

1. 简述现代计算机系统需要存储层级的原因。

计算机需要快速访问数据，而更大的存储器访问速度更慢，故使用存储层级结构来提高处理器的运算速度和性能

2. 在页式虚拟存储中，过大或过小的页分别会引起什么问题？

过大：若只使用页的一部分，会对内存造成更大的浪费

过小：导致更多的页表条目和更频繁的换入换出操作，增加处理器工作负担

3. 页表条目除了保存物理页号外，一般还包含各种状态和权限标记位。它们为内存访问提供了各种细粒度的控制。例如，RISC-V 指令集的 Sv32 页表条目具有如下的形式：

31	20 19	10 9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PPN[1]	PPN[0]	RSW	D	A	G	U	X	W	R	V	

- 1) 查阅 RISC-V 规范，简要描述上述条目中的位 7 至位 0 具有什么功能。
- 2) 结合上述功能讨论：如果用户进程能够自由修改自己的页表，会发生什么问题？
- 3) 在 RISC-V 的虚拟内存管理中，一个 X/W/R 位全部为 0 的有效页表条目有什么含义？

(1) 记录每个页的属性，便于进行页的访问权限管理

位 0 (V)：有效位 位 1 (R)：可读取位 位 2 (W)：可写入位 位 4 (X)：可执行位

位 5 (G)：全局位，标志是否可共享 位 6 (A)：访问位，若被访问置 1 位 7 (D)：脏位

(2) 由于页表用于完成地址映射，用户可以访问任何地址，从而导致安全和稳定性问题

(3) 该 PTE 为指向下一级页表的指针

4. RISC-V 的物理内存保护 (PMP) 机制允许硬件线程为特定的物理内存区域指定访问权限，其配置寄存器有如下的形式：

7	6	5	4	3	2	1	0
L (WARL)	0 (WARL)	A (WARL)	X (WARL)	W (WARL)	R (WARL)		

查阅 RISC-V 规范，回答以下问题：

- 1) 在页表条目中已经存在 X/W/R 位的情况下，PMP 控制寄存器中的 X/W/R 位有什么作用？
- 2) 说明 PMP 配置寄存器中的 L 和 A 位有什么作用。

(1) 进一步增强对地址访问的安全控制。若 PMP 配置寄存器中设置的权限和页表条目中权限不同，则 PMP 配置寄存器的权限会覆盖页表条目的权限

(2) A：表项的地址匹配模式

L：表项的 Lock 使能位。若该位为 1，表示表项被锁住，无法对相关表项进行修改。