

## 一. 单选题

1. 对于阿姆达尔定律而言，增强加速比  $s$  取何值时能够清楚的表明“系统性能的提升受到不可加速部分的限制”。

A. 0      B. 无限大      C. 1

答案：B

根据阿姆达尔定律的描述可知：

$$\text{Speedup} = \frac{1}{(1 - f_E) + \frac{f_E}{s_E}}$$

当增强加速比  $s_E$  趋近于无穷时，加速比  $\text{speedup} = 1/(1-f_E)$ ，即系统性能的提升受到不可加速部分的限制。

2. 计算机 A 运行程序 P1 的速度为 2.2BIPS (billion instructions per second)，P2 的速度为 3.1BIPS。计算机 B 运行程序 P1 的速度为 1.5BIPS, P2 的速度为 8.0BIPS。那台计算机的运算速度更快？（注：P1 和 P2 具有相同的指令数目，并且执行的权重相同）

A. 计算机 A      B. 计算机 B      C. 速度相同

答案：A

根据 BIPS 的定义，需要使用调和平均计算 BIPS 的平均值。

计算机 A 运行程序的平均速度  $= 2/((1/2.2)+(1/3.1)) = 2.57\text{BIPS}$

计算机 B 运行程序的平均速度  $= 2/((1/1.5)+(1/8.0)) = 2.53\text{BIPS}$

因此计算机 A 的运算速度更快

3. 计算机 A 运行程序 P1 用时 3 秒，程序 P2 用时 16 秒，程序 P3 用时 7 秒。计算机 B 运行程序 P1 用时 4 秒，程序 P2 用时 5 秒，程序 P3 用时 14 秒。请问哪个计算机速度更快？

A. 计算机 A      B. 计算机 B      C. 一样大

答案：B

该题需要使用算术平均求用时的平均值。

计算机 A 运行程序的平均用时 =  $(3+16+7)/3 = 8.7$  秒

计算机 B 运行程序的平均用时 =  $(4+5+14)/3 = 7.7$  秒

因此计算机 B 的运算速度更快

## 二. 填空题

4. 假设一个程序由如下 RISC 类型的指令构成：15%存储指令，25%加载指令，15%分支指令，35%整数算术指令，5%移位指令和 5%整数乘法指令。其中加载和存储指令各需要 2 个时钟周期，分支指令需要 4 个时钟周期，整数 ALU 指令（包括移位）需要 1 个时钟周期，整数乘法需要 10 个时钟周期，请计算整体 CPI 是( )？

对于上题参数，假设采用一种优化技术可以将乘法转化为一系列的移位和加法操作。此时，50%的乘法指令可以通过此种转化方法变为平均长度为 3 条指令的移位-加序列。假设工作主频不变，采用优化技术前某程序包含 1000 条指令，则采用上述优化后，该程序中的指令数目变为（ ）条、CPI 变为（ ）（保留小数点后 3 位），加速比为（ ）（保留小数点后 3 位）

答案：

#### 4.1

$$CPI = 0.15 \times 2 + 0.25 \times 2 + 0.15 \times 4 + 0.35 \times 1 + 0.05 \times 1 + 0.05 \times 10 = 2.3$$

#### 4.2

假设未优化的程序由 1000 条指令组成，则该程序包含：

150 条存储指令

250 条加载指令

150 条分支指令

350 条整数算术指令 + 50 条移位指令 = 400 条整数 ALU 指令

50 条乘法指令

采用优化技术后 25 条乘法指令被替换为  $25 \times 3 = 75$  条整数算术指令，则优化后的程序包括：

150 条存储指令

250 条加载指令

150 条分支指令

$400 + 75 = 475$  条整数 ALU 指令

$50 - 25 = 25$  条乘法指令

因此，优化后的程序由 1050 条指令组成。

#### 4.3

$$CPI = \text{总周期数} / \text{总指令数} = (150 \times 2 + 250 \times 2 + 150 \times 4 + 475 \times 1 + 25 \times 10) / (1050) = 2.024$$

