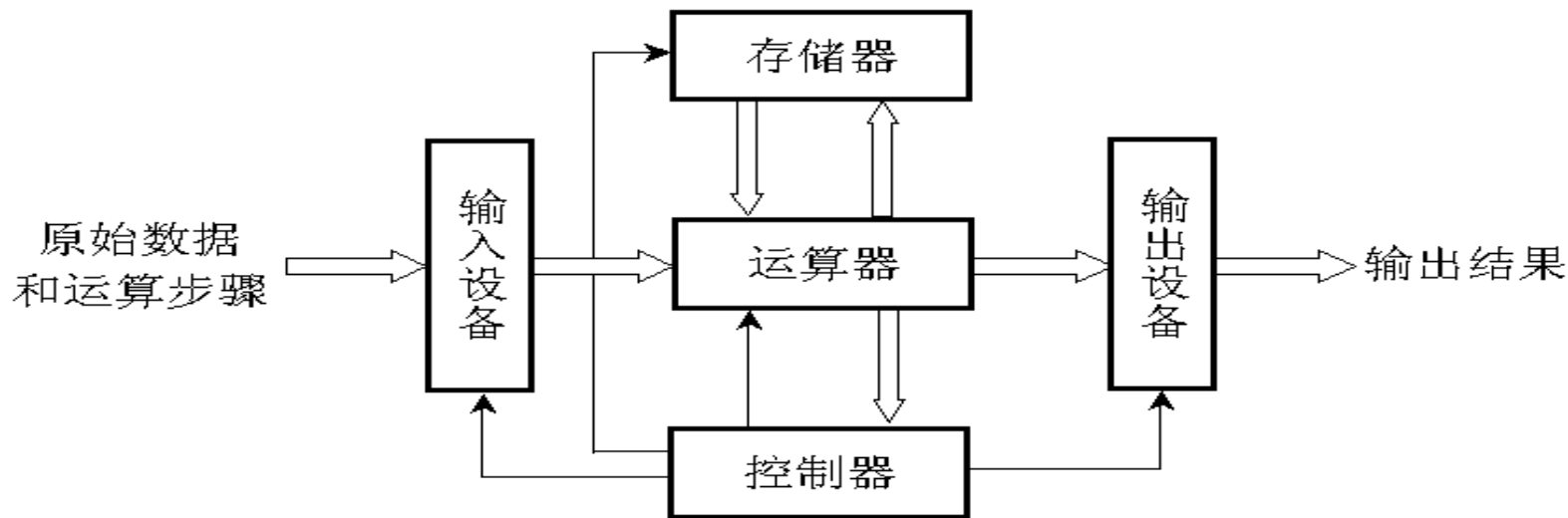
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

主要内容

- ◆ 1. 计算机系统结构的概念
- ◆ 2. 计算机系统结构的发展
- ◆ 3. 影响体系结构的因素
- ◆ 4. 定量分析技术基础
- ◆ 5. 体系结构中并行性的发展

