

Chapter1 基本概念

计算：CPU性能 Amdahl定律

重点：术语和概念

=====

计算机系统 = 软件+硬件

设计者的任务：高性能、低价格、低能耗、高可靠性，通过软硬件的合理分配获得最高性价比

1.0计算机技术的发展

器件发展:电子管、继电器—>晶体管、磁介质->集成电路->大规模超大规模集成电路

系统规模：大型机，中型机，小型机，微型机，单片机，嵌入式计算机

结构发展：单CPU、流水线机、多处理机、大规模并行处理机

技术发展：

1.变址、中断、微程序、缓冲技术共享、重用技术、虚拟技术

2.串行标量处理、流水处理、并行向量处理、分布式高性能并行计算、智能计算

编程语言：机器语言、汇编语言、高级语言、应用语言

性能价格：性能提升、价格降低、性价比提高

=====

1.1多层次结构

计算机系统实现：

硬件

运行时系统

编译器

操作系统

应用程序

多层次分层原则：从使用语言的角度

多级层次结构中，每一级都有自己的语言，对于该层程序员来说似乎是一个新的机器，上层机器以下层机器为基础，但是功能更强，使用更方便。

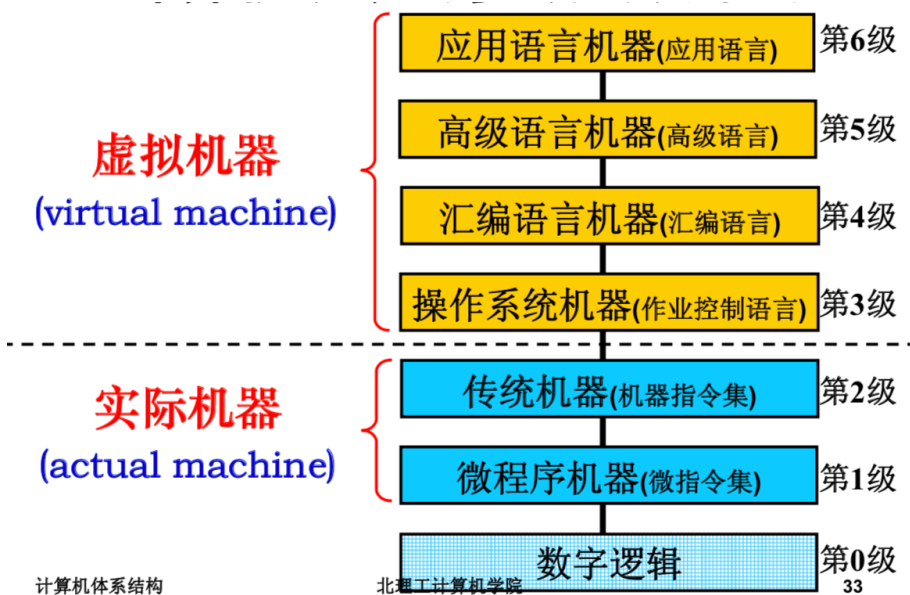
概念：

机器：存储和执行程序的算法和数据结构的集合体

虚拟机：以软件为主实现的机器，计算机只对该级使用者存在

实际机器：硬件或固件实现的机器

虚拟机器与实际机器分层：



多层次结构优点：

1. 利于理解
2. 新的实现方法与系统设计
3. 通过虚拟化技术实现在宿主机上模拟仿真不同的假象机器（虚拟机）

翻译与解释：

翻译：将高级语言整个变换成低级语言然后再执行

解释：每一条高级语言译码后直接执行

对比：解释比翻译费时，但节省存储空间，（解释效率高）

硬件/软件实现：

逻辑上，软件与硬件是等效的，但是软硬件的性价比不等效

软件功能可以硬件实现，硬件功能也可以软件模拟。

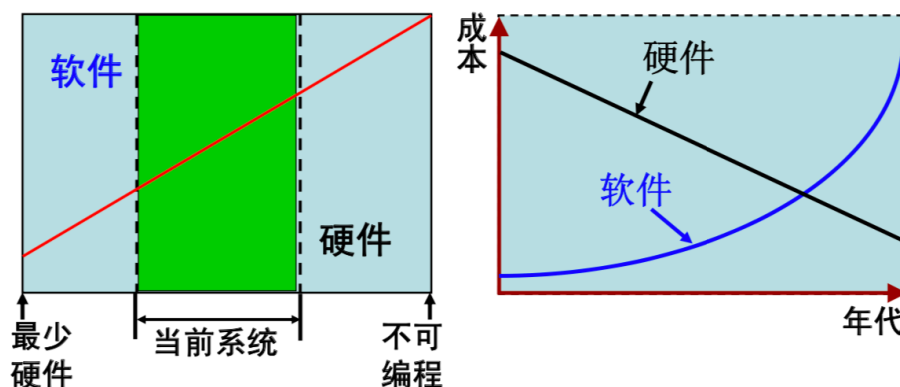
固件：是具有软件功能的硬件

对比：

硬件实现：速度快，成本高，占用内存少，灵活性差

软件实现：速度慢，复制费用低，占用内存多，灵活性好

发展趋势：硬件实现的比例越来越高，硬件所占的成本越来越低



如果全是硬件，就不可编程了。

技术上去了，硬件便宜。

1.2 不同级别的程序员看到的计算机系统属性（界面）是不同的

计算机体系结构概念的实质：软硬件界面的确定->指令集结构（ISA）

传统机器级属性：功能特性

数据表示、寻址方式、寄存器组织、指令集、存储系统、中断系统、机器工作状态定义和切换、输入输出系统、信息保护。

透明性：本来存在的事物或者属性，从某个角度看好像不存在。

传统级界面：机器语言程序员所看到的计算机系统的属性。

设计趋势：围绕提高速度、并行度、重叠度、分散功能和设置专用的部件来进行。

体系结构、组成和实现的关系：不同的体系结构可能要求使用不同的组成技术、相同的体系结构可以采用不同的组成、相同的体系结构可以采用不同的组成、组成也会影响体系结构。

