

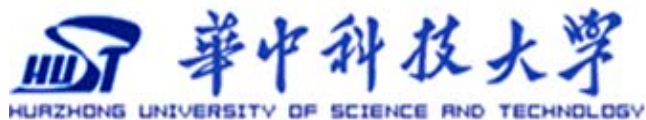
计算机系统结构

1.6 CPU性能公式

冯 丹

武汉光电国家研究中心

华中科技大学计算机科学与技术学院

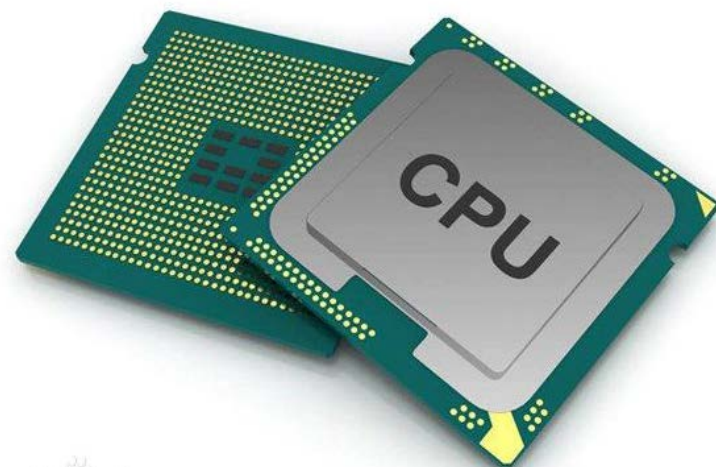


CPU性能公式

执行一个程序所需的**CPU时间**

CPU时间 = 执行程序所需的时钟周期数 × 时钟周期时间

其中：时钟周期时间是时钟频率的倒数。



CPU性能公式

指令周期数（**CPI, Cycles Per Instruction**）：
平均每条指令耗费的时钟周期数。

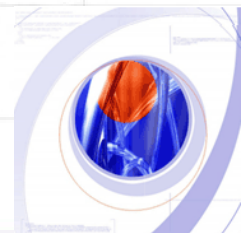
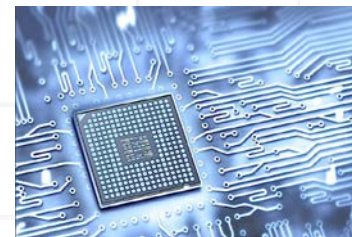
$$\text{CPI} = \text{执行程序所需的时钟周期数} / \text{IC}$$

其中IC：所执行的指令条数

程序执行的CPU时间可以写成：

$$\text{CPU时间} = \text{IC} \times \text{CPI} \times \text{时钟周期时间}$$

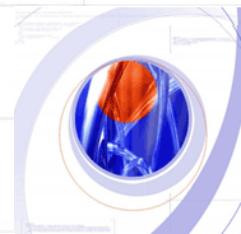
$$\text{CPU时间} = \text{IC} \times \text{CPI} / \text{时钟频率}$$



CPU性能公式

假设**FP**指令的比例为**25%**，其中，**FPSQR**占全部指令的比例为**2%**，**FP**操作的**CPI**为**4**，**FPSQR**操作的**CPI**为**20**，非浮点指令的平均**CPI**为**1.33**。现有两种改进方案，第一种是把**FPSQR**操作的**CPI**减至**2**，第二种是把所有的**FP**操作的**CPI**减至**2**，试比较两种方案对系统性能的提高程度。

注：**FPSQR**指令属于**FP**指令



CPU性能公式

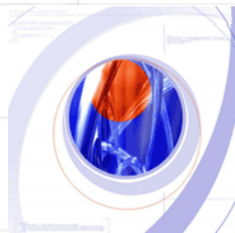
假设FP指令的比例为25%，其中，FPSQR占全部指令的比例为2%，FP操作的CPI为4，FPSQR操作的CPI为20，非浮点指令的平均CPI为1.33。现有两种改进方案，第一种是把FPSQR操作的CPI减至2，第二种是把所有的FP操作的CPI减至2，试比较两种方案对系统性能的提高程度。

注：FPSQR指令属于FP指令

方案一：

$$\text{改进前CPI} = \sum_{i=1}^n \left(\text{CPI}_i \times \frac{\text{IC}_i}{\text{IC}} \right) = (4 \times 25\%) + (1.33 \times 75\%) = 2$$

$$\begin{aligned} \text{方案一改进后CPI}_1 &= \text{CPI} - \left(\text{CPI}_{\text{FPSQR}} - \text{CPI}'_{\text{FPSQR}} \right) \times 2\% \\ &= 2 - (20 - 2) \times 2\% = 1.64 \end{aligned}$$



CPU性能公式

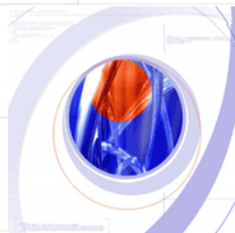
假设FP指令的比例为25%，其中，FPSQR占全部指令的比例为2%，FP操作的CPI为4，FPSQR操作的CPI为20，非浮点指令的平均CPI为1.33。现有两种改进方案，第一种是把FPSQR操作的CPI减至2，第二种是把所有的FP操作的CPI减至2，试比较两种方案对系统性能的提高程度。

注：FPSQR指令属于FP指令

方案二：

$$\text{改进前CPI} = \sum_{i=1}^n \left(\text{CPI}_i \times \frac{\text{IC}_i}{\text{IC}} \right) = (4 \times 25\%) + (1.33 \times 75\%) = 2$$

$$\begin{aligned} \text{方案二改进后CPI}_2 &= \text{CPI} - (\text{CPI}_{\text{FP}} - \text{CPI}'_{\text{FP}}) \times 25\% \\ &= 2 - (4 - 2) \times 25\% = 1.5 \end{aligned}$$



处理器性能优化的策略

$$\text{CPU时间} = \text{IC} \times \text{CPI} \times \text{时钟周期时间}$$

(1) 减少指令条数

CISC Compiler

(2) 降低CPI

RISC Pipeline

(3) 减少时钟周期时间

