

第1章习题

1. Amdahl 定律是计算机理论中的一条重要定律，它阐释了改进系统中某一部分的性能能够给系统整体带来多大的性能提升。其通用形式为：

$$\text{加速比} = \frac{\text{原执行时间}}{\text{新执行时间}} = \frac{1}{1 - F + \frac{F}{N}}$$

其中，F 为系统中受到改进的比例，N 则为被改进部分获得的提升倍率。

- 1) 当 F 趋于 1 时，系统加速比的极限是多少？该值有什么实际含义？
- 2) 当 N 趋于无穷时，系统加速比的极限是多少？该值有什么实际含义？

1) $F \rightarrow 1$ 时， $S_{\text{overall}} \rightarrow N$

实际含义：当系统中几乎所有部分都受到改进时，系统整体的性能提升即为被改进部分获得的提升倍率

2) $N \rightarrow \infty$ 时， $S_{\text{overall}} \rightarrow \frac{1}{1-F}$

实际含义：当某部分性能提升时，能够给系统带来的最大加速比为 $\frac{1}{1-F}$

2. 对于一个给定的程序，如果其中 90% 的代码可以被并行执行，则至少需要多少个处理器核心才能使得该程序相比单核运行获得超过 5 的加速比？该程序是否有可能获得 15 的加速比？

$$F = 0.9, S_{\text{overall}} \geq 5$$

即 $S_{\text{enhanced}} > 9$

则至少需要 9 个处理器核心

$$S_{\text{overall max}} = \frac{1}{1-F} = 10 \text{ 但可能获得 } 15 \text{ 的加速比}$$

3. 假设处理器执行某程序所需要的时间比例和优化特定功能能够为该部分功能带来的性能提升幅度如下表所示：

类型	原执行时间占比	优化幅度
整型运算	10%	3x
浮点运算	60%	5x
内存访问	5%	20x
其他	25%	—

- 1) 如果因时间限制，仅能完成一个功能的优化，则选择哪个部分进行优化可以获得最大的整体加速比？
- 2) 上述结论对于实际的性能优化过程有什么启发性？

$$1) \text{ 整型: } S_{\text{overall}} 1 = \frac{1}{1-0.1 + \frac{0.1}{3}} = \frac{15}{14}$$

$$\text{浮点: } S_{\text{overall}} 2 = \frac{1}{1-0.6 + \frac{0.6}{5}} = \frac{25}{13}$$

$$\text{内存: } S_{\text{overall}} 3 = \frac{1}{1-0.05 + \frac{0.05}{20}} = \frac{1}{0.9525}$$

则优先选择浮点运算优化

2) 为获得最大的整体加速比, 可优先选择原执行时间占比大的部分进行优化

4. Amdahl 定律指出了并行可以为系统性能带来提升。但在实际系统中, 最终的实际性能变化还可能受到通信开销升高等因素带来的负面影响。

- 1) 如果核的数量每提升 1 倍, 就会产生相当于单核执行时间 1% 的通信开销, 程序可以并行化的比例为 M%, 则 N 个核并行时总的加速比是多少?
- 2) 当 M=80 时, 能取得最佳加速比的 N 是多少?

通信开销: 冗余数据在原数据中有比例。

1) 核数量提升倍数: $S_{\text{enhanced}} = N$
并行化比例: $F = M\%$

$$T_{\text{new}} = (1 + N\%) \left[(1-F) + \frac{F}{S_{\text{enhanced}}} \right] \cdot T_{\text{old}}$$

$$\Rightarrow S_{\text{overall}} = \frac{100}{100+N} \cdot \frac{1}{1-F + \frac{F}{S_{\text{enhanced}}}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{100}{100+N} \cdot \frac{100}{(100-M) + \frac{M}{N}} \\ &= \frac{10^4}{10^4 - 100M + 100 \cdot \frac{M}{N} + 100N - MN + M} \\ &= \frac{10^4 - 99M + 100N - MN + 100 \cdot \frac{M}{N}}{10^4} \end{aligned}$$

2) $M=80$ 时,

$$S_{\text{overall}} = \frac{10^4}{2080 + 20N + \frac{8000}{N}}$$
$$= \frac{500}{104 + N + \frac{400}{N}}$$

则当 $N=20$ 时, $S_{\text{overall}} \max$

7. 微处理器的功耗受到哪些因素影响? 有哪些提升微处理器能量效率的方法?

7. 影响微处理器功耗因素:

- (1) 处理器的微架构。先进的架构带来更强大的指令集、更优秀的运算单元, 拥有更强大的性能。
- (2) 处理器的主频。同架构、同核心的处理器, 主频越高性能越好, 基本上成正比。当然, 主频越高, 处理器功耗、发热越厉害, 对散热要求越高。
- (3) 缓存容量大小。包括一级缓存、二级缓存、三级缓存等, 缓存越大, 处理器访问数据的命中率越高, 核心计算的效能越高。

提升微处理器能量效率方法:

- (1) 提高芯片部时钟的工作频率;
- (2) 增加芯片数据总线的宽度, 提高微处理器与片外传送数据或指令代码的速率, 同时片的数据路径也必然加宽, 部的数据处理速度会加快。
- (3) 采用能够并行执行指令的微体系结构及其它相关技术。

8. 什么是量子计算机? 量子计算机相比传统计算机的优劣是什么?

8. 量子计算机是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。

量子计算机和传统计算机相比:

- 优点: (1) 高效处理: 量子计算机利用量子并行性原理, 可以同时处理多个任务, 因此在某些情况下比传统计算机更加高效。
- (2) 解决难题: 量子计算机在处理一些难题时比传统计算机更加高效, 例如在材料科学领域, 可以通过模拟分子结构进行材料设计, 提高研究效率。
- (3) 数据安全: 量子计算机可以应用于量子密码学, 利用量子态的特殊性保证数据的安全性。

缺点：(1) 技术难度高：目前量子计算机技术仍处于发展阶段，要实现真正意义上的量子计算机仍面临很大的技术难度，例如量子纠缠等技术仍需进一步完善。

(2) 成本高昂：量子计算机的成本非常高昂，普及率较低。

(3) 适用场景受限：量子计算机适用场景相对较窄，目前主要应用于材料科学、化学、生物学等领域的计算问题。