

系统结构第二次作业

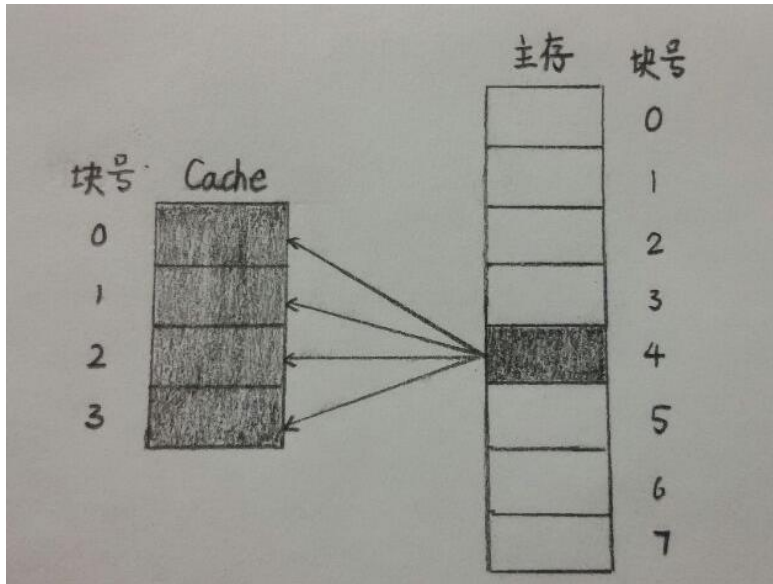
计 25 董欣 2012011361

7.4 设有一个“Cache—主存”层次，Cache 为 4 块，主存为 8 块；试分别对于以下 3 种情况，画出其映像关系示意图，并计算访存块地址为 5 时的索引。

