

1. The system in question has 1MiB of physical memory, 32-bit virtual addresses, and 256 physical pages. The memory management system uses a fully associative TLB with 128 entries and an LRU replacement scheme.

- What is the size of the physical pages in bytes? 2^{12} bytes
- What is the size of the virtual pages in bytes? 2^{12} bytes
- What is the maximum number of virtual pages a process can use? 2^{20} pages
- What is the minimum number of bits required for the page table base address register? 20 bits

2. Everybody Got Choices

e. Answer "True!" or "False!" to the following questions

- The page table is stored in main memory **True!**
- Every virtual page is mapped to a physical page **False!**
- The TLB is checked before the page table **True!**
- The penalty for a page fault is about the same as the penalty for a cache miss **False!**
- A linear page table takes up more memory as the process uses more memory **False!**

3. Example: Mapping VAs to PAs

Suppose • virtual memory of 2^{32} (4G) bytes • physical memory of 2^{30} (1G) bytes • page size is 2^{14} (16 K) bytes

- How many pages can be stored in physical memory at once? $2^{30-14}=2^{16}=64K$
- How many entries are there in the page table? $2^{32-14}=2^{18}=256K$
- How many bits are necessary per entry in the page table? (Assume each entry has PPN, resident bit, dirty bit) $16+2=18$
- A portion of the page table is given to the below. What is the physical address for virtual address 0x00004110? $00000000000000001110000010001000B=0x0001C110$

VPN	R	D	PPN
0	0	0	2
1	1	1	7
2	1	0	0
3	1	0	5
4	0	0	5
5	1	0	3
6	1	1	2
7	1	0	4
8	1	0	1

4. 某计算机系统有一个 TLB 和一个 L1 Data Cache。该系统按字节编址，虚拟地址 16 位，物理地址 14 位，页大小为 128B，TLB 采用四路组相联方式，共 16 个页表项，L1 Data Cache 采用直接映射方式，块大小为 4B，共 16 行。系统运行到某一时刻时，TLB、页表和 L1 Data Cache 中部分内容如图示。请问：

- 虚拟地址中哪几位表示虚拟页号？哪几位表示页内偏移？虚拟页号中哪几位表示 TLB 标记？哪几位表示 TLB 索引？高 9 位表示虚拟页号，低 7 位表示页偏移；虚拟页号中高 7 位表示 TLB 标记，低 2 位表示 TLB 索引
- 物理地址中哪几位表示物理页号？哪几位表示页内偏移？高 7 位表示物理页号，低 7 位表示页内偏移

(3)主存物理地址如何划分标记字段、行索引字段和块地址字段?高 8 位为标记字段，中间 4 位为行索引字段，低 2 位为块地址字段

(4)CPU 从地址 06FAH 中取出的值是多少？说明 CPU 读取地址 06FAH 中内容的过程。

06FAH=0000 0110 1111 1010，故虚页号为 000001101，对应 TLB 的第 01 组，将 0000011 (03) 与 TLB 第 1 组的所有标记比较，有一个相等但有效位为 0，故 TLB 不行，需要访问主存中的慢表。

查看 000001101=0D 处的页表项，有效位为 1，页框号 2D=0101101B，和页内偏移 111 1010 拼接起来，根据最低 2 位前的中间 4 位 1110 找到 CACHE 的第 14 (0E) 行，有效位为 1，标记为 5B=01011011B，命中，而物理地址最后两位为 10，故取出字节 2 中的数为 5AH.

TLB

行号	标记	页框号	有效位	标记	页框号	有效位	标记	页框号	有效位	标记	页框号	有效位
0	03		0	09	0D	1	00		0	07	02	1
1	03	2D	1	02		0	04		0	0A		0
2	02		0	08		0	06		0	03		0
3	07		0	63	0D	1	0A	34	1	72		0

数据缓存 CACHE

行索引	标记	有效位	字节3	字节2	字节1	字节0
00	19	0	12	56	C9	AC
01	15	1				
02	1B	0	03	45	12	CD
03	36	0				
04	32	1	23	34	C2	2A
05	0D	1	46	67	23	3D
06		0				
07	16	1	12	54	65	DC
08	24	1	23	62	12	3A
09	2D	0				
0A	2D	1	43	62	23	C3
0B		0				
0C	12	1	76	83	21	35
0D	16	1	A3	F4	23	11
0E	5B	1	3D	5A	45	55
0F	14	0				

页表

虚页号	页框号	有效位
00	08	1
01	03	1
02	14	1
03	02	1
04		0
05	16	1
06		0
07	07	1
08	13	1
09	17	1
0A	09	1
0B		0
0C	19	1
0D	2D	1
0E	11	1
0F	0D	1