

计算机体系结构--

# 基本概念

[zhaofangbupt@163.com](mailto:zhaofangbupt@163.com)



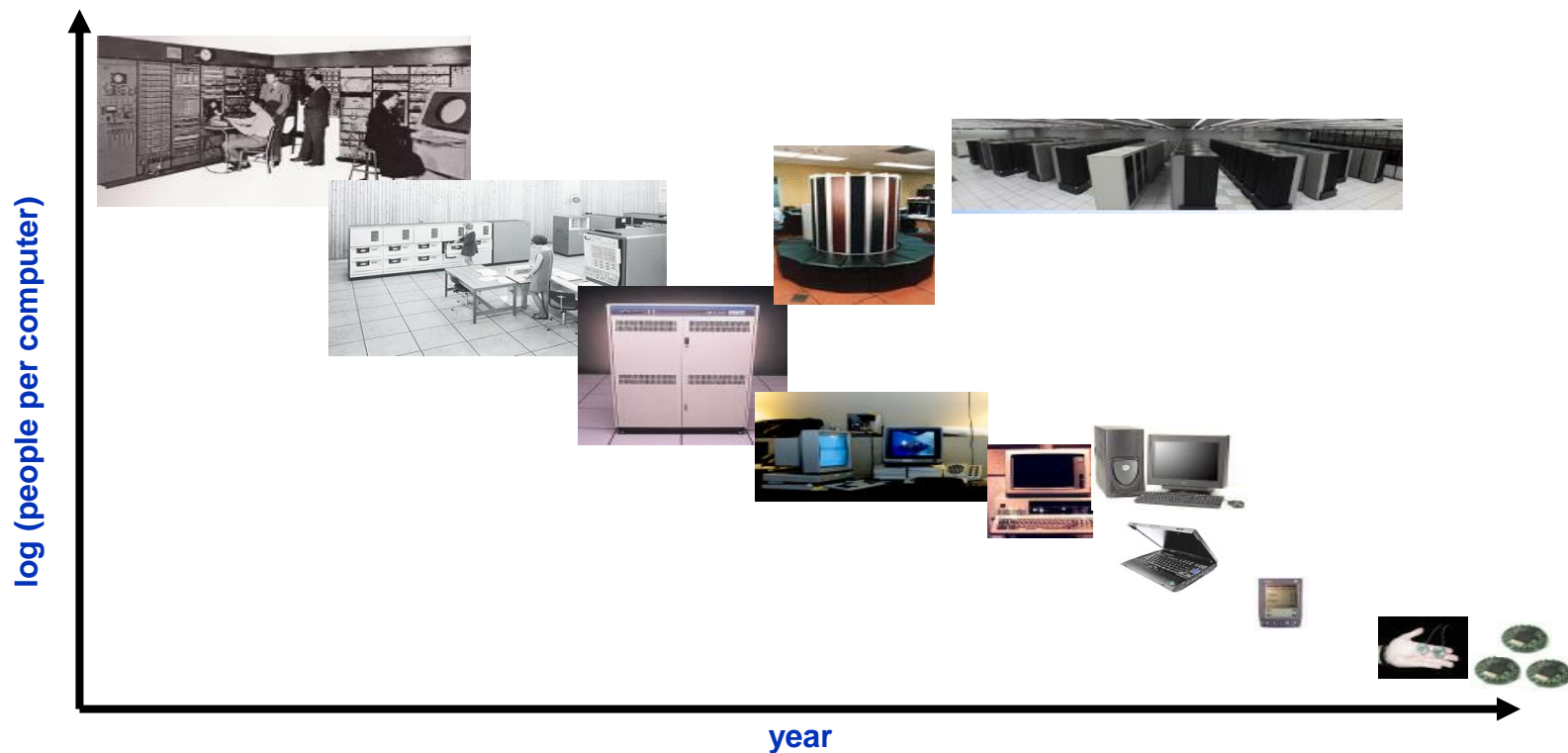
北京邮电大学

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.....●

# 计算机系统的发展



# 生产技术与体系结构对性能影响

时 间	原 因	每年的性能增长
1946年起25年	■ 生产技术与计算机体系结构两种因素均贡献巨大	25%
20世纪70年代末—80年代初	■ 大规模集成电路及微处理器技术的出现，使得计算机性能进入快速发展期	约35%
20世纪80年代开始	■ RISC结构的提出，系统结构不断更新和变革，制造技术不断发展 <ul style="list-style-type: none"><li>➢ 指令级并行</li><li>➢ 缓存的使用及不断优化</li></ul>	50%以上 维持了约17年
2002年以来	■ 并行处理及多核技术应用 ■ 硬件复兴的结束 <ul style="list-style-type: none"><li>➢ 大功耗及无法有效开发更多指令级并行两大瓶颈</li><li>➢ 存储器访问速度的提高缓慢</li></ul>	约20%