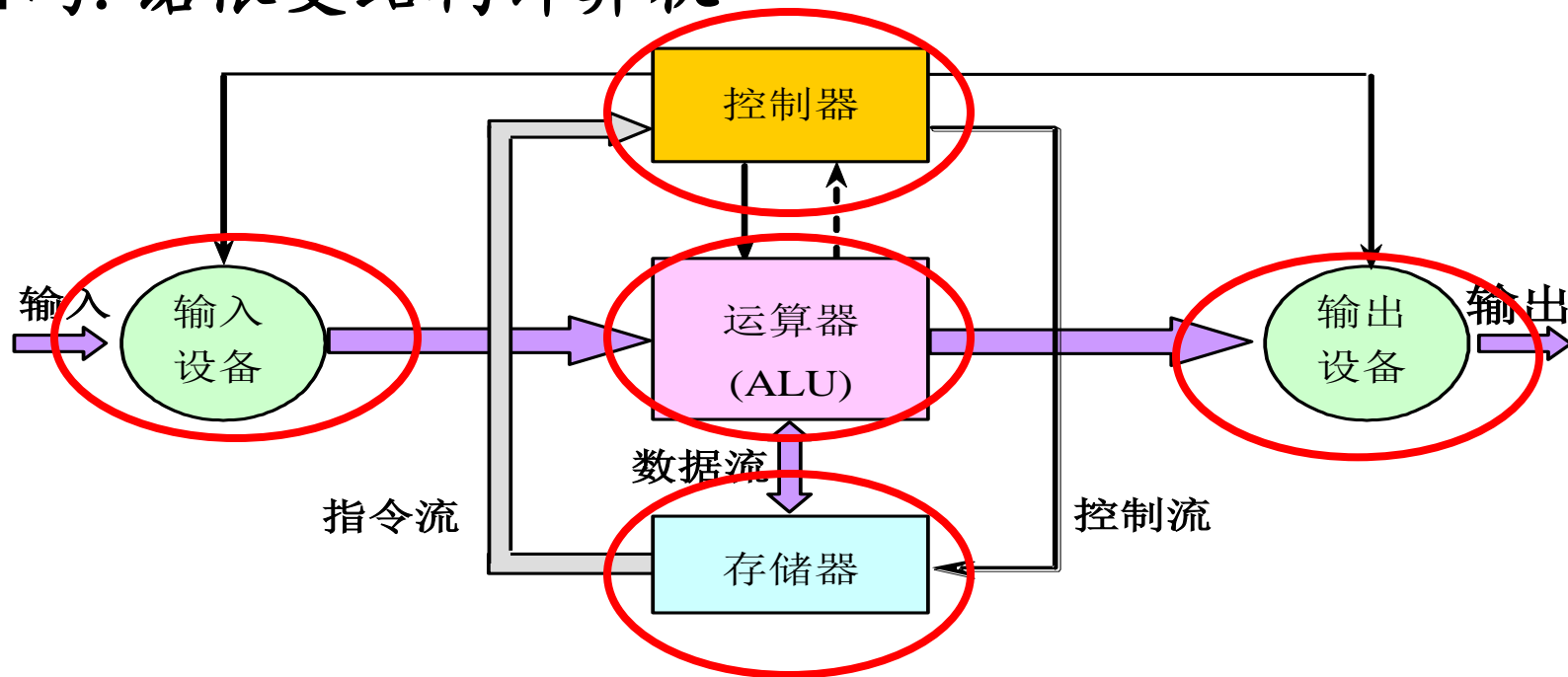
以运算器为中心的体系结构

□ 以运算器为中心的计算机



存储程序式计算机结构

□ 冯. 诺依曼结构计算机



冯. 诺依曼结构主要特点

- 计算机以运算器为中心，输入输出设备与存储器间的数据传送通过运算器完成
- 指令和数据均用二进制数表示
- 指令和数据以同等地位存入于存储器内，并可按地址寻访
- 指令由操作码和地址码组成
- 指令的执行是顺序的
 - 一般按照指令在存储器中存放的顺序执行
 - 转移指令实现指令的分支跳转

冯. 诺依曼结构的影响

- 指令执行顺序由指令计数器控制，是一种控制驱动方式的机器
- 指令串行执行方式，使其解题算法和编程模型只能是顺序型的
- 功能分配不够合理，促使人们进行结构的改进：
 - 输入/输出方式的改进
 - 采用并行处理技术
 - 存储器组织结构的发展
 - 指令系统的发展

对体系结构的改进

□ 冯. 诺依曼结构以运算器为中心，使得输入/输出存在与运算操作只能串行进行，运算器成为整个系统的瓶颈

➤ 人们提出了多种输入/输出方式



对体系结构的改进

□ 采用并行处理技术

- 在不同级别采用并行技术，例如，微操作级、指令级、线程级、进程级、任务级等

□ 存储器组织结构的发展

- 按内容访问的相联存储器
- CPU内设置了通用寄存器组，在CPU和主存之间设置了高速缓冲存储器Cache

□ 指令系统的发展

- 复杂指令集计算机 (CISC)
- 精减指令集计算机 (RISC)

软件对体系结构的影响

□ 问题的提出

- 软件成本越来越高
- 软件产量和可靠性的提高困难
- 软件排错比编写更困难
- 积累了大量成熟的软件

□ 可移植性的定义

- 软件不用修改或只需少量加工就能由一台机器移植到另一台机器上运行，即同一软件可应用于不同的环境
- 两台计算机软件兼容

实现可移植性的常用方法

□ 技术一：统一高级语言

- 采用满足各种应用需要的通用高级语言，编操作系统的全部或一部分，编应用软件
- 可以解决结构相同或完全不同的各种机器上软件移植
- 问题1：不同的用途要求语言的语法、语义结构不同
- 问题2：对语言的基本结构没有透彻和统一的认识
- 问题3：即使同一种高级语言在不同厂家的机器上也不完全通用
- 问题4：受习惯势力阻挠，人们不愿抛弃惯用的语言
- 前景：很困难的重要方向

