

4-1 现代计算机系统需要存储层级的原因

答：由于主存储器的访问速度远远慢于CPU的运行速度，并且存储容量有限。不同存储层级可以使计算机运行速度更快并且综合成本最低，是一种权衡的最优解决策略。

页过大的问题：当大页需从主存中换出时，需要替换整个大页，导致更大的置换开销，读取和写回都要更长时间

页过小的问题：使用小页时，每个进程需要维护更多的页表项，在上下文切换时需要更多的页表切换操作，增大了开销

2

(1) V: 表示该页表项其余部分是否有效

R、W、X: 分别表示此页可否读取、写入和执行

U: 表示该页是否是用户页面

G: 表示这个映射是否对所有虚拟地址空间有效

A: 表示自从上次A位被清除以来该页面是否被访问过

D: 表示自从上次D位被清除以来该页面是否被弄脏（或被写入）

(2) 如果用户自由修改则会导致页表信息错误，如A、D等位是只有内核才知道的信息，而用户如果在不知道的情况下修改成了错误的信息，则页表将会向内核传递错误的信息，导致后续的运行中出现错误，甚至导致内存中某些重要数据丢失

(3) R、W、X三位都为0的页表项是指向下一级页表的指针



4.

(1) PMP 中 X/W/R 作为保护机制, 相当于二次保险: 即便页表中表示有某-权限, 但 PMP 中表示没有该权限, 硬件仍然无法执行该操作

(2) L: 表示是否锁了 PMP 和对应的地址寄存器, 锁定后则无法更改

A: 表示了是否启用此 PMP

4. 计算主存容量

$$(1) \frac{4 \times 1000}{8} = 500$$

主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

$$\therefore \frac{2^{64}}{4096} \times 4 + \frac{1}{1000} \div \frac{1}{1000} \div \frac{1}{1000} \div \frac{1}{1000} = 147574 \text{ PB}$$

$$(2) \frac{2^{48}}{4096} \times 4 \div \frac{1}{1000} \div \frac{1}{1000} \div \frac{1}{1000} = 2251.8 \text{ GB}$$

所需空间被降到 2251.8 GB

(3) 因为多级页表只将必要的页表加载到内存中, 省去了大量未映射的页表项, 所以大大减少了存储空间

主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

(4) 主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

主存容量 = 页表项数 × 每个页表项的大小

