Chapter 4 计算机存储系统

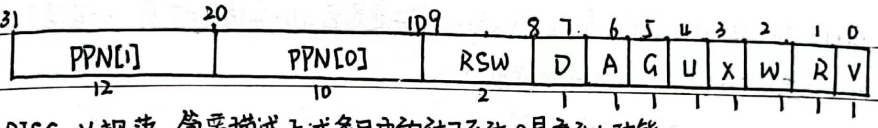
1. 简述现代计算机系统需要存储层级的原因。

成本和运算速度的平衡，提高性价比。一方面我们知道CPU的读取速度的是非常快的，但其内存价格昂贵，且存储容量较小，故出于经济成本的考虑，计算机中的存储结构会按照层级划分。

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？

在分页系统中，若选择过小的页面，会使每个进程占用较多的页面，从而导致进程的页表过长，占用大量内存；此外还会降低页面换进换出的效率；如果选择的页面过大，虽然减少了页表的长度，提高了换进换出的速度，但却会使页内碎片增大，降低了内存利用率。

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：



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。

V位表示页表项是否合法：若是0则PTE的31-1bit位不关心且可以由软件自由使用。

R、W、X位为权限位，表明该页是否可读、写、执行；当三者均为0时，PTE是一个指向下级页表的指针；否则，是一个页表项。

U位表明该页表是否可由U态使用，为1时可由U态使用，同时若sstatus寄存器中的PUM位清零，则S态软件也可以在U位为1的条件下获取页。但通常情况下，S态由status的PUM为1，因此S态一般不可以访问用户页。

G位表示全局映射。全局映射是存在于所有地址空间的映射。对于非页PTE，全局设置意味着页面后续级别中的所有映射表是全局性的。注意，不将全局映射标记为全局映射只会降低性能，而将非全局映射标记为全局则是错误的。

A为获取位，在非以地址被读写或匹配时，对应的PTE的A位被置位。

D脏位，当虚拟地址被写时，对应PTE的D位被设置。

2) 引发信息安全的问题，没有权限的地址空间将可能被访问。

3) 在RISC-V的虚拟内存管理中，一个xWR位全部为0的有效页表条目有什么含义？

PTE为一个指向下级页表的指针。

2)结合上述功能讨论：如果用户进程能够自己修改自己的页表，会发生什么问题？

①.安全性问题：进程可以越过操作系统的权限限制，访问受限资源或执行潜在危险的操作，从而破坏系统的安全性。

②.冲突或混乱：可能导致地址映射冲突，造成数据丢失、内存访问错误和系统崩溃等问题。

③.内存泄漏和资源管理问题：可能导致不正确地分配或释放内存，导致内存泄漏或者资源管理的混乱，进而影响系统的性能和稳定性。

④.不可靠性和一致性问题：导致内存管理的不可靠性和一致性问题。

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形式：

1)在页表条目中已经存在xWIR位的情况下，PMP控制寄存器中的xWIR位有什么作用？

PMP控制寄存器中的xWR位可以覆盖xWR位，提供更灵活的内存访问控制，以增强系统安全性保

2)说明PMP配置寄存器中的L和A位有什么作用。

L位(Lock)：锁定PMP配置寄存器的设置，防止对其进行修改。

A位：用于确定地址匹配模式，当A位1时，PMP中的地址字段将用于匹配匹配内存地址，以确定访问该内存地址的权限。当为0时所有地址都与之匹配。

5. 回答以下问题：

1)如果页大小为4KB，每个页表使用8字节空间，内存系统按字节寻址。则使用完整的64位虚拟地址时一个单级页表系统需要多大的空间用于存储页表？

$2^{64}/(2^{12}\times 8)\times 8 = 2^{52}B \approx 4.5PB$

需要4.5PB的大小来存储页表。

2)实际上，多数真实系统仅限制使用64位系统的一部分作为有效的访存空间，例如Sv48即仅使用48位的虚拟地址空间，则保持其它假设不变时，一个单级页表系统存储页表所需要的空间被降低到多少？

$2^{48}/(2^{12}\times 8)\times 8 = 2^{36}B = 2^6GB$

3)多级页表为什么可以降低虚拟内存系统的实际页表存储开销？

①节省内存空间：多级页表使用了层次结构的组织方式，将大的页表分割成多个较小的页表。每个

页表只需要维护部分虚拟地址空间映射关系，而不是全部。

②减少页表访问时间：页表过大时，单级页表可能会导致页表访问时间变长。而多级页表通过将虚拟地址划分为更小的块，并使用更小的页表来管理这些块，可以减少每次访问页表的时间。