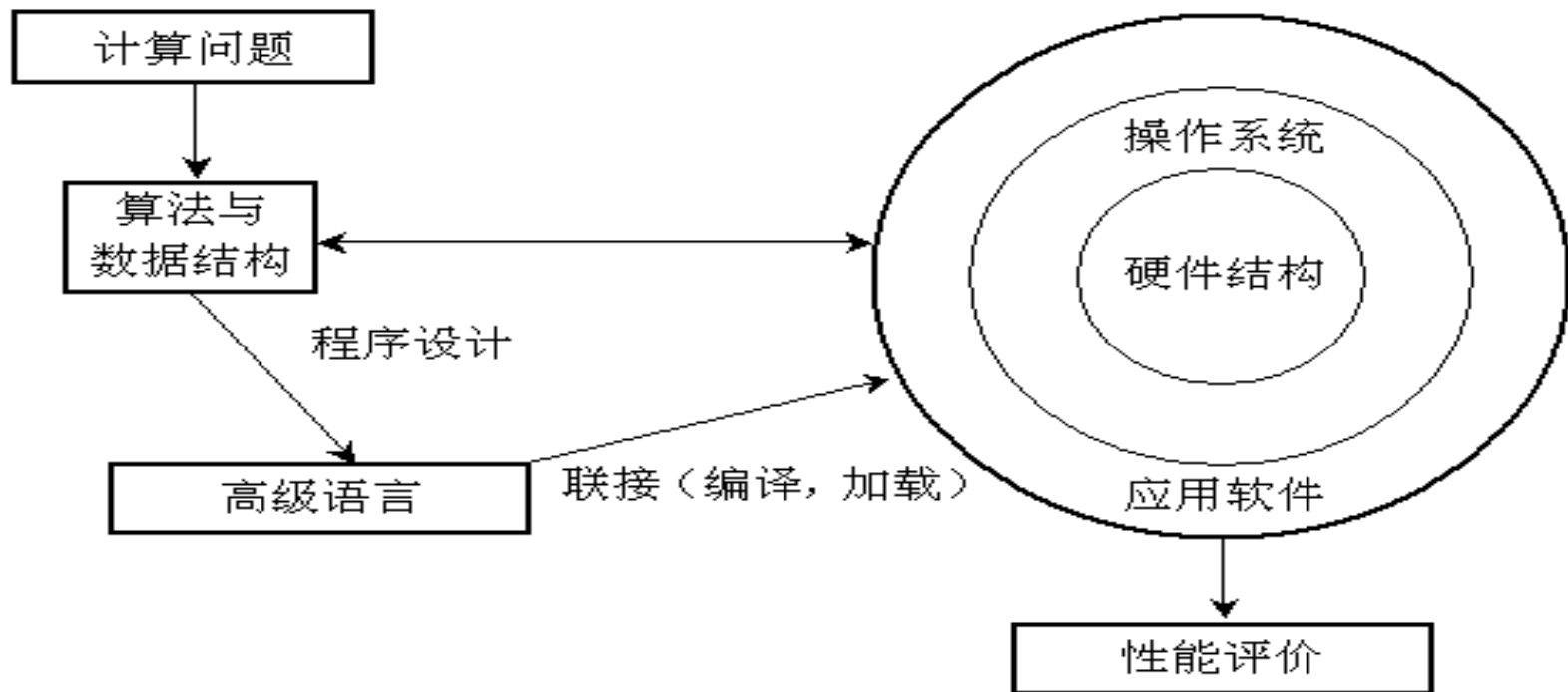
# 计算机体系结构历史性转折

## □ 从单纯依靠指令级并行转向开发

- 数据级并行DLP(Data-Level Parallelism)
- 线程级并行TLP(Thread-Level Parallelism)
- 集群计算机和请求级并行RLP(Request-Level Parallelism)

