

嵌入式第十一周作业

1. 简述现代计算机系统需要存储层级的原因。

解：为了提高数据访问和处理。

① 高速访问和低成本：高层级具有更快的访问速度；低层有更大的存储容量。

② 访问局部性：最常访问的数据放在高层级的存储介质中。

③ 多级缓存：为了利用空间局部性和时间局部性。

④ 存储层级的层次结构：基于成本和性能之间的权衡。

3. 页表用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何种细粒度的控制。

解：① 0(V)：有效位(Valid)，为1时，表示页表条目前有效，可用于内存访问。为0无效。

1(R)：读取权限位(Read)，为1时，表示允许对该页进行读取操作。

2(W)：写入权限位(Write)，为1时，表示允许对该页进行写入操作。

3(X)：执行权限位(Execute)，允许执行该页中的指令。

4(U)：用户权限位(User)，用户模式下允许访问该页。

5(G)：全局位(Global)，该页表项是全局的。

6(A)：访问位(Accessed)，该页被访问过。处理器可通过此来跟踪最近访问的页，用于实现页替换算法。

7(D)：脏位(Dirty)，该页被写入过。处理器可据此来跟踪最近修改的页...

② 如果用户进程能自由修改自己的页表，会导致严重的安全和稳定性问题。页表目的是提供对物理内存的抽象和隔离，以保护不同进程

间的内存访问。会打破进程间的隔离，导致系统不稳定，并增加恶意进程对系统的攻击面。

③ X/W/R 全为0的有效页表条目表示对该页的所有访都被禁止。禁止访问某个特定页的情况用于限制或保留特定的内存区域。

2. 解：① 过大：

① 内部碎片：如果页大小远大于程序所需的实际内存大小，每个页可能包含很多空闲内存空间，被称为内部碎片，会浪费存储空间。

② 页面置换开销：即使只有部分页面被修改，也需要将整个大页写回到磁盘，增加了磁盘I/O的开销。

② 过小：

① 外部碎片：每个页只能容纳一小部分数据，导致在内存中形成大量不连续的未被利用的空闲空间。

② 页表大小：页表用于映射虚拟页和物理页之间关系。如果页大小过小，需要更大的页表来管理相同的内存空间。

4. PLSCV 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, 其配置寄存器如下形式: (1) PMP 控制寄存器中的 X/W/R 位有什么作用?

(2) PMP 配置寄存器中的 L 和 A 位作用?

解: (1) 用于更细粒度地控制物理内存的访问权限, 提供了对物理内存区域的额外保护。

可覆盖页表中的权限设置。当发生内存访问时, 同时检查。

(2) 0/L 位: Lock. 用于锁定 PMP 配置寄存器防止对其进行非特权级的写入操作。为 1 不允许进一步的配置更改, 有助于确保配置的稳定性和安全性。

② Addressing: 用于指示 PMP 配置寄存器的地址范围模式。为 0, 以 8 字节为单位; 为 1, 以对齐的 16 字节 (32 位) 区域进行编址。这样提供更大的地址范围, 并减少 PMP 配置寄存器的数量需要。

可灵活配置 PMP 机制来保护物理内存, 并限制对特定区域的访问权限。

有 2^{44} 个不同的虚拟地址。需要 $2^{60}/512 = 2^{55}$ bytes, 则单级页表所需空间巨大

(1) 仅使用 48 位虚拟地址空间:

$$2^{48} \text{ bytes} / 4 \text{ kB} \times 8 \text{ bytes} = 2^{39} \text{ bytes}$$

(2) 多级页表:

① 空间利用率: 只为实际使用的页表条目分配内存。

② 层次结构: 通过分割虚拟地址空间为更小的区域。

③ 惰性加载: 只有在需要访问特定页时才加载到相应的页表条目。

5. (1) 页大小 4kB, 每页是条目使用 8 字节空间, 由系统按字节寻址。使用完整的 64 位虚拟地址时, 一个单级页表需要多大的空间用于存储页表:

(1) 每页可有 $4 \text{ kB} / 8 \text{ 字节} = 512$ 个页表条目的地址。