

Week 13

假设一个使用虚拟内存和 L1 缓存的存储系统具有以下特征：

- 内存系统按字节寻址，访存请求每次仅传递一个字节给处理器。
- 虚拟地址长度 14 比特，物理地址长度 12 比特。
- 页大小 64 字节，使用单级页表。
- TLB 拥有 16 个条目，四路组相联。
- L1 缓存物理寻址，块大小 4 字节，共 16 个组，直接映射。

现在 CPU 发起了一次对虚拟地址 0x05a4 的单字节内存加载请求，回答以下问题。

- 若请求发起时，TLB 的部分内容如下表所示。则 TLB 是否发生命中？如果命中，此次内存访问的物理地址是多少？

组号	标签	物理页号	有效位	标签	物理页号	有效位
0	0x0B	—	0	0x1F	—	0
	0x07	0x0D	1	0x02	0x2F	1
1	0x01	0x05	1	0x05	0x0D	1
	0x14	—	0	0x2A	0x16	1
2	0x03	—	0	0x05	0x1C	1
	0x0B	0x07	1	0x00	0x1B	1
3	0x26	0x34	1	0x02	—	0
	0x19	0x2F	1	0x38	—	0

- 该系统的页表有多少个条目？

- 如果 TLB 命中，则使用 1) 得到的物理地址，否则使用物理地址 0x1e4。如果 L1 缓存的内容如上表所示，则此次访存请求是否命中缓存？如果命中，访存结果是多少？

组号	标签	有效位	块偏移			
			0x0	0x1	0x2	0x3
0	0x1F	0	—	—	—	—
1	0x05	1	0x02	0x09	0xCB	0xA3
2	0x1C	1	0x09	0x55	0x01	0x08
3	0x0D	0	—	—	—	—
4	0x1B	1	0x9B	0xEE	0xE2	0x86
5	0x2F	1	0x00	0x00	0x01	0x00
6	0x07	0	—	—	—	—
7	0x05	1	0x6F	0x23	0xAB	0xD0
8	0x16	0	—	—	—	—
9	0x1C	1	0x63	0x2F	0x1B	0x00
10	0x1C	1	0x28	0x34	0x01	0xC4
11	0x16	1	0x29	0xC8	0x56	0x99
12	0x34	0	—	—	—	—
13	0x34	0	—	—	—	—
14	0x0D	0	—	—	—	—
15	0x07	1	0xE8	0x59	0x04	0x45

$$(1) \quad 0x05a4 = 0b00\ 0101\ 1010\ 0100$$

Tag = 0x05，组号为 2 \Rightarrow 命中

物理页号 0x1C = 0b 01 1100

物理地址 0b 01 1100 10 0100 = 0x724

(2) 虚拟页一直对应 1 个扇区 \Rightarrow 有 $2^4 \div 64 = 2^4 = 256$ 个扇区

$$(3) \quad 0x724 = 0b0111\ 0010\ 0100$$

Tag 0b 01 1100 = 0x1C 组号 0b1001 = 0d 9

块偏移 00

\Rightarrow 查得：命中，内容为 0x63.

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。

- 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

- 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。

(1) 命中率 0%.

(2) 替换策略：只替换空缓存，运行情况如下：

访存地址	A	B	C	D	A	B	C	D
way 0	—	A	A	A	A	A	A	A
way 1	—	—	B	B	B	B	B	B
命中？	N	N	N	N	Y	Y	N	I

$$\text{命中率} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{2(N-1)}{4N} = 50\%.$$

19. (1) LTag 唯一，保证同组内通过 LTag 判断是否命中能准确性，节省了再访问 HTag 区分的时间；若不唯一，相同 LTag 的地址之间可能会出现缓命中率错误。

- (2) ① 替换的地址 LTag 要在同组内唯一
② 考虑低位命中为预测性能，替换时要考虑 HTag 对比
③ 性能开销

(3) $16KB = 2^{14} \text{ Byte}$ $8KB \text{ 四路组} \Rightarrow 2^3 \div 4 = 2^1 \text{ 组}$
 $\Rightarrow 14 - 11 = 3 \text{ 位}$ 块大小 1 Byte?

20. ① 监听一致性优点是实现简单，不需要额外目录结构，只要每个 core 都监听总线上的 data 来判断是否修改；缺点是扩展性差，cores 越多 bus 负担越大，徒增功耗和带宽消耗。

- ② 固件一致性优点是扩展性好，不需大的广播网络；但缺点是实现复杂，需额外目录和控制单元，而这些部分出错也会损失性能。
③ 缓存一致性实现代价有：占用通信网络带宽，占用存储空间存储一致性数据，存在通信延迟，消耗功耗等。