## □ 计算机系统结构在计算机的发展中有着极其重要的作用

# 计算机系统



# 计算机系统的层次结构

大致划分	所完成的功能	观察者身份
系统总体分析	M7: 系统分析: 问题分析—建立数学模型—设计应用系统	系统总体分析员
应用软件	M6: 应用语言机器: 服务请求—编译或解释—信息处理系统	高级程序员(用户)
系统软件	M5: 高级语言机器: 高级语言—编译或解释—运行程序	程序员
	M4: 汇编语言机器: 汇编语言—翻译或解释—运行程序	程序员
	M3: 操作系统机器: 键盘命令OS原语—操作系统—运行程序	操作员
软件		
硬件或 固件	M2: 机器语言机器: 指令系统—CPU—机器程序	机器语言程序员
	M1: 微程序机器: 机器指令时序—微程序控制—寄存器传送门	硬件设计员
	M0: 硬联逻辑: 微程序时序—硬联逻辑—译码网络	硬件设计员

# 微指令机器层

- ✓ 微指令机器层是具体存在的硬件层次，它执行机器指令，可看作是指令系统层指令的解释器
- ✓ 由微程序控制的计算机，微程序就是上一层指令的解释器。在硬件直接控制的计算机上，是由硬件直接解释执行指令

第6层

应用语言层

翻译(编译器)

第5层

高级语言层

翻译(编译器)

第4层

汇编语言层

翻译(汇编器)

第3层

操作系统

部分解释(操作系统)

第2层

指令系统

直接执行/解释(微程序)

第1层

微指令机器层



# 指令系统机器层

- ✓ 指令系统层是机器语言程序员眼中所看到的计算机，这一层也称为传统机器级，其主要特征就是指令系统
- ✓ 指令系统规定了由硬件实现的各种指令功能
- ✓ 各种源程序必须通过编译器或解释器转换为硬件能识别与执行的指令序列

第6层

应用语言层

翻译(编译器)

第5层

高级语言层

翻译(编译器)

第4层

汇编语言层

翻译(汇编器)

第3层

操作系统层

部分解释(操作系统)

第2层

指令系统层

直接执行/解释(微程序)

第1层

微指令机器层

# 操作系统机器层

- ✓ 从系统程序员的角度来看，操作系统层指令集包括指令系统层的指令和新增的指令
- ✓ 这些新指令称为系统调用。它们由操作系统解释，该层的其余指令(即与第2层指令相同的指令)由微体系结构层执行

第6层

应用语言层

翻译(编译器)

第5层

高级语言层

翻译(编译器)

第4层

汇编语言层

翻译(汇编器)

第3层

操作系统层

部分解释(操作系统)

第2层

指令系统层

直接执行/解释(微程序)

第1层

微指令机器层

# 汇编语言机器层

- ✓ 每一种计算机都有一套自己的汇编语言、翻译它的汇编器，以及相应的程序设计与开发方法
- ✓ 汇编语言程序通过汇编器翻译成机器语言程序，在操作系统安排下再由微体系结构层执行

第6层

应用语言层

翻译(编译器)

第5层

高级语言层

翻译(编译器)

第4层

汇编语言层

翻译(汇编器)

第3层

操作系统层

部分解释(操作系统)

第2层

指令系统层

直接执行/解释(微程序)

第1层<sub>1</sub>

微指令机器层

# 高级语言机器层

- ✓ 高级语言层通常是为解决现实问题的应用程序员使用的，如Java, C, C++, LISP等
- ✓ 用这些语言编写的程序一般先由编译器翻译成第3层或第4层语言，偶尔也有直接解释执行

第6层

应用语言层

翻译(编译器)

第5层

高级语言层

翻译(编译器)

第4层

汇编语言层

翻译(汇编器)

第3层

操作系统层

部分解释(操作系统)

第2层

指令系统层

直接执行/解释(微程序)

第1层

微指令机器层

# 应用语言机器层

- ✓ 应用语言层（面向问题语言层）是为了使计算机满足某种用途而专门设计的，因此该级语言就是面向具体应用问题的应用语言
- ✓ 用应用语言编写的程序一般由应用程序包翻译成第5级机器语言

第6层

应用语言机器层

翻译(编译器)

第5层

高级语言层

翻译(编译器)

