

计算机系统基础 专业课模拟试题 1

1、性能优化

提高程序性能可以通过改进硬件设计，也可以通过优化软件的方法来实现。

1) 请结合阿姆达尔 (Amdahl) 定律，讨论优化性能过程中的关键因素。

阿姆达尔定律：加速系统中某个部件的执行速度而获得的系统性能加速比，受限于该部件在系统中所占的比例/重要性（部件在系统中执行时间的比例）

公式：系统加速比=总时间（原来的）/总时间（改进后的）= $[(1-\text{可改进比例}) + (\text{可改进比}/\text{本部件加速比})]^{-1}$

2) 分析硬件流水线提升程序执行性能的基本原理，以及分析流水线在执行过程中可能收到哪些因素影响以及可能的消除方法。（后半题答案存疑，到底用冲突还是相关来回答？）

CPU 通常由指令部件、指令队列、执行部件组成。采用流水线的方式可以让指令的多个处理过程在时间上相互错开、轮流、重叠地使用硬件的各个部分，从而提升整体处理速度和吞吐率。（吞吐率：单位时间内可处理的指令/任务数量）

流水线的特点：

- a) 时间并行性
- b) 流水线分工越细，可同时运行的指令越多，吞吐率越高。
- c) 流水线各阶段执行时间尽量一致
- d) （结果）流水线满载时，达到最大吞吐率

流水线在执行过程中可能受到流水线相关的影响，流水线相关是指邻近指令之间由于某种关系，不能同时被流水操作，造成流水线断流，影响整个流水线的效率。

流水线相关分为局部相关和全局相关

局部性相关包括资源相关和数据相关。解决方法包括：推迟操作、增设存储器将指令和数据分开、采用双端口存储器、采用数据旁路技术。

全局相关性是由条件转移指令或中断引起的。解决方法包括：1)加入空操作，等待转移条件形成；2)选择出现概率较高的分支进行指令预取。

总的来说，可以通过静态指令调度、动态指令调度、增加功能部件、内部数据定向以及延迟转移方法和转移预测来解决。

3) 假设需要提升性能的程序 A，给出利用软件优化进行程序优化的基本步骤。

软件性能优化是个不断迭代的过程。分析软件系统中，造成软件运行瓶颈的部分，对该部分进行优化，优化后，重新分析系统的可优化部分，不断迭代。

优化方法包括：并行、减少数据冲突、提高 I/O 性能、优化程序逻辑等。

当继续优化不能带来更多的性能提升或需要付出太大成本代价时，停止迭代。

4) 假设某程序在一台计算机的执行过程中执行时间分为计算和 I/O 两部分，其中 I/O 时间占整个执行时间的 20%。通过对这台计算机进行改进后，其 CPU（即计算）性能提升为原来的 4 倍，I/O 性能改进为原来的 2 倍时，程序的总体性能会有什么改进。

Amdahl 定律的运用（计算）。

设原执行时间为 1，根据题意，原 I/O 时间为 0.2，原计算时间为 0.8；改进后，I/O 时间为 0.1，计算时间为 0.2，改进后的总时间为 $0.1+0.2=0.3$ ，性能提升比例为
 $(\text{原总时间}-\text{改进后总时间})/\text{原总时间}=(1-0.3)/1=70\%$

也可用 1) 中的公式来解

公式：系统加速比=总时间（原来的）/总时间（改进后的）= $1/0.3=10/3$

2、存储系统

存储系统是现代计算机系统的重要组成部分，其设计的优劣对整个系统的性能有重要影响。

1) 讨论存储层次系统设计的主要目标，以及与局部性的关系

存储系统设计的目标是：在尽可能低的价格下提供尽可能高的访问速度和尽可能大的存储容量。

利用存储的局部性原理，设计金字塔的多层存储架构，包括 CPU、寄存器、高速缓存、主存储器、外部存储器以及归档存储设备（如磁带&光盘）

上层：容量小，速度快

下层：容量大，速度慢

局部性包括：

- a) 时间局部性：最近访问的数据，可能在近期继续被访问
- b) 空间局部性：一个进程在一段时间里访问的各项地址通常是比较邻近的
- c) 顺序局部性：多数程序是按照顺序执行完成的

综上所述，设计目标需考虑局部性。

2) 给出某访存指令访问存储层次的基本过程

优先访问高层次的快速存储器，若命中，则使用该数据或指令，如果某一层次的存储未命中，则转向下一层的存储结构，直到找到对应的数据或指令为止，并更新所有上层的存储结构，将该数据/指令存储或缓冲在更高层的存储层次中。

在上述过程中，有可能会引起虚存的装入或换入换出操作。

3) 在高速缓存设计中涉及直接映射和组相联等多种组织方式，请讨论高速缓存在整个存储系统中的作用，以及不同映射方式的优缺点。（建议同时参考倒数第二次课的课件）

高速缓存作用：由于 CPU 的运行速度和主存的访问速度存在巨大差异，在 CPU 和主存储器之间插入小容量高速缓存存储器，用于存放 CPU 最近访问的少量信息，基于程序的局部性原理，CPU 获得了几乎与主存容量相当的高速存储器，CPU 访问主内存的速度明显提高，基本接近 Cache 本身的访问速度。

不同映射方式的优缺点：

- a) 直接映射的优点：硬件简单，成本低。缺点：每个主存块只有一个固定的行位置可存放，

容易产生冲突。因此适合大容量 Cache 采用。

- b) 全相联映射方式的优点：灵活，使得 Cache 得到充分利用。缺点：标记数量增加，导致 Cache 标记容量大，成本增加；比较器-电路难以设计和实现，适合于小容量 Cache。
- c) 组相联映射方式是直接映射和全相联两种方式的折中，兼备两者优缺点，但不明显。

4) 讨论虚拟存储系统的作用。讨论哪些因素对其性能有影响，有效的优化方法有哪些。

在一个虚拟存储系统中，可以只装载程序的部分代码或数据，通过 on demand 方式，只装载需要运行或访问的数据，可以利用硬盘作为主内存的扩展，可以运行超过物理内存的程序，可以实现进程间内存的共享，提升系统的响应速度，也可以在内存中运行更多的进程。

哪些因素对其性能有影响 (这里说得很乱，不确定是否足够准确)

开了太多程序

主内存容量

页表在内存里，增加系统访问的开销（时间/代价）

优化方法

- a) 采用高效的页面替换策略(页面置换算法)：如 LRU(将最近用的最少的页面替换出去)，整体目标是让整个系统顺利运行，避免系统抖动
- b) 要有充足的主内存空间，使 $\Sigma \text{working set} < \text{主内存容量}$ ，即系统中当前存在的运行的最小页面集合总内存需求小于总物理内存，避免系统抖动，造成性能急剧下降，类似于假死机等现象
- c) 页表缓存 TLB 机制：提升页表访问速度