

第一章 计算机概要与技术

1. 系统结构中8个伟大的思想

1.1 摩尔定律

单芯片上的集成度每18 ~ 24个月会翻一番。

1.2 实用抽象简化设计

抽象，表示不同的设计层次，在高层次中看不到低层次的细节，只能看到一个简化了的模型。

1.3 加速大概率事件

大概率事件比小概率事件简单，从而易于提高

1.4 并行提高性能

并行的方式有很多，其中流水线算一种，后面会介绍。

1.5 预测提高性能

1.6 存储器层次

1.7 通过冗余提高可靠性

系统软件：提供常用服务的软件，包括操作系统、编译程序、加载程序和汇编程序，前两种是必须的。

操作系统：是用户程序和硬件之间的接口，为用户提供了服务和监控功能。操作系统的作用在1. 处理输入和输出；2. 分配外存和内存；3. 为多个应用程序提供计算机资源的服务。

编译程序：把高级语言翻译成硬件能够执行的指令。

组成计算机的5个经典部件：输入、输出、存储器、数据通路和控制器。

4. 性能

4.1 评价标准

响应时间：也叫执行时间（execution time），是计算机完成某任务所需的总时间，包括硬盘访问、内存访问、I/O 活动、操作系统开销和 CPU 执行时间等。

吞吐率：也叫带宽（bandwidth），性能的另一度度量参数，表示单位时间内完成的任务数量。

CPU 执行时间：简称 CPU 时间，执行某一任务在 CPU 上所花费的时间。

用户 CPU 时间：在程序本身所花费的 CPU 时间。

系统 CPU 时间：为执行程序而花费在操作系统上的时间。

用户感受到的是程序的响应时间，而不是cpu执行时间，因为cpu执行时间去掉了等待I/O或者其他程序运行的时间。

$$\text{时钟周期} = 1 / \text{时钟频率}$$

一个程序的cpu执行时间 = 1个程序的cpu时钟周期数 x 时钟周期时间 = 1个程序的cpu时钟周期数 / 时钟频率

4.2 影响计算机性能的因素（重要）

- **算法**：算法决定了任务执行操作的数量
- **编程语言、编译器、指令集架构**：影响了机器指令的数量
- **处理器和存储系统**：决定了某一条语句的执行速度
- **I/O系统**：决定了执行I/O操作的时候需要的时间以及系统执行调用等操作时需要的时间

| | Instruction_count | CPI | clock_cycle |
|----------------------|-------------------|-----|-------------|
| Algorithm | X | X | |
| Programming language | X | X | |
| Compiler | X | X | |
| ISA | X | X | X |
| Core organization | | X | X |
| Technology | | | X |

- 软件层主要通过影响**指令数**和**CPI**来影响计算机性能
- 硬件层主要通过影响**时钟周期**和**CPI**来影响计算机性能

4.4 指令的性能

CPI 表示执行每条指令所需要的时钟周期数的平均值。

1个晶体管消耗的能量为 $\frac{1}{2} \times \text{负载电容} \times \text{电压}^2 \times \text{开关频率} = \frac{1}{2} c f V^2$

01 例题 • 相对功耗

假设我们需要开发一种新处理器，其负载电容只有旧处理器的 85%。再假设其电压可以调节，与旧处理器相比电压降低了 15%，进而导致频率也降低了 15%，问这对新处理器的动态功耗有何影响？

01 答案

$$\frac{P_{\text{新}}}{P_{\text{旧}}} = (\text{电容负载} \times 0.85) \times (\text{电压} \times 0.85)^2 \times \frac{(\text{开关频率} \times 0.85)}{(\text{电容负载} \times \text{电压}^2 \times \text{开关频率})}$$

因此功耗比为

$$0.85^4 = 0.52$$

新处理器的功耗大约为旧处理器的一半。



amdahl定律：改进后的执行时间 = 受改进影响的执行时间 / 改进量 + 不受影响的部分。

如果乘法运算占总负载的80%，那么无论怎样改进算法，也无法让整体性能提高5倍。这是因为仅提升乘法运算速度，不会影响其他的执行时间。

有一种用 MIPS（million instructions per second，每秒百万条指令）取代时间以度量性能的方法。对于一个给定的程序，MIPS 表示为：

$$\text{MIPS} = \text{指令数} / (\text{执行时间} \times 10^6)$$

MIPS 是指令执行的速率，它规定了性能与执行时间成反比，越快的计算机具有越高的 MIPS 值。从表面看，MIPS 既容易理解，又符合人的直觉。

- ☞ MIPS：基于百万条指令的程序执行速度的一种测量。指令条数除以执行时间与 10^6 之积就得到了 MIPS。