第4层

汇编语言层

翻译(汇编器)

第3层

操作系统层

部分解释(操作系统)

第2层

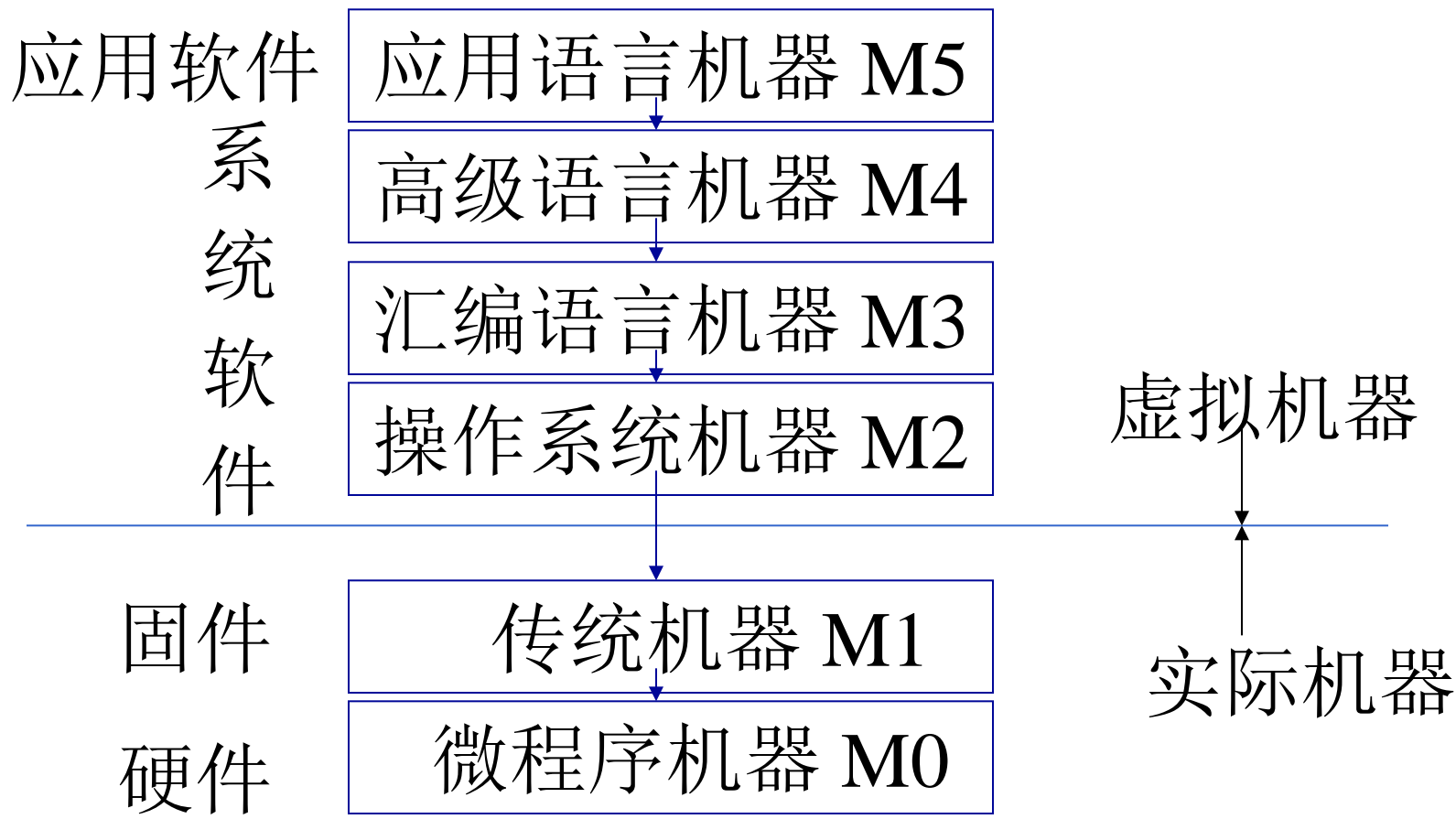
指令系统层

直接执行/解释(微程序)

