

17.

- 1) TLB 的组号为 5, 标签为 0x01, 有效位为 1。因为请求的虚拟地址的页号在页表中对应的物理页号为 1, 且物理页号为 1 的条目在 TLB 的第五组的第一个条目中, 标签和有效位都匹配, 所以 TLB 命中。此次内存访问的物理地址为 0x15c (物理页号为 1, 页内偏移为 0x04)。
- 2) 因为虚拟地址长度为 14 比特, 页大小为 64 字节, 所以虚拟地址中低 12 位表示页内偏移, 高 2 位表示页号, 共有 $2^2=4$ 个页。因此, 页表需要 4 个条目, 每个条目包含一个物理页号。
- 3) 访存请求的虚拟地址为 0x05a4, 其对应的物理地址为 0x015c。该地址的物理页号为 1, 标签为 0x05, 有效位为 1。因为请求的地址属于第 1 组的第 1 个块, 且标签和有效位都匹配, 所以 L1 缓存命中。访存结果为 L1 缓存中 0x015c 地址处的数据块中偏移量为 0x04 的字节, 即 0x01。

18.

1)

| 访存地址 | A | B | C | D | A | B | C | D |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| way 0 | - | A | A | C | C | A | A | C |
| way 1 | - | - | B | B | D | D | B | B |
| 命中? | N | N | N | n | N | N | N | N |

- 2) 4 个循环访问的内存地址 ABCD, 将 AC 分为一组, 将 BD 分为一组, 在缓存中设置一个状态计数器和数据选择器, 访问时将用当前访问数据所在分组之外的另一组中的数据, 是 2 个中的哪一个是交替循环来决定, 若上一次使用该组时用的某一个, 这次使用则选用另一个, 用该数据替换缓存中较旧的那个数据, 这样, 除开初始缓存为空的情况而长时间运行, 则可以达到 100% 的 hit。

| 访存地址 | A | B | C | D | A | B | C | D |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| way 0 | - | B | B | D | D | B | B | D |
| way 1 | - | - | C | C | A | A | C | C |
| 命中? | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y |

19.

- 1) 低位标签在同一缓存组内通常被要求是唯一的, 是因为不同的数据块可以映射到同一组内。如果不同数据块的低位标签相同, 会导致预测的命中错误, 降低缓存的命中率。
- 2) 引入微标签技术后, 通常的缓存替换策略可能会受到一定影响。如果采用的是随机替换策略, 微标签可以降低缓存替换的误判率, 从而提高缓存命中率; 如果采用的是 LRU 或其他替换策略, 微标签可能会影响这些策略的效果, 因为替换算法通常会考虑缓存块的使用次数和时间, 将微标签引入后可能会导致替换算法的计算过程复杂化。
- 3) 在一个 16KB 页大小的内存系统中, 一个 8KB 大小的四路组相联缓存中, 每个组中有四个数据块, 组索引位需要 2 个比特来表示。因此, 低位标签需要的比特数为 $\log_2(4*8KB/4B) - 2 = 11$, 即最多需要 11 比特的低位标签。

20. 一、监听一致性和目录一致性的优缺点:

1. 监听一致性 (Snooping Consistency)

优点:

- 实现简单，通过监听总线上的请求和响应即可。
- 通信延迟较低，因为读/写缓存操作直接对本地缓存进行，具有较好的实时性。

缺点：

- 总线上的广播开销比较大，因为所有缓存操作都需要广播到总线上。
- 总线带宽和处理器数量有限，当处理器或缓存数量较多时，系统的可扩展性较差。

2. 目录一致性 (Directory Consistency)

优点：

- 减小广播带来的通信开销，在多处理器系统中具有较好的可扩展性。
- 可以对共享数据的访问进行更细粒度的控制，有利于提高访问效率。

缺点：

- 实现相对较复杂，需要在内存中维护所有处理器上缓存块的状态信息。
- 对于访问共享数据，可能需要额外的目录查询操作，可能导致更高的通信延迟。

二、缓存一致性实现的代价体现在以下方面：

1. 通信带宽：一致性协议会引入协议消息传输，增加通信带宽的开销。例如在监听一致性协议中，所有读/写请求都需要广播到总线上。
2. 存储开销：为了实现一致性，需要一些额外的存储空间，例如在目录一致性协议中，需要在内存中维护一个目录结构来跟踪每个缓存块的状态信息。
3. 计算开销：一致性协议需要处理器或内存控制器执行一些额外的计算操作，如状态转换、目录查询等。
4. 访问延迟：实现一致性协议可能导致额外的访问延迟，例如在共享数据访问中，需要进行目录查询操作。