实现可移植性的常用方法

□ 技术二：利用系列机

- 具有相同的系统结构，但具有不同组成和实现
- 较好地解决软件开发要求系统结构相对稳定与器件、硬件技术迅速发展的矛盾

□ 设计要点：

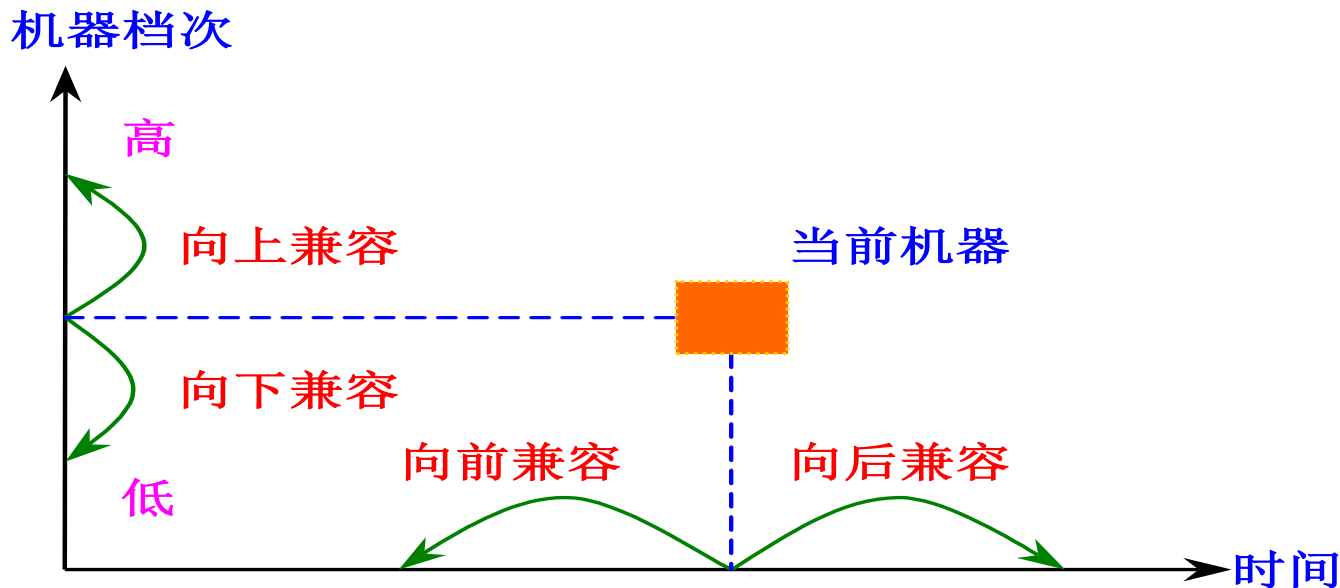
- 与“从中间开始”的设计方法相呼应
- 要确定好一种概念结构（主要是软、硬件交界面）并有扩充余地
- 要有统一的汇编语言或机器语言
- 要具有兼容性

实现可移植性的常用方法

- **软件兼容性**：同一个软件可以不加修改地运行于系统结构相同的各档机器上，而且运行结果一样，差别只是运行时间不同
 - **向（前）后兼容**：在某一时间生产的机器上运行的目标软件能够直接运行于更（早）晚生产的机器上
 - **向上（下）兼容**：在低（高）档机器上运行的目标软件能够直接运行于高（低）档机器上
- **对系列机的要求**：系列机后续各档机器的系统结构可以在原有基础扩充，但要保持**向后兼容**