第1层

微指令机器层

# 虚拟机器和实际机器



# 机器级实现的方式

## □ 语言实现的基本技术

- **翻译 (translation)** : 先把 $M+1$ 级程序全部转换成 $N$ 级程序后, 再去执行新产生的 $N$ 级程序, 在执行过程中 $M+1$ 级程序不再被访问
- **解释 (interpretation)** : 每当一条 $M+1$ 级指令被译码后, 就直接去执行一串等效的 $N$ 级指令, 然后再去取下一条 $M+1$ 级的指令, 依此重复进行

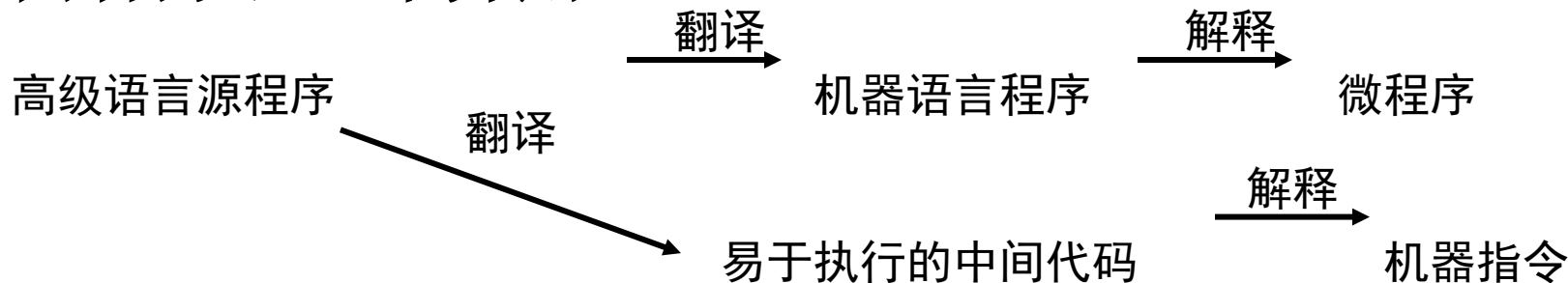
# 两种方式的对比

## 翻译

多占存储空间  
(中间代码、目标代码)  
需要翻译程序

不占运行时间

两种方法经常并用：



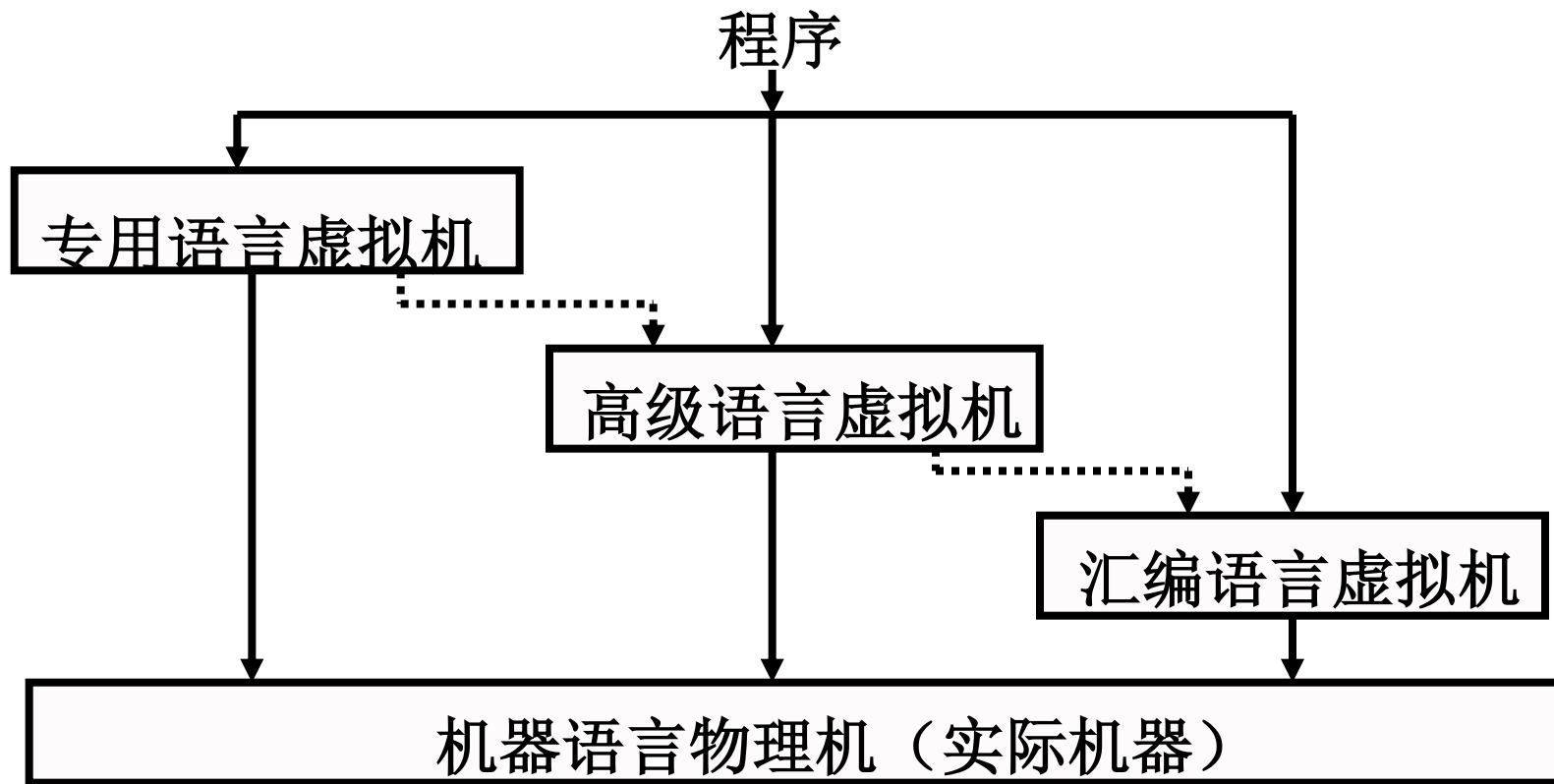
## 解释

节省存储空间

运行费时



# 语言功能层次模型



# 语言功能层次模型-实例

## □ SUN公司的Java虚拟机JVM的 **虚拟体系结构**

- 有32位字组成的内存，能执行226条指令
- 大多数指令都很简单，只有少量较复杂的指令

## □ 为了实现JVM跨平台特性，SUN公司提供

- 一个将Java语言程序编译成Java虚拟机指令序列的编译器，以实现程序的跨平台运行
- 一个能解释执行Java程序的解释器，该解释器用C语言编制，可在任何一台有C编译器的计算机上运行

## □ 设计出可直接执行JVM程序的CPU，应用于嵌入式

# 软/硬件在逻辑上的等价

- 计算机系统以硬件为基础，通过软件扩充其功能
- 软、硬件在功能上的逻辑等价
  - 计算机许多功能既可以直接由硬件实现，也可以在硬件支持下靠软件实现