计算机系统结构：

计算机程序员：软硬件功能分配，机器级界面的系统结构

计算机设计者：合理实现分配硬件的功能和计算机组成

系统结构的任务：软硬件功能分配。

软硬件取舍原则：计算整理

性能指标：计算整理

定量设计原理：

程序局部性原理 = 时间局部性 + 空间局部性

应用：存储体系结构

哈夫曼压缩：大概率时间赋予优先处理和资源使用权

应用：提高常用指令的执行速度，缩短常用指令的长度（CISC 指令是变长的）

Amdahl 定律：提高某一部件的执行速度（采用更快的执行方式）对于系统性能的提升程度，取决于这种执行方式被使用的频率或者所占时间的比例。（和哈夫曼压缩差不多）

->Make The Common Case Faster

加速比：计算整理

软件对系统结构的影响

问题提出原因：软件成本越来越高，软件产量和可靠性难提高，积累大量成熟软件，debug 比编写困难，软件生产率低

需要解决：软件可移植问题

软件移植实现：*统一高级语言，采用系列机，模拟与仿真*

统一高级语言：语言标准化重要、短期很难，只能相对统一

系列机：同一厂家生产的 相同体系结构，不同组成和实现的一系列不同型号机器，必须保证向后兼容，被普遍采用。

优缺点：软件兼容、可以执行好、接口兼容、便于维修培训、有利于提高产量、易实现通信指令集结构不变，阻碍系统结构进一步变革

向（上）下兼容：不同档次的机器

向（前）后兼容：不同时期的机器

兼容机：不同厂家的相同系统结构

模拟&仿真：

模拟：一种机器的 机器语言 语言解释实现另一种机器的指令系统->虚拟机

被模拟的-虚拟机

模拟用的-宿主机

解释程序-模拟程序

仿真：微程序直接解释指令系统

被仿真-目标机

进行仿真的-宿主机

解释微程序-仿真微程序

对比优缺点：

模拟：灵活、实现不同系统之间的软件移植 / 结构差别大的时候，效率速度下降严重

仿真：模拟速度损失小 / 不灵活，只能在体系结构差别不大的机器间模拟，需要结合

1.5.x

应用对系统结构的影响：

性能与价格：

价格不变->性能提升

性能不变->价格下降

（科技的发展驱动）

器件发展对系统结构的影响：

Moore 定律：微处理器晶体管数量每 18 个月翻倍->工艺进步

挑战：

功耗：功耗墙，频率墙（散热限制了功耗的提高从而导致性能无法提升，不能只依赖 CPU 主频来提高系统性能）

存储墙：CPU 和存储系统性能之间差异巨大

IO 墙：CPU 主频与 IO 总线时钟频率之间巨大差异

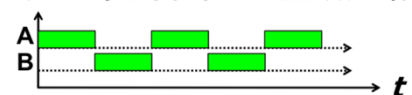
1.6 系统结构中并行性：

同时性：同一时刻发生

同时性：同时执行



并发性：可以同时、重叠或交错执行



并发性：同一时间间隔内（一段时间内交错）发生

并行等级：指令内，指令间，线程，任务或进程间，作业或程序间

存储器并行：一个存储周期内访问多个字

