

“计算机组织结构”作业 06 参考答案

1. 假定有两个用来存储 10TB 数据的 RAID 系统，每个磁盘的大小均为 2TB。系统 A 使用 RAID 1 技术，系统 B 使用 RAID 5 技术。请问：[刘璟，121250083]

a) 系统 A 需要比系统 B 多用多少存储容量（单位：TB）？

A 系统需 20TB 存储容量；B 系统采用 6 个磁盘，需 12TB 存储容量，多用 8TB

b) 假定一个应用需要向磁盘写入一块数据，若磁盘读或写一块数据的时间为 30ms，则最坏情况下，在系统 A 上写入一块数据需要多少时间（单位：毫秒）？

30ms

c) 如果问题 b) 是在系统 B 上写入一块数据，需要多少时间（单位：毫秒）？

120ms（最坏情况：两读两写）

d) 哪个系统更加可靠？

A 更加可靠。

RAID1 通过镜像对整个数据进行了备份，只要其中一份数据所在磁盘出现了问题，通过另一份数据就可以很方便的进行恢复；而 B 系统中，如果两块磁盘同一对应位置同时存在故障，相应的数据就无法进行恢复了。

2. 假设一个分页虚拟存储系统的虚拟地址为 40 位，物理地址为 36 位，页大小为 16KB，按字节编址。若页表中的有效位、存储保护位、修改位、使用位共占 4 位，磁盘地址不在页表中。则该存储系统中每个程序的页表大小为多少（单位：MB）？（说明：1. 假设每个程序都能使用全部的虚拟内存；2. 页表项的长度必须为字节的整数倍）

按字节编址，故：

虚拟主存页面个数： $2^{(40-14)}=2^{26}$

物理主存页面数： $2^{(36-14)}=2^{22}$

页表项的最小长度： $22+4=26$

根据说明 2，取 32 位（4B）

页表大小： $2^{26} \times 4B = 256MB$

3. 假设一个计算机系统有一个 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 12 位；页大小为 128B，TLB 为 4-路组相连，共有 16 个页表项；L1 data cache 采用直接映射方式，块大小为 4B，共 16 行。在系统运行的某一时刻，TLB、页表和 L1 data cache 中的部分内容如下图所示（16 进制表示）：

组号	标记	页框	有效位	标记	页框	有效位	标记	页框	有效位	标记	页框	有效位
0	05	—	0	09	1D	1	00	08	1	07	10	1

1	13	1C	1	02	17	1	04	—	0	0A	—	0
2	02	09	1	08	—	0	06	—	0	03	11	1
3	07	—	0	63	12	1	0A	34	1	72	—	0

TLB 的内容 [缪晓伟, 121250101; 陆一飞, 121250094; 贾俊腾, 111130046;
李任我行, 131250212]

虚页号	页框号	有效位
000	08	1
001	03	1
002	14	1
003	02	1
004	—	0
005	16	1
006	—	0
007	07	1
008	13	1
009	17	1
00A	09	1
00B	—	0
00C	19	1
00D	—	0
00E	11	1
00F	0D	1

页表的前 16 行内容

行索引	标记	有效位	字节 3	字节 2	字节 1	字节 0
0	19	1	12	56	C9	AC
1	—	0	—	—	—	—
2	1B	1	03	45	12	CD
3	—	0	—	—	—	—
4	32	1	23	34	C2	2A
5	0D	1	46	67	23	3D
6	—	0	—	—	—	—
7	10	1	12	54	65	DC
8	24	1	23	62	12	3A
9	—	0	—	—	—	—
A	2D	1	43	62	23	C3
B	—	0	—	—	—	—
C	12	1	76	83	21	35
D	16	1	A3	F4	23	11
E	33	1	2D	4A	45	55
F	—	0	—	—	—	—

L1 data cache 的内容

请问：

- a) 虚拟地址中哪几位表示虚拟页号？

页大小 128B，所以低 7 位为页内偏移量，从而高 9 位为虚拟页号

- b) 虚拟页号的哪几位表示 TLB 标记？

虚拟页号中高 7 位为 TLB 标记

- c) 物理地址中哪几位表示物理页号？

物理地址高 5 位表示物理页号，低 7 位表示页内偏移量

- d) 在访问 cache 时，物理地址哪几位表示行号？

低 2 位表示块内地址，中间 4 位表示行号，高 6 位是标记字段

- e) CPU 从地址 067AH 中取出的值为多少？

4AH

虚拟地址 067AH=0000 0110 0111 1010B，高 9 位虚页号为 0000 0110 0B (00CH)；
对应 TLB 组号 0，查找 03H 标记，没有对应项，故 TLB 缺失；

查找页表，发现 00CH 项有效位为 1，取出对应页框号 19H=11001B；

将页框号与页内偏移组成物理地址：11001 111 1010B，计算中间 4 位得到 cache
行号 E，高 6 位得标记 33H，比对吻合，且有效位为 1，块内地址为 10B=2，所以取出
数据 4AH

===== 分割线：以下内容不在小程序上提交 =====

4. 虚拟内存的大小是否等于主存的容量加上磁盘的容量？为什么？

不对。

一个系统虚拟内存的上限由两方面决定：

1) 系统寻址空间的大小，如系统寻址宽度为 32 位，则能支持的虚拟内存大小最多为
(2^{32})，即 4G 大小。

2) 虚拟内存借助磁盘空间来实现，所以虚拟内存一定小于磁盘空间大小。

在不超过上述两条限制的情况下，具体的虚拟内存大小会根据具体设置而定，但磁盘的
容量通常会远大于虚拟内存的容量。

5. 在使用了快表 (TLB) 和 cache 的情况下，CPU 读写一个数据，需要访问多少次主存？（需要假设各种情况的概率）

假设 TLB 命中率为 P_{TLB} ，虚页载入的概率为 P_V ，cache 命中率为 P_C ，则：

TLB 命中且虚页载入且 cache 命中的概率为： $P_{TLB} * P_V * P_C$ (0 次)

TLB 命中且虚页载入但 cache 未命中的概率为： $P_{TLB} * P_V * (1 - P_C)$ (1 次)

TLB 命中但虚页未载入的概率为： $P_{TLB} * (1 - P_V)$ (1 次)

TLB 未命中但虚页载入且 cache 命中的概率为： $(1 - P_{TLB}) * P_V * P_C$ (1 次)

TLB 未命中但虚页载入且 cache 未命中的概率为： $(1 - P_{TLB}) * P_V * (1 - P_C)$ (2 次)

TLB 未命中且虚页未载入的概率为： $(1 - P_{TLB}) * (1 - P_V)$ (2 次)

所以，平均的主存访问次数为：

$0 * (P_{TLB} * P_V * P_C) + 1 * (P_{TLB} * P_V * (1 - P_C) + P_{TLB} * (1 - P_V) + (1 - P_{TLB}) * P_V * (1 - P_C)) + 2 * ((1 - P_{TLB}) * P_V * P_C + (1 - P_{TLB}) * P_V * (1 - P_C) + (1 - P_{TLB}) * (1 - P_V))$

$$P_C) + 2 * ((1 - P_{TLB}) * P_V * (1 - P_C) + (1 - P_{TLB}) * (1 - P_V)) \\ = 2 - P_{TLB} - P_V * P_C$$

注：也可以这样理解，最坏情况下需要访问 2 次主存，1 次是页表查找，1 次是存取数据。如果 TLB 命中，则可以不用进行页表查找（此时概率为 P_{TLB} ）；如果载入且 cache 命中，则可以不用从主存中存取数据（此时概率为 $P_V * P_C$ ）。