  - 乘法运算，可由硬件乘法器实现，也可在加法器与移位器支持下由乘法子程序实现
- 指令系统是硬件与软件之间的界面
  - 系统设计者必须确定软、硬件之间的界面
  - 软件硬化策略的出现

# 多层次结构划分的优点

- 计算机系统的多层次结构的划分是相对的
- 理解软件、硬件、固件的地位和作用
- 理解各种语言的实质和实现途径
- 探索虚拟机新的实现方法和新的系统设计
  - 由硬件固件实现——高级语言机器
  - 多处理机系统——各级由真正微处理机实现
- 理解计算机体系结构的定义

# 计算机体系结构概念

## □ Computer Architecture 概念的首次提出：

- Buchholz 于 1962 年在描述 IBM 7030 计算机的扩展性时首先提出的，主要指计算机的外貌，也称为 **外特性**

## □ Amdahl 给出了经典的定义：

- **程序员** 所看到的计算机基本属性，即 **概念性结构与功能特性**
- **概念性结构**：计算机系统中主要部件之间的逻辑连接结构
- 明确地确定了系统的软件和硬件的界面

# 计算机体系结构功能性特性

- 指令系统：指令类型、格式、排序和控制机构
- 数据表示：硬件能直接识别和处理的数据类型
- 寻址规则：最小寻址单元、寻址方式及其表示
- 寄存器定义：各种寄存器的定义、数量及使用方式
- 中断系统：中断的类型和中断响应硬件的功能等
- 机器工作状态的定义和切换：如管态和目态等
- 存储系统：主存容量、程序员可用的最大存储容量等
- 信息保护：信息保护方式和硬件对信息保护的支持
- I/O结构：I/O连接方式、处理机、存储器与I/O设备间数据传送方式和格式、I/O操作的状态等