处理器并行：流水线处理机（不是多核）

指令、任务、作业并行：多处理机

并行实现：

时间重叠：流水线

资源重复：一个功能多套硬件

资源共享：多用户轮流使用一套资源

单机系统并行性发展：

1.时间重叠->主要途径：指令流水线，操作流水线，向量处理机？异构多处理机系统

2.资源重复->广泛使用：部件冗余，多操作部件，多存储体，并行处理机，相联处理机？同构多处理机

同构多处理机：同类型，担负同功能处理机组成，同时处理一个作业中能并行执行的部分。

异构多处理机：不同类型，不同功能，按照作业要求时间重叠完成->流水线每个阶段的部件

3.资源共享：单处理机模拟多处理机功能，多道程序，分时系统，多终端，分布处理系统

分布处理系统：若干个独立功能处理机相互连接，操作系统统一控制下协调工作，最少依赖集中地程序数据硬件，高度透明

多机系统并行性发展：

4 种基本结构：

- **流水线计算机**

- ◆主要通过时间重叠，各处理机为**非对称异构型处理机**

- **阵列计算机**

- ◆主要通过资源重复，各处理机为**对称同构型处理机**

- **多处理机**

- ◆主要通过资源共享，达到时间和空间上的异步并行。根据是否共享内存，分为**紧耦合**、**松耦合**两种类型。

- **数据流计算机**

- ◆不同于传统控制流机器采用的通过共享存储单元让数据在指令之间传递的方法，数据流计算机没有通常的共享变量的概念，数据是以表示某一操作数或参数已经准备就绪的数据令牌的形式直接在指令之间传递。

多机分为：

多处理机系统：多处理机组成单一计算机系统，逻辑上统一的 OS 控制，各级别并行

多计算机系统：逻辑上独立的 OS 控制，作业并行

多机系统的耦合度：

最低耦合：脱机系统，无物理连接与共享硬件资源

松散耦合：计算机通过通道 or 通信线路互连，共享一些外设，文件/数据级相互作用

特点：非对称、异步、灵活、易扩展、传输频带窄、不能任务一级并行，适合分布处理

紧密（直接）耦合：总线或高速开关互连，共享主存，传输率高，数据/任务/作业级并行，可以非对称也可以对称处理机系统。统一 OS 管理下负载平衡。

趋势：功能专用化，机间互连，网络互连



三种类型多处理器比较

比较项目	同构型多处理器	异构型多处理器	分布处理系统
目的	提高系统性能 (可靠性、速度)	提高系统使用效率	兼顾效率与性能
技术途径	资源重复 (机间互连)	时间重叠 (功能专用化)	资源共享 (网络化)
组成	同类型 (同等功能)	不同类型 (不同功能)	不限制
分工方式	任务分布	功能分布	硬件、软件、数据 等各种资源分布
工作方式	一个作业由多机 协同并行地完成	一个作业由多机 协同串行完成	一个作业由一台处理机 完成，必要时才请求 它机协作
控制形式	常采用浮动控制方式	采用专用控制 方式	分布控制方式
耦合度	紧密耦合	紧密、松散耦合	松散、紧密耦合
对互连网络的要求	快速性、灵活性、 可重构性	专用性	快速、灵活、简单、 通用

