

总分: 91

## 习题 1

### 1. 名称解释

层次结构, 计算机系统结构, 计算机组成, 计算机实现, 系统加速比, Amdahl 定律, CPI, 并行性, 耦合度

答:

**层次结构:** 计算机系统按功能划分的层级结构, <sup>从高级 低级</sup>又上至下分别为: 应用语言虚拟机、高级语言虚拟机、汇编语言虚拟机、操作系统虚拟机、传统机器级、微程序机器级、硬联逻辑级

**计算机系统结构:** 计算机系统软、硬件的界面, 即机器语言程序员所看到的传统机器所具有的属性。传统机器程序员所看到的机器属性, 即概念性结构与功能特性。

**计算机组成:** 计算机系统结构的逻辑实现, 包括物理机器级内的数据流和控制流的组成以及逻辑设计等。它着眼于物理机器级内各事件的排序方式或控制方式, 各部件的功能一级各部件的联系。

**计算机实现:** 计算机组成的物理实现, 包括处理机、主存等部件的物理结构, 器件的集成度和速度, 模块、插件、地板的划分与连接, 信号传输, 电源、冷却及整机装配技术等。它着眼于器件技术和微组装技术。

**系统加速比:** 对系统某部件进行改造, 改造后系统性能提高的倍数。

系统加速比 = 改进后系统性能 / 改进前系统性能 = 改进前总执行时间 / 改进后总执行时间

**Amdahl 定律:** 加快某部件执行速度所获得的系统性能加速比, 受限于该部件在系统中的重要性

**CPI:** 每条指令的平均时钟周期长度。它取决于系统结构组织和指令集。

**并行性:** 计算机系统具有可以同时进行运算或操作的特性, 它包括同时性与并发性两种含义。计算机系统在同一时刻或者同一时间间隔内进行多种运算或操作。只要在时间上相互重叠, 就存在并行性。

**耦合度:** 反应多机系统个机器之间物理连接的紧密程度与交互作用能力的强弱。分为紧耦合系统和松耦合系统两大类。

### 2. 在并行分类特性中, 计算机系统结构的 Flynn 分类法有哪几种分类? 各是如何的?

答:

按照指令流和数据流的多倍性进行分类

单指令流单数据流 SISD, 其代表机型为单处理机

单指令流多数据流 SIMD, 其代表机型为向量处理机

多指令流单数据流 MISD, 目前没有这种机型实现过

多指令流多数据流 MIMD, 其代表机型为多处理机

### 3. 对于进行计算机设计的人员, 对于作为系统程序员而言, 下面哪些是透明的? 而哪些是对于应用程序员是透明的? 系列机各档不同的数据通路宽度; 虚拟存储器; Cache 存储器; 程序状态字; "启动 I/O" 指令; "执行" 指令; 指令缓冲寄存器。

答:

PSW 表明系统运行状态

对于系统程序员: 系列机各档不同的数据通路宽度; Cache 存储器; 指令缓冲寄存器;

对于应用程序员: 系列机各档不同的数据通路宽度; 虚拟存储器; Cache 存储器; 程序状态字; "启动 I/O" 指令; 指令缓冲寄存器。

指令的使用  
不透明

### 4. 一台主频是 80MHZ 计算机对他执行一个标准的测试程序, 其中所包含的各个种类的指令数和每种指令所需的时钟周期数如下表:

批注 [宝贝1]: 和指令使用这个层面是不透明的, 扣分-1

指令类型	指令数	时钟周期数
整数运算	43000	1
数据传送	32000	2
浮点	17000	2
控制传送	8000	2

求有效 CPI、MIPS 速率和程序的执行时间。

答:

$$CPI = (43000 \times 1 + 32000 \times 2 + 17000 \times 2 + 8000 \times 2) / (43000 + 32000 + 17000 + 8000) = 1.57 \text{ (周期/指令)}$$

$$MIPS = f / (CPI \times 10^6) = (80 \times 10^6) / (1.57 \times 10^6) \approx 50.96 \text{ (百万条指令/秒)}$$