# 计算机体系结构概念

## □ 透明性：

- 在计算机技术中，把这种本来存在的事物或属性，但从某种角度看又好像不存在的概念称为透明性
- 通常，低层机器的属性对高层机器程序员往往是透明的

## □ 广义的系统结构定义：

- J. L. Hennessy和D. A. Patterson：囊括计算机设计的三个方面：指令集结构、组成、硬件

## □ 计算机系统结构概念的实质：

- 确定计算机系统中**软、硬件的界面**，界面之上是软件实现的功能，界面之下是硬件和固件实现的功能

# 计算机系统结构、组成和实现

□ **计算机系统结构**：计算机系统的软、硬件的界面

- 即机器语言程序员所看到的传统机器级所具有的属性，即计算机概念性结构和功能特性

□ **计算机组成**：计算机系统结构的逻辑实现

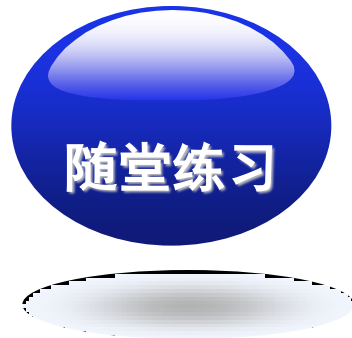
- 包含物理机器级中数据流和控制流组成以及逻辑设计等
- **着眼于**：物理机器级内各事件的排序方式与控制方式、各部件的功能以及各部件之间的联系
- **计算机组织目标**：在确定的系统结构和性能/价格比下，保证各功能部件的性能参数的相互匹配



# 计算机系统结构、组成和实现

## □ 计算机实现：计算机组成的物理实现

- 包括处理机、主存等部件的物理结构，器件的集成度和速度，模块、插件、底板的划分与连接，信号传输，电源、冷却及整机装配技术等等
- 着眼于：器件技术（起主导作用）、微组装技术



# 三者的关系及相互影响

□ 具有相同计算机系统结构的计算机因为速度要求不同等因素可以采用不同的计算机组成

➤ 指令系统相同：取指令、译码、取操作数、运算、存结果可以在时间上按顺序方式进行，也可以让它们在时间上按重叠方式进行以提高执行速度

□ 一种计算机组成可以采用多种不同的计算机实现

➤ 主存器件可以采用SRAM芯片，也可以采用DRAM芯片

➤ 可以采用大规模集成电路单个芯片，也可以采用中小规模集成电路进行构建

# 三者的关系及相互影响

- 随着计算机技术的迅速发展，计算机系统结构、组成与实现之间的界限变得越来越模糊
  - 广义的计算机体系结构概念，既包括经典的计算机体系结构的概念范畴，还包括了对计算机组成和计算机实现技术的研究
- 计算机系统设计的任务：
  - 明确功能需求，即机器的应用领域
  - 适应市场的需求
  - 支持选定的操作系统所必需的特性
  - 硬软件技术标准

