

18. 一段程序循环往复地按顺序访问 A、B、C、D 四个地址上的数据。考虑一个拥有 2 条目的全相联缓存，回答以下问题。

- 1) 使用 LRU 替换策略时，填写下表。当程序长时间运行时，缓存的命中率为多少？

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

命中率 = 0

- 2) 提出一种缓存替换策略，使得上述程序可以在该缓存中拥有最大的命中率，并计算该命中率。

因为是四个地址顺序访问，而缓存容量只有两个块，无法同时容纳全部数据。缓存替换策略是在缓存已满时决定哪些块该被替换出去。然而在这种情况下，无论使用哪种缓存替换策略都无法提高命中率。

19. 一些处理器引入了“微标签”(microtag)的技术来降低组相联缓存标签匹配过程的时序压力。该技术将地址的标签部分进一步拆分为高位标签 (HTag) 和低位标签 (LTag)，在判断缓存命中与否时，控制器仅取出低位标签进行比较，将匹配的缓存块预测为一次命中并把数据前馈给处理器。在随后的剩余周期内，高位标签被取出并进一步用于判断该预测最终是否构成真正的命中。回答以下问题：

- 1) 低位标签在同一缓存组内通常被要求是唯一的，试说明原因。
- 2) 基于对 1) 的讨论，简要说明该技术的引入对于通常的缓存替换策略有什么影响。
- 3) 考虑到虚拟页偏移和物理页偏移是一致的，为了提高访存性能，系统可以进一步要求地址的低位标签和组索引位完全位于页偏移字段内，这样低位标签的匹配过程就完全不需要经过地址翻译而可以直接进行，后续的高位标签则使用页表翻译后的结果判断是否构成真实命中。基于上述过程，对于 16KB 页大小的内存系统，一个 8KB 大小的四路组相联缓存至多可以拥有几比特的低位标签？

1) 主要是为了避免冲突和误判

2) 微标签技术能在更细层次上进行替换判定，拥有更精确的替换决策；更灵活管理缓存，提升缓存利用率；可能会带来额外硬件开销。

3) 每个缓存块 = $16\text{KB} / 4 = 4\text{KB}$ ，页大小 $16\text{KB} = 2^{14}$ 字节，页偏移字段 = 14 位，同理块页偏移字段 = 12 位，低标签 = 2 位。
 $\therefore 4$ 个块 $\therefore 4 \times 8 = 8$ 位低标签位数。

20. 监听一致性和目录一致性各有什么优缺点？简述缓存一致性的实现代价体现在哪些方面？

监听一致性的一致性事务为单对多广播，总线的传输流量规模较大，在带宽足够情况下延迟更低。
 目录一致性的一致性事务为单对单传播，扩展性更好，但处理时间更长，延迟更高。
 代价体现在对总线带宽要求高。