实现可移植性的常用方法

□ **兼容机**：由不同公司厂家生产的具有相同系统结构的计算机



实现可移植性的常用方法

□ 技术三：模拟与仿真

□ 问题的提出：

- 系列机仅解决了同一系列计算机之间的软件移植
- 软件需要在具有不同系统结构的计算机之间互相移植

□ 解决的方法：

- 在一种系统结构上实现另一种系统结构来实现
- 从指令集的角度来看，就是要在一种计算机上实现另一种计算机的指令集

□ 通过模拟和仿真两种方法来实现

实现可移植性的常用方法

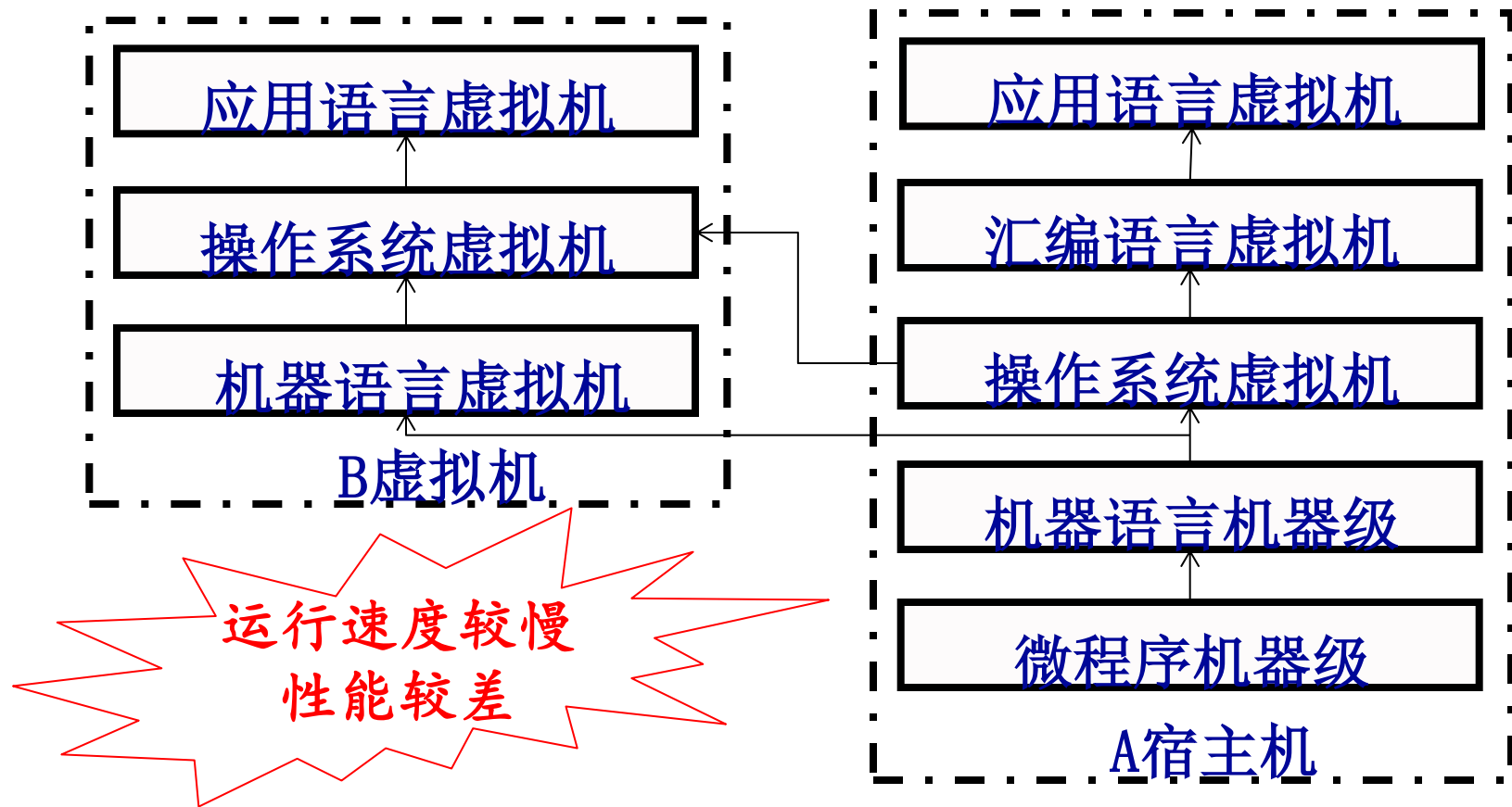
□ 模拟

- 用软件的方法在一台现有的计算机（称为**宿主机**）上实现另一台计算机（称为**虚拟机**）的指令系统
- 通常采用**解释法**完成

□ 仿真

- 用一台现有计算机（宿主机）上的微程序去解释实现另一台计算机（称为**目标机**）的指令系统
- 有**硬件**参与解释过程

实现可移植性的常用方法-模拟



实现可移植性的常用方法-仿真



只能在系统结构
差距不大的机器
之间使用

仿真和模拟的区别和联系

□ 主要区别：解释执行所用的语言

- 仿真用**微程序**解释执行，解释程序存放在CPU内控制存储器中
- 模拟用**机器语言程序**解释，模拟程序存放在主存中

□ 仿真的运行速度比模拟方法的快

□ 仿真只能在系统结构差距不大的计算机之间使用

□ 取长补短：两种方式混合使用

