

1. 答 现代计算机系统需要存储层级是为了优化计算机系统的性能和成本效益。存储层次通常由多个层次组成，包括高速缓存、主存、磁盘存储等。每个层次的存储介质速度和容量都不一样，越靠近处理器的层次速度越快，容量越小；越靠近外部的层次速度越慢，容量越大。

存储层级的主要目的是通过将最常用的数据存储在最快捷的存储介质中，减少CPU等待时间，从而提高计算机系统的性能。这是因为CPU能够更快地访问位于高速缓存中的数据，而不是在主存储器中寻找数据，可以显著减少CPU等待时间。另外，存储层级还可以帮助节省成本，因为使用较小的高速缓存和主存，可以在存储容量和性能之间找到一个平衡。

2. 答 如果页过大，会导致浪费内存空间。当进程访问一页时，必须将整页加载到物理内存中，即使只需求访问其中一小部分，则只有部分页面被实际利用，其余的浪费掉了，导致物理内存利用率降低。

如果页太小，较小的页会增加管理开销。过小的页会导致在需要使用较大内存空间时，将同时将多个页加载到物理内存中，导致更多的读取和页表的查找，增加管理开销和访问内存的时间。

3. 答 (1) V 表示 PTE 是否有效, V=0 无效, V=1 有效

RWX 表示指明 Page 是否可读、可写、可执行, 为 1 有效为 0 无效

U 表示 u-mode 是否可访问该页面, U=1 可访问, U=0 不可访问

G 表示一个全局映射

A 表示自上次清除后虚拟 page 已被读取、写入或 fetched

D 表示自从上次清除后虚拟 page 已被写入

(2) ① 安全问题: 用户进程可以通过修改页表来获取特权, 如访问内核空间, 可能导致系统崩溃或数据泄漏。

② 内存管理问题: 用户进程可以修改页表篡改或破坏其他进程的内容。可能导致进程之间的问题。

③ 性能问题: 用户进程可以修改页表访问不属于自己的内存, 从而导致缓存失效或出现大量的页面置换操作, 影响系统性能。

(3) X/W/R 都为 0 时, 表示此 PTE 指向下一级的 page table, 与之它就是 leaf PTE

4. 答 (1) PMP 中的 R/W/X 位用于控制对应页面的读/写/执行权限, 是在物理空间中进行。PMP 通常由操作系统使用, 可对整个物理内存或特定物理内存区域进行保护。当处理器访问一个物理地址时, 它会先检查 PMP, 判断是否有权限。如果没有就会抛出异常。

而 PTE 保护的是虚拟内存, 两者作用范围不一样。

(2) L 用于指定 PMP 条目是否锁定, L=1 时锁定, 防止 PMP 对应范围被修改;

A 用于指定寻址模式。A=1 时对应 PMP 的地址会自动加上一个固定偏移量。

5. 答: (1) 需要用来存储页表的字节数为 $8 \times \frac{2^{64}}{4K} = 2^{55}$ bit

(2) 需要用来存储页表的空间减小为 $8 \times \frac{2^{64}}{4K} = 2^{39}$ bit

(3) 多级页表将虚拟页表空间划分为多个层次结构, 每层级包含部分虚拟地址空间的映射关系, 每个

层级的页表只需要存储部分的映射关系，~~而不是整个映射关系，从而降低了页表的存储开销。~~

而以二级页表为例，不分级的页表需要覆盖整个虚拟地址空间，而通常不会使用所有的空间，因此会产生浪费。而对二级页表，第一级页表就覆盖整个空间，若是一页条目未被使用时，其对应的第二级页表可以不存在，即二级页表仅在需要的时候被创建，平时可以不存在，从而节省了空间；

且只有一级页表总是在内存中，二级页表通常在需要时才会调入内存，进一步缓解内存压力。