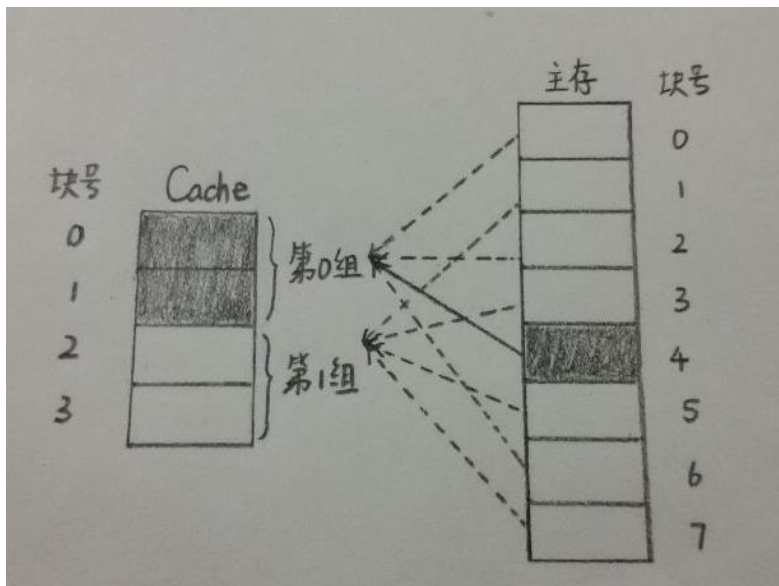
(1).全相连 (2).组相连，每组两块 (3).直接映射

答：映像关系图如下所示：

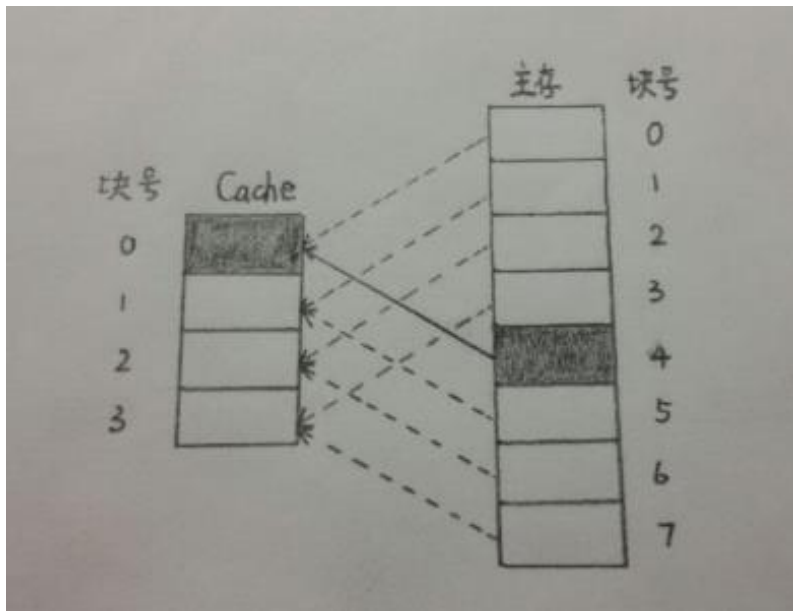
(1).全相连：访存地址为 5 时索引可能为 0 / 1 / 2 / 3



(2).组相连，每组两块：访存地址为 5 时索引可能为第一组的 2 / 3



(3).直接映射：访存地址为 5 时索引为 1



7.8 假设对指令 Cache 的访问占全部访问的 75%；而对数据 Cache 的访问占全部访问的 25%。Cache 的命中时间为 1 个时钟周期，不命中开销为 50 个时钟周期，在混合 Cache 中一次 load 或 store 操作访问 Cache 的命中时间都要增加一个时钟周期，32KB 的指令 Cache 的不命中率为 0.39%，32KB 的数据 Cache 的不命中率为 4.82%，64KB 的混合 Cache 的不命中率为 1.35%。又假设采用写直达策略，且有一个写缓冲器，并且忽略写缓冲器引起的等待。试问指令 Cache 和数据 Cache 容量均为 32KB 的分离 Cache 和容量为 64KB 的混合 Cache 相比，哪种 Cache 的不命中率更低？两种情况下平均访存时间各是多少？

答：分离 Cache 的不命中率为： $75\% \times 0.39\% + 25\% \times 4.82\% = 1.4975\%$

混合 Cache 的不命中率为：1.35%

因此，相比之下混合 Cache 的不命中率更低；

分离 Cache 的平均访存时间为：

$$75\% \times (1 + 0.39\% \times 50) + 25\% \times (1 + 4.82\% \times 50) = 1.74875$$

混合 Cache 的平均访存时间为：

$$75\% \times (1 + 1.35\% \times 50) + 25\% \times (1 + 1 + 1.35\% \times 50) = 1.925$$

7.10 给定以下的假设, 试计算直接映像 Cache 和两路组相连 Cache 的平均访问时间以及 CPU 的性能。由计算结构能得出什么结论?

(1).理想 Cache 情况下的 CPI 为 2.0, 时钟周期为 2ns, 平均每条指令访存 1.2 次

(2).两者 Cache 容量均为 64KB, 块大小都是 32B

(3).组相连 Cache 中的多路选择器使 CPU 的时钟周期增加了 10%

(4).这两种 Cache 的不命中开销都是 80ns

(5).命中时间为 1 个时钟周期

(6).64KB 直接映像 Cache 的不命中率为 1.4%, 64KB 两路组相连的不命中率为 1.0%

答: 对直接映像 Cache: 因命中时间为 1 个时钟周期, 且理想的 Cache 时钟周期为 2ns, 故平均访存时间 $= 2 + 1.4\% \times 80 = 3.12(\text{ns})$

对两路组相连的 Cache: 由于多路选择器使 CPU 的时钟周期增加了 10%, 故平均访存时间 $= 2 \times (1 + 10\%) + 1.0\% \times 80 = 3(\text{ns})$

综上: 两路组相连 Cache 的平均访存时间比较少

根据 CPU 性能公式:

CPU 时间 = (CPU 执行周期数 + 访存次数 \times 不命中率 \times 不命中开销) \times 时钟周期时间
 $= IC \times (CPI_{\text{execution}} + \text{每条指令平均访存次数} \times \text{不命中率} \times \text{不命中开销}) \times \text{时钟周期时间}$

对直接映像 Cache:

CPU 时间 $= IC \times (2.0 \times 2 + 1.2 \times 1.4\% \times 80) = 5.344IC$

对两路组相连的 Cache:

CPU 时间 $= IC \times (2.0 \times 2 \times (1 + 10\%) + 1.2 \times 1.0\% \times 80) = 5.36IC$

相对性能比为 $5.36IC / 5.344IC \approx 1.003$

综上: 直接映像的 Cache 的平均性能稍好一些, 这是因为在两路组相连的情况下, 虽然不命中率减少了, 但是所有指令的时钟周期时间都增加了 10%。由于 CPU 时间是进行评价的基准, 而且减少直接映像 Cache 的实现更简单, 所有选择直接映像 Cache 是更好的选择。

7.14 假设一台计算机具有以下特性:

(1).95%的访存在 Cache 中命中

(2).块大小为两个字，且不命中时整个块被调入

(3).CPU 发出的访存请求的速率为 10^9 字/s

(4).25%的访存为写访存

(5).存储器的最大流量为 10^9 字/s（包括读和写）

(6).主存每次只能读或写一个字

(7).在任何时候，Cache 中有 30%的块被修改过

(8).写不命中时，Cache 采用按写分配法

现欲给该计算机增添一台外设，为此首先想知道主存的带宽已用了多少。试对于以下两种情况计算主存带宽的平均使用比例。

(1).写直达 Cache

(2).写回法 Cache

答：由于写不命中时，Cache 采取按写分配法：

(1).写直达 Cache：

①读命中时，不修改主存，不访存 $P_1 = (1 - 25\%) \times 95\% = 71.25\%$

②写命中时，更新 Cache 和主存，访存 1 次 $P_2 = 25\% \times 95\% = 23.75\%$

③读失效时，将主存中的整个块调入，但由于块大小为 2 个字且主存每次只能读写一个字，故将主存写入 Cache 需要访问主存 2 次

$P_3 = (1 - 95\%) \times (1 - 25\%) = 3.75\%$

④写失效时，按照写分配法需先将单元所在块从主存写入 Cache，此时访问主存 2 次，然后在将数据写入 Cache，根据写直达，再更新 Cache，故共访问主存 3 次

$P_4 = (1 - 95\%) \times 25\% = 1.25\%$

综上，每次访存请求的平均访存次数为：

$0 \times 71.25\% + 1 \times 23.75\% + 2 \times 3.75\% + 3 \times 1.25\% = 0.35$ 次

故主存带宽的平均使用比例为： $0.35 \times 10^9 / 10^9 = 35\%$

(2).写回法 Cache：

①读命中时，不修改主存，不访存；写命中时，由于采用写回法，只有当被修改的 Cache 块被替换时才写入主存，也不访存 $P_1 = 95\%$

②当读或写失效时，按照写分配法都需将单元所在块从主存写入 Cache，但由于块

大小为 2 个字且主存每次只能读写一个字,故将主存写入 Cache 需要访问主存 2 次,如果被替换的 Cache 块没有被修改过,则直接替换,共访问主存 2 次;若被替换的 Cache 块被修改过,则先将 Cache 中的块写入主存,再从主存中调入,故共访问主存 4 次

访存 2 次: $(1 - 95\%) \times (1 - 30\%) = 3.5\%$

访存 4 次: $(1 - 95\%) \times 30\% = 1.5\%$

综上,每次访存请求的平均访存次数为:

$0 \times 95\% + 2 \times 3.5\% + 4 \times 1.5\% = 0.13$ 次

故主存带宽的平均使用比例为: $0.13 \times 10^9 / 10^9 = 13\%$