

计算机组织结构

第一次习题讲解

刘博涵

2022年9月20日



南京大學
NANJING UNIVERSITY

1、请简述算术均值、调和均值、几何均值在计算机性能对比中一般的适用场景及原因。

算术均值：

$$R_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

- **适用场景：**适合度量所有测量值的总和是一个有意义的数值，如：系统执行时间
- **原因：**计算方便，适用性较强。但容易受极端值影响

调和均值：

$$R_H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}}$$

- **适用场景：**适用于以系统的执行速率来衡量系统价值
- **原因：**速率的总和没有意义，而速率的调和均值与总时间成反比，调合均值的比较更有实际意义

几何均值：

$$R_G = \left(\prod_{i=1}^n R_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

- **适用场景：**适用于衡量计算机的**相对性能**，如：基准测试
- **原因：**几何均值对所有数据赋予了相同的权重，在度量机器的相对性能时提供了一致的结果

每个程序的执行速率 $\rightarrow R_i = \frac{Z}{t_i}$

\leftarrow 操作数，假设每个程序的相同

\leftarrow 每个程序的执行时间



2、一个测试程序在两台计算机上的性能测量结果为：

测量内容	计算机A	计算机B
指令数	100亿条	80亿条
时钟频率	4GHz	4GHz
CPI	1.0	1.1

请分别计算两台计算机的MIPS值和CPU执行时间，并进行比较。

$$MIPS = \frac{I_c}{T \times 10^6} = \frac{f}{CPI \times 10^6}$$

$$T = I_c \times CPI \times t = \frac{I_c \times CPI}{f}$$

➤ MIPS

$$MIPS_A = \frac{4 \times 10^9 \text{Hz}}{1.0 \text{条指令}^{-1} \times 10^6} = 4000 \text{百万条指令/秒}$$

$MIPS_A > MIPS_B$

$$MIPS_B = \frac{4 \times 10^9 \text{Hz}}{1.1 \text{条指令}^{-1} \times 10^6} = 3636 \text{百万条指令/秒}$$

➤ CPU执行时间

$$T_A = \frac{100 \times 10^8 \text{条指令} \times 1.0 \text{条指令}^{-1}}{4 \times 10^9 \text{Hz}} = 2.5 \text{秒}$$

$T_A > T_B$

$$T_B = \frac{80 \times 10^8 \text{条指令} \times 1.1 \text{条指令}^{-1}}{4 \times 10^9 \text{Hz}} = 2.2 \text{秒}$$



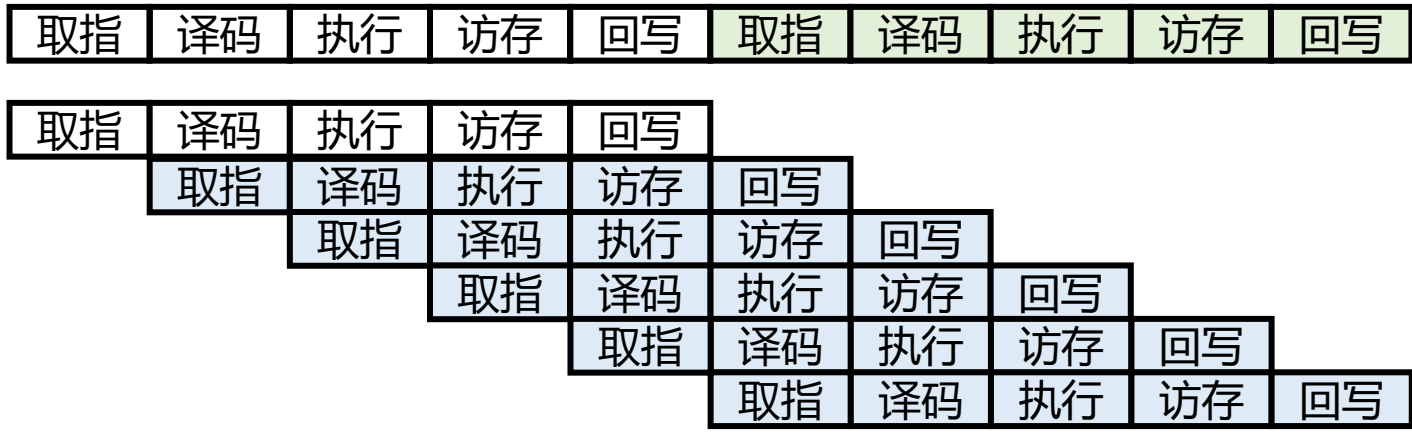
3、IBM 360Model 75的指令周期的时间是360Model 30的5倍，而相对性能却提高为原来的50倍。为什么会出现这种现象？

计算机系统性能衡量的常用标准是每秒所执行的浮点运算有多少百万次（MFLOPS）。虽然 IBM 360Model 75 的指令周期与 360Model 30 相比加长了，但它有可能：