批注 [宝贝2]: 缺少执行时间的计算, 扣分-2

$$\text{执行时间} = (43000 \times 1 + 32000 \times 2 + 17000 \times 2 + 8000 \times 2) / 80 / 10^6 = 1.94 \times 10^{-3} \text{ 秒}$$

$$\begin{aligned} \text{执行时间} &= \text{时钟周期数} \times \text{时钟周期} \\ &= \frac{\text{时钟周期数}}{\text{频率}} \end{aligned}$$

5. 说明计算机系统结构的三个用于进行定量分析的定律

经常性事件  
Amdahl 定律  
局部性原理

答:

- ① Amdahl 定律: 当对一个系统中的某个部件进行改进后, 所能获得的整个系统性能的提高, 受限于该部件的执行时间占总执行时间的百分比。

CPU 性能公式: 一个程序在计算机上运行所花费的 CPU 时间可表示为:  $N_c \cdot t = N_c / f = \ln \cdot CPI \cdot t$

MIPS 和 MFLOPS: MIPS 表示每秒百万条指令数,  $MIPS = \text{指令条数} / (\text{程序执行时间} \times 10^6) = \text{频率} / (CPI \times 10^6)$

批注 [宝贝3]: 这个和 Amdahl 定律有很近, 有些教科书里没有提及, 另外应该说明经常性事件和程序局部性原理比较好, 扣分-4

- ② 以经常性事件为重点。在计算机系统的设计中, 对经常发生的情况, 赋予它优先的处理权和资源使用权, 以得到更多的总体上的改进。③ 程序的局部性原理。程序在执行时所访问地址的分布不是随机的, 而是相对地簇聚。

6. 下面有四个程序在三台计算机上的执行时间 (s, 秒) 如下:

程 序 (权值)	执行时间 (s, 秒)
----------	-------------

	计算机 A	计算机 B	计算机 C
程序 1 (0.5)	1	10	20
程序 2 (0.05)	1000	100	20
程序 3 (0.15)	500	1000	50
程序 4 (0.3)	100	800	100

这四个程序中任一个都要执行 100,000,000 条指令，则请计算这三台计算机中每台机器上每个程序的 MIPS 速率。根据这些速率值，结合算术平均方法和加权平均方法说明他们的性能的优劣。

答：

**计算机 A:**

程序 1:  $\text{MIPS} = 100000000 / (1 \times 10^6) = 100$

程序 2:  $\text{MIPS} = 100000000 / (1000 \times 10^6) = 0.1$

程序 3:  $\text{MIPS} = 100000000 / (500 \times 10^6) = 0.2$

程序 4:  $\text{MIPS} = 100000000 / (100 \times 10^6) = 1$

**计算机 B:**

程序 1:  $\text{MIPS} = 100000000 / (10 \times 10^6) = 10$

程序 2:  $\text{MIPS} = 100000000 / (100 \times 10^6) = 1$

程序 3:  $\text{MIPS} = 100000000 / (1000 \times 10^6) = 0.1$

程序 4:  $\text{MIPS} = 100000000 / (800 \times 10^6) = 0.125$

**计算机 C:**

程序 1:  $\text{MIPS} = 100000000 / (20 \times 10^6) = 5$

程序 2:  $\text{MIPS} = 100000000 / (20 \times 10^6) = 5$

程序 3:  $\text{MIPS} = 100000000 / (50 \times 10^6) = 2$

程序 4:  $\text{MIPS} = 100000000 / (100 \times 10^6) = 1$

MIPS	计算机 A	计算机 B	计算机 C
------	-------	-------	-------

程序 1(0.5)	100	10	5
程序 2(0.05)	0.1	1	5
程序 3(0.15)	0.2	0.1	2
程序 4(0.3)	1	0.125	1

#### 算数平均法:

计算机 A:  $A_m = (100 + 0.1 + 0.2 + 1) / 4 \approx 25.3$

计算机 B:  $A_m = (10 + 1 + 0.1 + 0.125) / 4 \approx 2.81$

计算机 C:  $A_m = (5 + 5 + 2 + 1) / 4 = 3.25$

#### 加权平方法:

计算机 A:  $A_m = 0.5 \times 100 + 0.05 \times 0.1 + 0.15 \times 0.2 + 0.3 \times 1 \approx 50.3$

