

第一次作业

一、名词解释

1. **计算机系统结构**: 指程序员所看到的计算机属性, 即概念性结构以及功能特性。
2. **Amdahl 定律**: 当对系统中的某个部件进行改进后, 所能获得的整个系统的性能的提高, 受限于该部件的执行时间占总执行时间的百分比。
3. **程序局部性**: 局部性包括时间局部性和空间局部性。时间局部性是指程序即将用到的信息很可能就是目前正在使用的信息。空间局部性是指程序即将用到的信息很可能与目前正在使用的信息在空间上相邻或临近。
4. **并行性**: 指计算机系统在同一时刻或同一时间间隔内进行多种运算或操作。
5. **流水线加速比**: 完成通用一批任务, 不使用流水线所用时间与使用流水线所用时间之比称为流水线加速比。

二、选择题

1. 在计算机系统结构层次中, 从底层到高层, 各层相对顺序正确的是 (B)
A. 汇编语言机器级——操作系统机器级——高级语言机器级
B. 微程序机器级——传统机器语言机器级——汇编语言机器级
C. 传统机器语言机器级——高级语言机器级——汇编语言机器级
D. 汇编语言机器级——应用语言机器级——高级语言机器级
2. 直接执行微指令的是 (C)
A. 汇编语言 B. 编译程序 C. 硬件 D. 微指令程序
3. 最早的冯诺依曼结构的计算机是以 (A) 为中心的。
A. 运算器 B. 控制器 C. 存储器 D. I/O 设备
4. 系列机在软件兼容上应做到 (B)
A. 向前兼容, 并向上兼容 B. 向后兼容, 力争向上兼容
C. 向前兼容, 并向下兼容 D. 向后兼容, 力争向下兼容
5. 多处理机实现的并行主要是 (B)
A. 指令级并行 B. 任务级并行 C. 操作级并行 D. 操作步骤的并行
6. 计算机系统结构不包括 (B)。
A. 信息保护 B. 主存速度 C. 数据表示 D. 机器工作状态
7. 不同系列的机器之间, 实现软件移植的途径不包括 (B)
A. 采用统一高级语言 B. 采用统一汇编语言 C. 模拟 D. 仿真
8. 在计算机系统结构设计中, 提高硬件功能实现的比例会 (B)
A. 提高硬件利用率 B. 提高系统运行速度
C. 减少需要的存储器容量 D. 提高系统的性能价格比
9. 对汇编语言程序员透明的是 (A)
A. I/O 方式中的 DMA 访问方式 B. 浮点运算
C. 程序性中断 D. 存取操作数
10. 与线性流水线最大吞吐率有关的是 (C)
A. 各个功能段的执行时间 B. 最快的那一段的执行时间
C. 最慢的那一段的执行时间 D. 最后功能段的执行时间

三、计算题

1. 某台主频为 400MHz 的计算机执行标准测试程序，程序中指令类型、执行数量和平均时钟周期数如图所示：

指令类型	指令执行数量	平均时钟周期数
整数	45 000	1
数据传送	75 000	2
浮点	8 000	4
分支	1 500	2

求该计算机的有效 CPI、速率（MIPS）和程序执行时间。

答案： $CPI = (45000 \times 1 + 75000 \times 2 + 8000 \times 4 + 1500 \times 2) / 129500 = 1.776$

$$\text{速率} = \frac{f}{CPI} = \frac{400}{1.776} \text{ MIPS} = 225.225 \text{ MIPS}$$

$$\text{程序执行时间} = \frac{45000 \times 1 + 75000 \times 2 + 8000 \times 4 + 1500 \times 2}{400} \text{ s} = 0.575 \text{ ms}$$

2. 假设处理机的时钟频率为 40 MHz, 运行的测试程序共有 200 000 条指令，由 4 类指令组成。已知各类指令的 CPI 和各类指令条数的比例如表所示。

指令类型	CPI	指令条数比例
算术逻辑运算指令	1	60%
Cache 命中的 load/store 指令	2	18%
转移类指令	4	12%
Cache 不命中(失效)的 load/store 指令	8	10%

求计算处理机运行该测试程序的 CPI 和速率（MIPS）。

答案：

$$\begin{aligned} CPI &= \sum (CPI_i \times IC_i / IC) \\ &= 1 \times 0.6 + 2 \times 0.18 + 4 \times 0.12 + 8 \times 0.1 \\ &= 2.24 \end{aligned}$$

$$\text{MIPS} = \frac{\text{时钟频率}}{CPI \times 10^6} = \frac{40 \times 10^6}{2.24 \times 10^6} = 17.86$$