#### 4.4

$$\text{Speedup} = \text{优化前程序执行时间} / \text{优化后程序执行时间}$$

$$= (1000 \times 2.3 \times CT) / (1050 \times 2.024 \times CT)$$

$$= 1.082$$

5. 假设理想情况下, 电压和频率成正比关系(即电压下降 x%引起频率也下降 x%)。

一个 3 核处理器的功耗 = ( ) 单核处理器的功耗? (假设任务负载可在 3 核处理器上完全并行)

一个 3 核处理器的能耗 = ( ) 单核处理器的能耗? (假设任务负载可在 3 核处理器上完全并行)

注: 假设程序在单核处理器和 3 核处理器上性能相同。

答案:

### 5.1

$$Power_{single\_core} = \frac{1}{2} * C_{single\_core} * f_{single\_core} * V_{single\_core}^2$$

$$Power_p = \frac{1}{2} * C_p * f_p * V_p^2 = \frac{1}{2} * (3 * C_{single\_core}) * (1/3 * f_{single\_core}) * (1/3 * 1/3 * V_{single\_core}^2) =$$

$$1/9 * Power_{single\_core}$$

### 5.2

$$\text{单核处理器的能耗 } Energy_{single\_core} = Power_{single\_core} * CPU\ Time_{single\_core}$$

$$\text{多核处理器的能耗 } Energy_p = Power_p * CPU\ Time_p = 1/9 * Power_{single\_core} * CPU$$

$$Time_{single\_core} = 1/9 * Energy_{single\_core}$$

## 三. 简答题

6. SPEC CPU 2006 的 bzip2 基准程序在 AMD Barcelona 处理器上执行的总指令数为  $2.38 \times 10^{12}$ , 执行时间为 750s, 参考时间为 9650s 。

6.1 如果时钟周期时间为 0.333ns, 求 CPI 值。

6.2 求 SPEC 的分值。

6.3 如果基准程序的指令数增加 10%, CPI 增加 5%, 求 CPU 时间增加多少? SPEC 分值如何变化?

6.4 假设开发了一款新的 AMD Barcelona 处理器, 其工作频率为 4GHz, 在其指令集中增加了一些新的指令, 从而使程序中指令数目减少了 15%, 程序的执行时间减少到了 700s, 求新的 CPI。

答案:

第 1 小题答案:

$$\text{CPI} = \text{clock rate} \times \text{CPU time} / \text{instr. count}$$

$$\text{clock rate} = 1 / \text{cycle time} = 3\text{GHz}$$

$$\text{CPI}(\text{bzip2}) = 3 \times 10^9 \times 750 / (2.38 \times 10^{12}) = 0.94$$

第 2 小题答案:

$$\text{SPEC ratio} = \text{ref. time} / \text{execution time}$$

$$\text{SPEC ratio}(\text{bzip2}) = 9650 / 750 = 12.86$$

第 3 小题答案:

$$\text{CPU time}(\text{before}) = \text{No. instr.} \times \text{CPI} / \text{clock rate}$$

$$\text{CPU time}(\text{after}) = 1.1 \times \text{No. instr.} \times 1.05 \times \text{CPI} / \text{clock rate}$$

$$\text{CPU time}(\text{after}) / \text{CPU time}(\text{before}) = 1.1 \times 1.05 = 1.155. \quad \text{因此, CPU time 增加}$$

15.5%.

SPECratio = reference time/CPU time

SPECratio(after)/SPECratio(before) = CPU time(before)/CPU time(after) =  
1/1.1555 = 0.86. SPEC 得分降低了 14%.

第 4 小题答案:

CPI = (CPU time × clock rate)/No. instr.

CPI =  $700 \times 4 \times 10^9 / (0.85 \times 2.38 \times 10^{12}) = 1.37$