计算机 B:  $A_m = 0.5 \times 10 + 0.05 \times 1 + 0.15 \times 0.1 + 0.3 \times 0.125 \approx 5.1$

计算机 C:  $A_m = 0.5 \times 5 + 0.05 \times 5 + 0.15 \times 2 + 0.3 \times 1 \approx 3.35$

算术平均法得到的计算机 A 性能最优, B 性能最差; 加权平方法得到的计算机 A 性能最优, C 性能最差。

7. 有一个计算机设备经过了升级改造, 其中的一个器件速度大幅提升了 12 倍, 且改进后该器件执行时间也达到了系统的总运行时间的 48%, 这样的话获得改进的加速比有多少?

答:

设部件改进前所用时间为  $t$ , 改进后所用时间为  $t'$ ; 系统改进前所用时间为  $T_0$ , 改进后所用时间为  $T_n$ 。

由题意得:

①  $t' = 48\% \times T_n$

②  $S_e = t/t' = 12$

③  $F_e = t/T_0$

由②③式得 ④  $F_e = 12 \times t'/T_0$ ,

再由①④式得  $F_e = 12 \times 48\% \times T_n / T_0 = 5.76 \times T_n / T_0$ , 即 ⑤  $T_0 / T_n = 5.76 / F_e$

由系统加速比公式⑥  $S_p = T_0 / T_n = 1 / (1 - F_e + F_e / S_e) = 1 / (1 - F_e + F_e / 12)$

联合⑤⑥式得到:  $S_p = 6.28, F_e = 0.92$

因此, 系统加速比为 6.28

8. 有一台计算机有一个 Cache(在无 Cache 缺失)计算机的行为如下表所示。但实际该其中 Cache 的缺失率对指令来说为 5%, 对数据访问来说为 10%, 并且 Cache 缺失导致的缺失损失为 40 个时钟周期, 也即需要另加上额外执行的时间。另假设运算类和跳转类不需要额外访问数据。求出当有 Cache 缺失时各种类型指令的 CPI。

指令类型	CPI(理想)	CPI(缺失)—附加
运算类	1	0
读内存类	2	0
写内存类	2	0
跳转类	2	0

答:

批注 [宝贝4]: 扣分-2

$$CPI = \sum_{i=1}^n CPI_i \times \frac{IC_i}{IC}$$

$$CPI_i = CPI_{ideal} + CPI_{stalls} = CPI_{ideal} + \sum_{stalls} Frequency_i \times delays$$

$$CPI_{stalls} = (Access_i \times Frequency_{i-miss} \times delay_{i-miss}) \text{ [指令]} \\ + (Access_d \times Frequency_{d-miss} \times delay_{d-miss}) \text{ [数据访问]}$$

指令类型	CPI(理想)	CPI(缺失)—附加	CPI(理想)	CPI(缺失)—附加	CPI
运算类	1	0	1	2	3
读内存类	2	0	2	6	8
写内存类	2	0	2	6	8
跳转类	2	0	2	2	4

运算类、跳转类:

$$CPI_{stalls} = 1 \times 5\% \times 40 + 0 \times 10\% \times 40 = 2$$

$$\therefore \begin{cases} CPI_{运} = 1 + 2 = 3 \\ CPI_{跳} = 2 + 2 = 4 \end{cases}$$

读内存类、写内存类:

$$CPI_{stalls} = 1 \times 5\% \times 40 + 1 \times 10\% \times 40 = 6$$

$$\therefore \begin{cases} CPI_{读} = 2 + 6 = 8 \\ CPI_{写} = 2 + 6 = 8 \end{cases}$$

指令类型	$CPI_{ideal}$	$CPI_{stalls}$	$CPI$
运算类	1	2	3
读内存类	2	6	8
写内存类	2	6	8
跳转类	2	2	4