- 使用频度较高指令，尽可能采用仿真方法；使用频度低和难以仿真实现的指令，则用模拟方法来实现

编译技术对体系结构的影响

- 绝大多数程序是高级语言编写，大多数指令是编译程序生成
- 目标代码的执行速度是系统结构设计考虑的一个重要因素
- 编译技术对系统结构的影响：
 - 数据的存储结构：高级语言采用堆栈、全局数据区、堆区
 - 指令序列的特征：各种指令的使用概率
 - 控制结构的特征：编译的代码优化，优化指令调度

操作系统对体系结构的影响

□ 计算机系统结构必须对操作系统提供支持：

- **系统服务机制**（系统调用机制）：磁盘的访问与文件操作
- **存储器管理与存储保护**：地址变换、访问权限检查
- **进程或线程同步机制**：提高特殊指令实现对共享变量的原子访问
- **进程或线程切换机制**：高效进行进程现场保护
- **故障诊断机制**：故障信息保护与指令跟踪功能

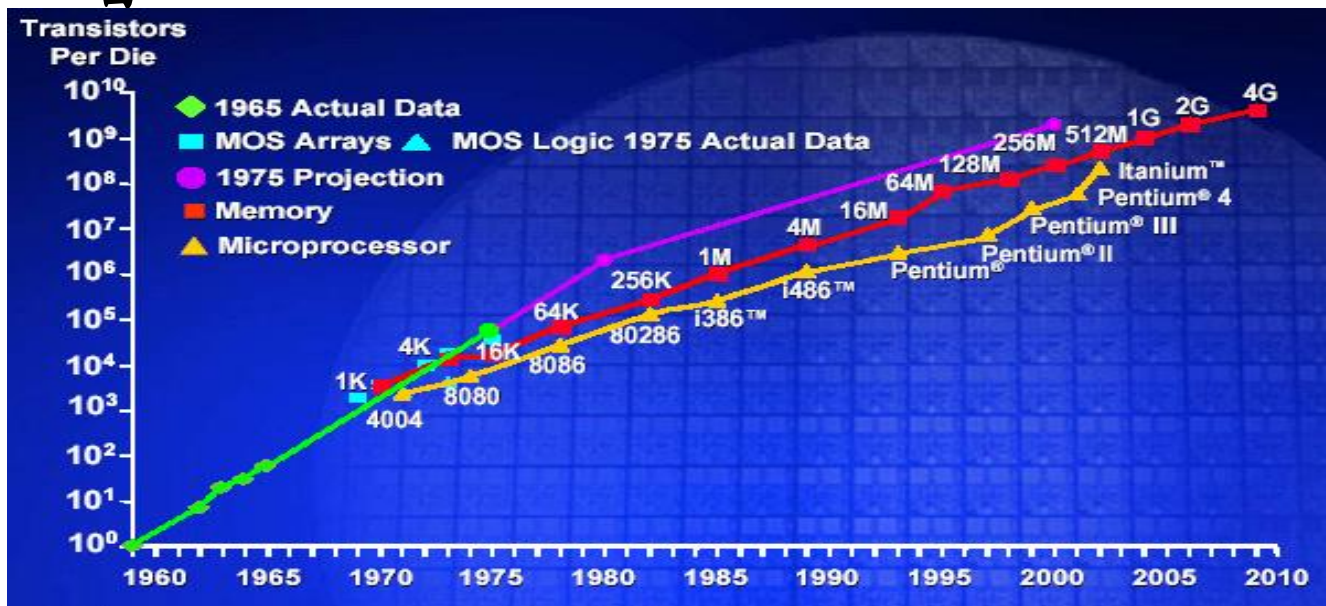
器件发展对系统结构的影响

- 器件是组成计算机系统最基本的单元，也是推动计算机系统结构不断发展的最活跃的因素
 - 有了器件可靠性数量级的提高，才有流水技术的采用
 - 高速、廉价的半导体存储芯片的出现，Cache和虚拟存储器才能真正实现
 - 没有PROM (EPROM) 芯片的出现，微程序技术就无法真正得到广泛的使用
 - 磁、光存储技术的发展，计算机外存储容量不断增大
 - 光纤技术的发展，构成更大范围并行与协作计算系统