计算机体系结构

北理王计算机学院

306

计算机系统分类方法：

弗林 Flynn 分类法：按照指令流和数据流的多倍性对计算机系统进行分类。

出发点：并行性等级

多倍性：系统瓶颈部件上处于同一执行阶段的指令或数据最大可能个数

4 类：

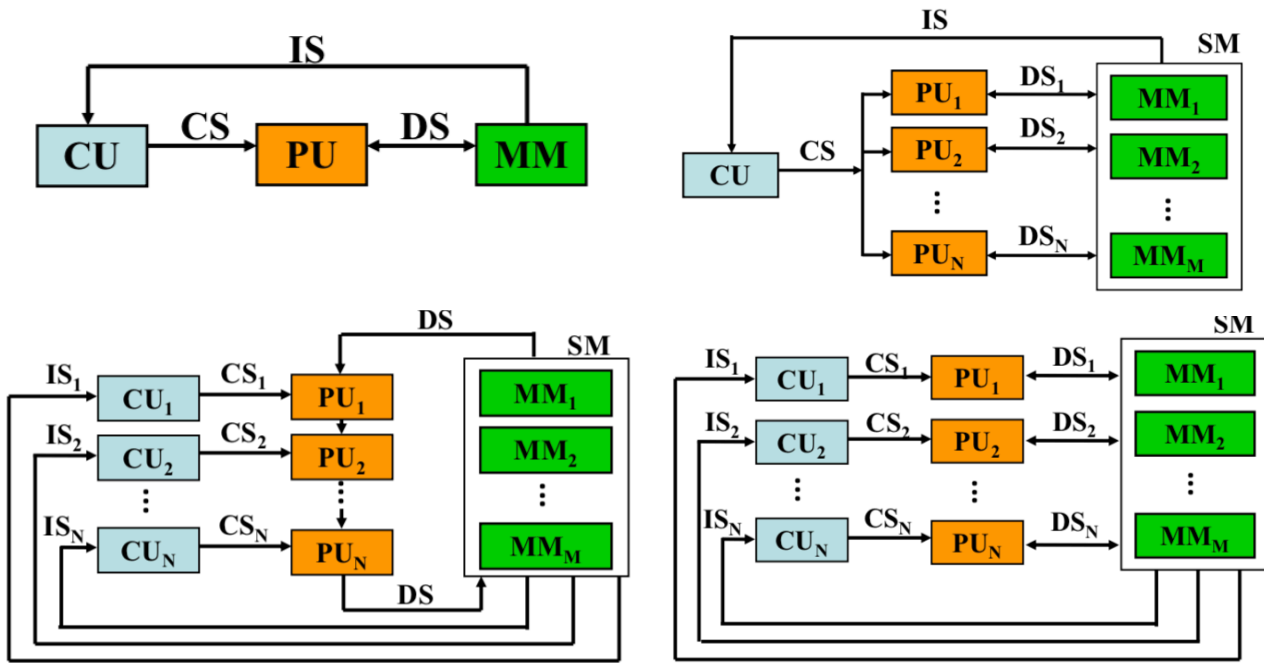
SISD：单指令流单数据流

SIMD：单指令流多数据流

MISD：多指令单数据

MIMD：多指令多数据

CU 控制部件 PU 操作部件 MM 主存 SM 共享主存 CS 控制流 DS 数据流 IS 指令流



Flynn 优缺点：广泛使用，反映大多数计算机并行工作方式结构特点/对流水线处理机分类不明确，非冯计算机无法分类，MISD 不存在（数据流受指令流控制）。