# 系列机的概念

□ **系列机 (Family Machine)**：是指由一个制造商生产的具有相同的系统结构，但具有不同组成和实现的一系列不同型号的计算机

➤ 例如： IBM 370系列、Intel x86系列

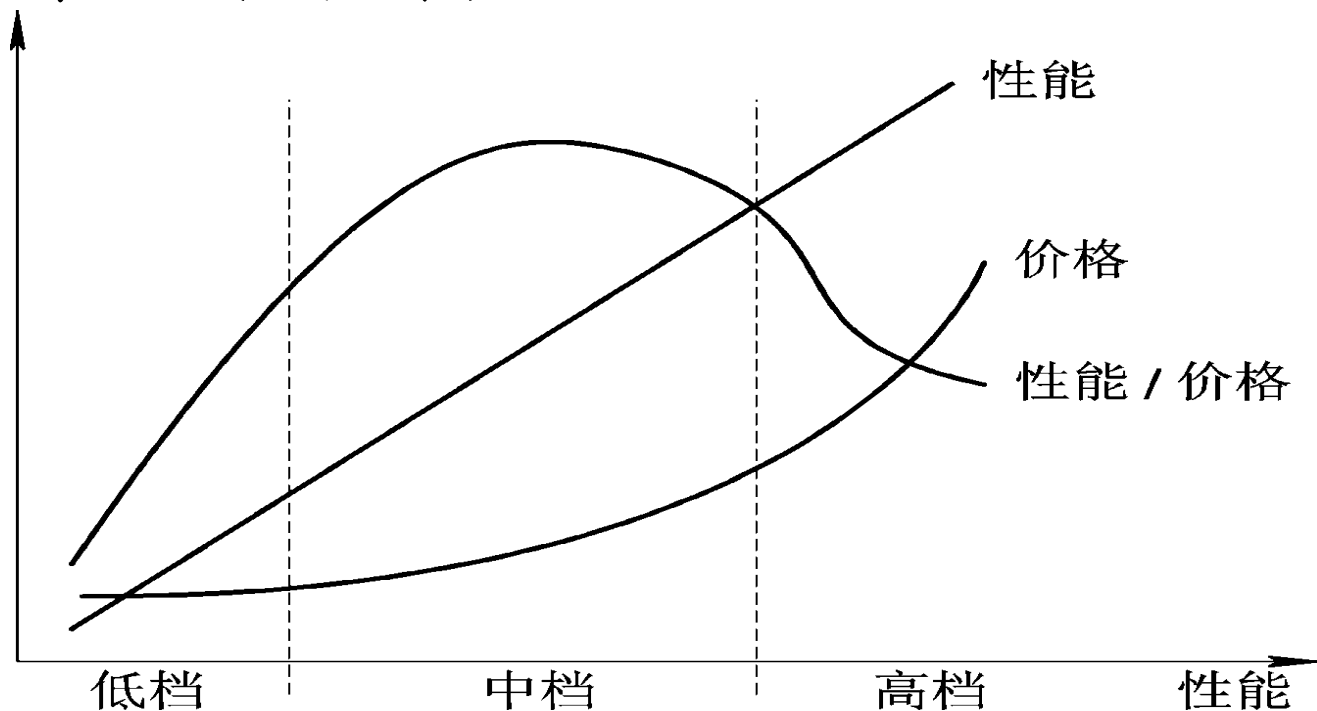
□ 他们计算机系统结构相同，但采用不同的组成和实现技术

➤ 在低档机上可以采用指令串行执行的方式，而在高档机上则采用重叠、流水和其他并行处理方式等

➤ 它们各有不同的性能和价格

# 系列机的概念

## □ 系列机的性能价格比



# 内容小结

## □ 系统结构的相关概念

- 计算机系统的层次结构概念（重点）
- 广义机器、虚拟机器、透明性、编译、解释
- 计算机系统结构、组织和实现

## □ 知识要点

多级层次结构	虚拟机	翻译
解释	计算机体系结构	透明性
计算机组织	计算机实现	系列机

# 练习题

- 1. 举例说明计算机系统结构、计算机组成与计算机实现之间的相互关系？
- 2. 透明性的概念，对不同层次计算机哪些功能是透明的？

# Thank You !

[zhaofangbupt@163.com](mailto:zhaofangbupt@163.com)



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



# 练习-计算机系统结构、组织与实现

## □ 【例1】

- ① 机器指令集的确定属于计算机系统结构。
- ② 指令操作，如取指令、取操作数、运算、送结果等具体操作及其排序方式属于计算机组成。
- ③ 实现指令集中所有指令功能的具体电路、器件的设计、装配技术等属于计算机实现。

# 练习-计算机系统结构、组织与实现

## □ 【例2】

- ① 确定是否有乘法指令属于计算机系统结构。
- ② 乘法指令是用专门的乘法器实现，还是经加法器用重复的相加和右移操作来实现，属于计算机组成。
- ③ 乘法器、加法器的物理实现，如器件的选定(器件集成度、类型、数量、价格)及所用微组装技术等，属于计算机实现。

# 练习-计算机系统结构、组织与实现

[返回](#)

## □ 【例3】

- ① 主存容量与编址方式(按位、按字节、按字访问等)的确定属于计算机系统结构。
- ② 为达到所定性能价格比, 主存速度应多快, 在逻辑结构上需采用什么措施(如多体交叉存储等)属于计算机组成。
- ③ 主存系统的物理实现, 如存储器器件的选定、逻辑电路的设计、微组装技术的选定属于计算机实现。