器件发展对系统结构的影响

□ 摩尔定律

- 集成电路芯片上所集成的晶体管数目每隔18个月就翻一番



5代计算机的典型特征

分代	器件特征	结构特征	软件特征	典型实例
第一代 (1945-1954)	电子管和继电器	存储程序计算机 程序控制I/O	机器语言 汇编语言	普林斯顿ISA, ENIAC, IBM 701
第二代 (1955-1964)	晶体管、磁芯 印刷电路	浮点数据表示 寻址技术 中断、I/O处理机	高级语言和编译 批处理监控系统	Univac LAPC, CDC 1604, IBM 7030
第三代 (1965-1974)	SSI和MSI 多层印刷电路 微程序	流水线、Cache 线性处理 系列机	多道程序 分时操作系统	IBM 360/370, CDC 6600/7600, DEC PDP-8
第四代 (1975-1990)	LSI和VLSI 半导体存储器	向量处理 分布式存储器	并行与分布处理	Cray-1, IBM 3090, DEC VAX 9000, Convax-1
第五代 (1991-)	高性能微处理器高密 度电路	超标量、超流水 SMP、MP、MPP 机群	大规模、可扩展 并行与分布处理	SGI Cray T3E, IBM SP2, DEC AlphaServer 8400

器件发展对系统结构的影响

□ 芯片集成度提高，成本不断下降

- 工作频率提高，使计算机系统性能提高
- 影响软硬件的界面，硬件实现的过去软件的功能，硬件结构更复杂。多核芯片的出现
- 结合组装技术的发展，影响模块、插件、底板功能划分与接口设计

□ 对系统结构的影响

- CPU寄存器窗口、浮点运算器、I/O处理器，构成多CPU阵列、多处理器系统等

□ 对性能价格比的影响

器件发展对系统结构的影响

□ 器件的发展改变了逻辑设计的传统方法

- 逻辑设计的重点不再是逻辑化简、节省功耗、降低成本、提高速度，更多地考虑体系结构

□ 器件的发展加速结构的“下移”

- 大型机的数据表示，指令系统，操作系统出现的小、微型机上

□ 器件的发展促进了算法、语言和软件的发展

器件发展对系统结构的影响

□ 器件发展中的瓶颈

- 信号电路的传输延迟。板级延迟ns级，板级主频达到1GHz有困难
- 功耗与散热问题

□ 器件技术发展不平衡影响系统结构

- CPU主频每年提高约60%。存储芯片容量提高40% - 60%，速度10年提高约33%，速度的鸿沟越来越大
- 在系统结构上采用Cache进行缓冲

应用对系统结构的影响

□ 应用需求推动了计算机系统结构发展

- 科学计算和大量数据信息的处理
 - 小型机→中型机→大型机→巨型机
 - 浮点运算器、阵列机、并行处理机及多处理机系统
- 自动控制、信号传输与通信的需要
 - I/O处理机在内的各种专用计算机
- 智能化的控制与管理
 - 模糊处理机和模糊存储器
- 智能仪器仪表
 - 嵌入式计算机芯片