1、采用了不同的指令集使得完成相同功能的指令数减少

$$MFLOPS = \frac{N}{T \times 10^6} \xrightarrow{\text{设} T=1} \frac{MFLOPS_{75}}{MFLOPS_{30}} = \frac{N_{75}}{N_{30}} = \frac{50}{1} \text{ 且 } \frac{I_{75}}{I_{30}} = \frac{1}{5} \longrightarrow \frac{I_{75}/N_{75}}{I_{30}/N_{30}} = \frac{1}{250}$$

2、采用了流水线、并行等技术，使得计算机系统的性能得到了提高



4、为了得到各计算机可靠的性能比较，最好是在每个计算机上运行几个不同的测试程序，然后取MIPS的平均结果。取平均结果时，可以采用算术平均值，也可以采用调和平均值，请说明这两种度量方法各自的合理性。

$$MIPS = \frac{I_c}{T \times 10^6} = \frac{f}{CPI \times 10^6}$$

MIPS求和有意义吗？

MIPS是速率

MIPS也是吞吐率

算术平均值：

➤ 计算方式：直接计算每秒钟平均执行多少次百万条指令

$$MIPS_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MIPS_i$$

调和平均值：

➤ 计算方式：先计算出每百万条指令平均需要多少时间，再取其倒数

$$MIPS_H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{I_i \times 10^{-6}}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MIPS_i}}$$



5、处理器性能的一个普通度量是指令执行的速率，表示为每秒百万条指令（MIPS）。
请用时钟速率和CPI来表示MIPS速率。

$$MIPS = \frac{I_c}{T \times 10^6} = \frac{f}{CPI \times 10^6}$$



6、假设在三台计算机上执行了4个测试程序，结果如下：

	计算机A	计算机B	计算机C
程序1	1	10	20
程序2	1000	100	20
程序3	500	1000	50
程序4	100	800	100

表中表示的每个程序执行 10^8 条指令所用的执行时间（单位：秒）。请计算MIPS算术平均值和调和平均值（结果：小数点后3位），并对计算机的性能排序。

$$MIPS = \frac{I_c}{T \times 10^6} \longrightarrow$$

	计算机A	计算机B	计算机C
程序1	100	10	5
程序2	0.1	1	5
程序3	0.2	0.1	2
程序4	1	0.125	1

$$MIPS_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MIPS_i$$

$$MIPS_H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{MIPS_i}} \longrightarrow$$

	计算机A	计算机B	计算机C
算数均值	25.325	2.806	3.25
调和均值	0.250	0.209	2.105

算数均值：计算机性能排序为：A > C > B

调和均值：计算机性能排序为：C > A > B



7、若某处理器的时钟频率为500MHz，每4个时钟周期组成一个机器周期，执行一条指令需要3个机器周期，则该处理器的一个机器周期是多少（单位：纳秒；结果：整数）？MIPS速率是多少（结果：小数点后1位）？

$$\text{时钟周期: } T_c = \frac{1}{f} = \frac{1}{500 \times 10^6 \text{ Hz}} = 2 \times 10^{-9} \text{ s} = 2 \text{ 纳秒}$$

$$\text{机器周期: } T_m = 4 \times T_c = 8 \text{ 纳秒}$$

$$\text{执行一条指令的时间: } T_i = 3 \times T_m = 24 \text{ 纳秒}$$

$$MIPS = \frac{I_c}{T \times 10^6} = \frac{1 \text{ 条指令}}{24 \times 10^{-9} \text{ 秒} \times 10^6} \approx 41.7 \text{ 百万条指令/秒}$$



8、一个测试程序在一个40MHz的处理器上运行，其目标代码有100000条指令，由如下各类指令及其时钟周期计数混合组成：

指令类型	指令计数	时钟周期计数
整数算术	45000	1
数据传送	32000	2
浮点数	15000	2
控制传送	8000	2

请确定这个程序的有效CPI（结果：小数点后2位）、MIPS速率（结果：小数点后1位）和执行时间（单位：毫秒；结果：小数点后2位）。

$$CPI = \frac{\sum_{i=1}^n (CPI_i \times I_i)}{I_c}, I_c = \sum_{i=1}^n I_i$$

$$CPI = \frac{1 \times 45000 + 2 \times 32000 + 2 \times 15000 + 2 \times 8000}{45000 + 32000 + 15000 + 8000} = 1.55 \text{ 个周期/条指令}$$

$$MIPS = \frac{f}{CPI \times 10^6} = \frac{40 \times 10^6}{1.55 \times 10^6} \approx 25.8 \text{ 百万条指令/秒}$$

$$T = I_c \times CPI \times t = (45000 + 32000 + 15000 + 8000) \times 1.55 \times \frac{1}{40 \times 10^6} \approx 3.88 \text{ 毫秒}$$



谢谢

bohanliu@nju.edu.cn



南京大學
NANJING UNIVERSITY