3. 计算机系统有 3 个部件可以改进，这 3 个部件的加速比为：

部件 1 加速比 $S_1=30$ ，部件 2 加速比 $S_2=20$ ，部件 3 加速比 $S_3=10$ 。

(1) 如果部件 1 和部件 2 的可改进比例为 30%，那么当部件 3 的可改进比例为多少时，系统的加速比才可以达到 10？

(2) 如果 3 个部件的可改进比例分别为 30%、30%和 20%，3 个部件同时改进，那么系统中不可改进部分的执行时间在总执行时间中占的比例是多少？

答案：

解：（1）在多个部件可改进情况下，Amdahl 定理的扩展：

$$S_n = \frac{1}{(1 - \sum F_i) + \sum \frac{F_i}{S_i}}$$

已知 $S_1=30$ ， $S_2=20$ ， $S_3=10$ ， $S_n=10$ ， $F_1=0.3$ ， $F_2=0.3$ ，得：

$$10 = \frac{1}{1 - (0.3 + 0.3 + F_3) + (0.3/30 + 0.3/20 + F_3/10)}$$

得 $F_3=0.36$ ，即部件 3 的可改进比例为 36%。

（2）设系统改进前的执行时间为 T ，则 3 个部件改进前的执行时间为： $(0.3+0.3+0.2) T = 0.8T$ ，不可改进部分的执行时间为 $0.2T$ 。

已知 3 个部件改进后的加速比分别为 $S_1=30$ ， $S_2=20$ ， $S_3=10$ ，因此 3 个部件改进后的执行时间为：

$$T_n' = \frac{0.3T}{30} + \frac{0.3T}{20} + \frac{0.2T}{10} = 0.045T$$

改进后整个系统的执行时间为： $T_n = 0.045T + 0.2T = 0.245T$

那么系统中不可改进部分的执行时间在总执行时间中占的比例是：

$$\frac{0.2T}{0.245T} = 0.82$$

4.

有一条动态多功能流水线由 5 段组成(如图 3.12 所示),加法用 1、3、4、5 段,乘法用 1、2、5 段,第 4 段的时间为 $2\Delta t$,其余各段时间均为 Δt ,而且流水线的输出可以直接返回输入端或暂存于相应的流水寄存器中。若在该流水线上计算 $\sum_{i=1}^4 (A_i \times B_i)$, 试计算其吞吐率、加速比和效率。

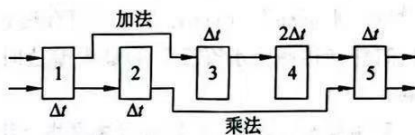


图 3.12 完成加、乘运算的多功能动态流水线

答案:

解 首先,应选择适合流水线工作的算法。对于本题,应先计算 $A_1 \times B_1$ 、 $A_2 \times B_2$ 、 $A_3 \times B_3$ 和 $A_4 \times B_4$;再计算 $(A_1 \times B_1) + (A_2 \times B_2)$ 和 $(A_3 \times B_3) + (A_4 \times B_4)$;然后求总的累加结果。

其次,画出完成该计算的时空图,如图 3.13 所示,图中阴影部分表示相应段在工作。

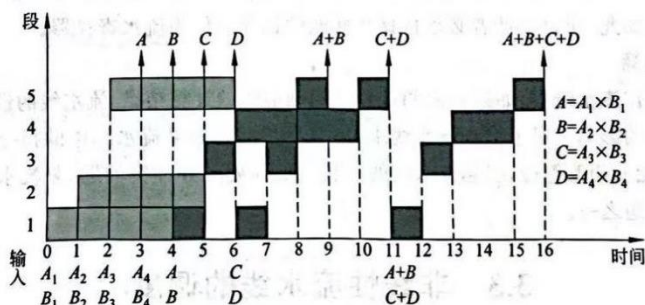


图 3.13 完成加、乘运算的多功能动态流水线的时空图

由图 3.13 可见,它在 16 个 Δt 的时间中给出了 7 个结果,所以吞吐率为

$$TP = \frac{7}{16\Delta t}$$

如果不用流水线,由于一次求积需 $3\Delta t$,一次求和需 $5\Delta t$,则产生上述 7 个结果共需 $(4 \times 3 + 3 \times 5)\Delta t = 27\Delta t$,所以加速比为

$$S = \frac{27\Delta t}{16\Delta t} \approx 1.69$$

该流水线的效率可由阴影区的面积和 5 个段总时空区的面积的比值求得

$$E = \frac{4 \times 3 + 3 \times 5}{5 \times 16} \approx 0.338$$