□ 应用需求是促进计算机系统结构发展最根本动力

应用对系统结构的影响

□ 为了满足不同领域中的特殊需求，需要设计高效率系统结构的计算机

➤ 高结构化的数值运算—

- 气象模型、流体动力学、有限元分析

➤ 非结构化的数值运算—

- 蒙特卡洛模拟、稀疏矩阵

➤ 实时多因素处理—

- 语音识别、图形图像处理、计算机视觉

➤ 大容量与高I/O密度的处理—

- 数据库系统、事务处理、大容量交换机

应用对系统结构的影响

➤ 图形学和设计问题—

- 计算机辅助设计

➤ 人工智能—

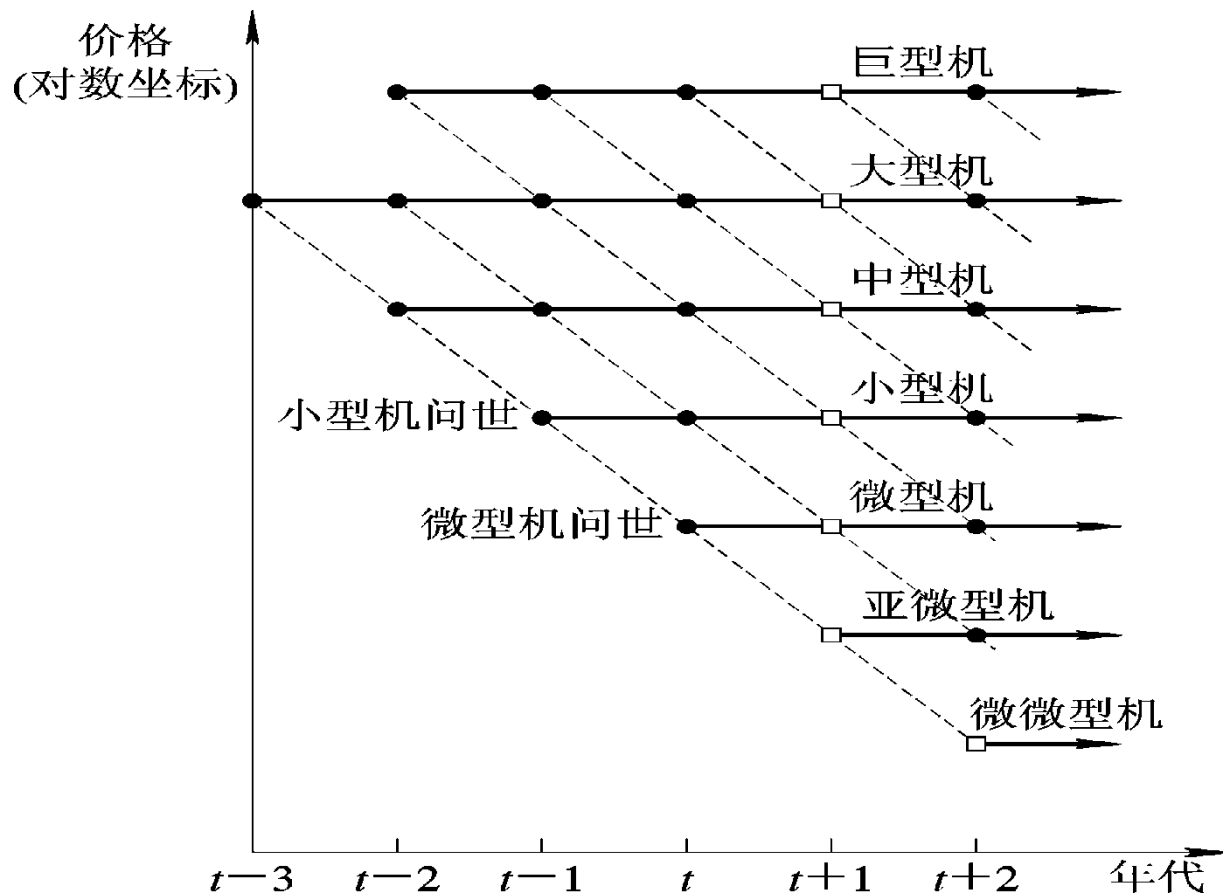
- 面向知识系统、推理系统、自学习系统、智能管理与控制

➤ 难解问题—

- NP问题

□ 需要把专用系统结构与通用系统结构结合起来，
确定一个合理的性能价格比

应用对系统结构的影响



算法对体系结构的影响

□ 开始研究计算机时人们就把算法与计算机系统结构联系在一起

➤ 为了用电信号来表示数据，选用了二进制计数法

➤ 为了进行加法运算，研制了加法器及其指令

➤ 为了进行减法运算，采用了补码，并产生了相关指令

□ 对于复杂的数学难题，为简化编程，研制出适应于某种算法的运算器和相应的指令系统

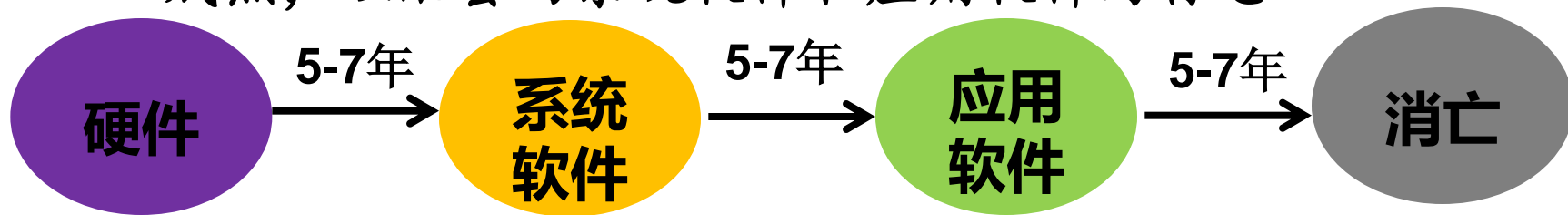
➤ 浮点运算器和浮点运算指令、乘/除法器及乘除法指令

□ 算法也是影响计算机系统结构的重要因素

系统结构的生命周期

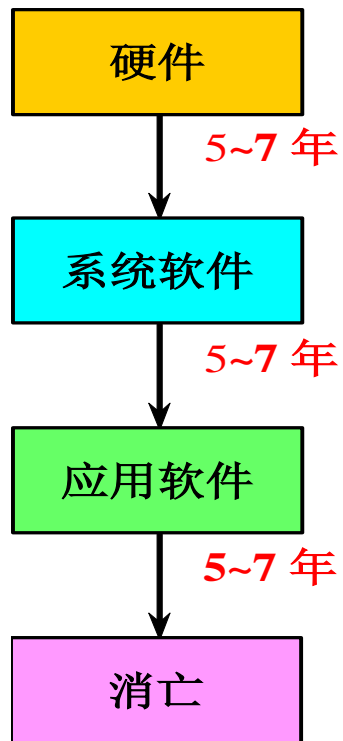
□ 一种体系结构，从诞生、发展、成熟到消亡，有生命周期

- 生命周期和硬件、系统软件、应用软件的发展相关
- 新的体系结构的诞生，通常以硬件为标志。其发展和成熟，以配套的系统软件和应用软件为标志

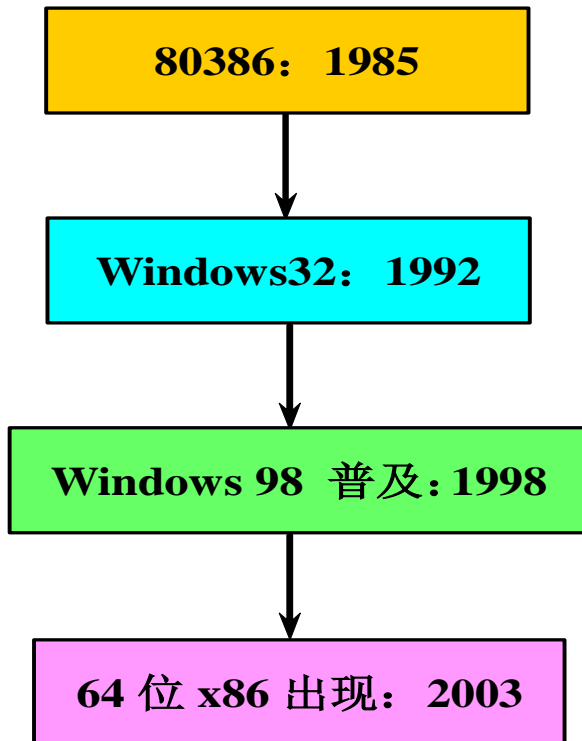


系统结构的生命周期

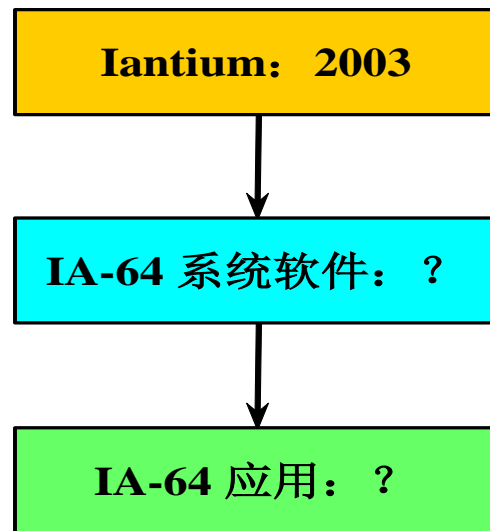
一般发展



32 位 x86(IA-32)



IA-64



内容小结

□ 计算机体系结构的发展

- 冯. 诺依曼计算机结构
- 计算机体系结构的改进

□ 软件对系统结构的影响

- 统一高级语言
- 系列机及软件兼容
- 模拟和仿真

□ 器件对系统结构的影响

- 摩尔定律

□ 应用对系统结构的影响

内容小结

□ 知识要点

冯. 诺依曼计算机	系列机	软件兼容
向上（下）兼容	向前（后）兼容	兼容机
模拟	仿真	摩尔定律

练习题

- 1. 实现软件可移植性的常用方法有哪几种？并简述其含义。

Thank You !

zhaofangbupt@163.com



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS