

#### 第四章习题 1-5

##### 1. 简述现代计算机系统需要存储层级的原因

现代计算机系统需要存储层级的原因主要有以下几点：

计算机系统的存储器容量有限：计算机系统的存储器容量是有限的，而且存储器的价格比处理器的价格更高。为了提高计算机系统的性能，需要使用存储层级来平衡存储器容量和性能之间的矛盾。

处理器和存储器之间的速度差异：处理器的速度比存储器的速度快得多，因此处理器需要等待存储器的数据时会浪费很多时间。为了减少处理器等待存储器的时间，需要使用存储层级来提高数据的访问速度。

访问模式的局部性：计算机程序的访问模式具有局部性，即程序往往多次访问同一块数据。为了利用访问模式的局部性，需要使用存储层级来缓存数据，减少对存储器的访问次数。

访问模式的多样性：不同的程序具有不同的访问模式，有些程序的访问模式具有很强的局部性，而有些程序的访问模式则比较随机。为了适应不同程序的访问模式，需要使用多级存储层级来提供不同的缓存策略。

综上所述，现代计算机系统需要存储层级来平衡存储器容量和性能之间的矛盾，提高数据的访问速度，利用访问模式的局部性，以及适应不同程序的访问模式。

##### 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

在页式虚拟存储中，过大或过小的页都会引起一些问题。

如果页过大，会导致以下问题：

内部碎片：页越大，每个进程所需的虚拟地址空间就越小，因此每个进程所占用的物理内存空间也会变大。如果页的大小过大，会导致每个进程所占用的物理内存空间存在大量的内部碎片，浪费了大量的物理内存空间。

外部碎片：如果页的大小过大，会导致物理内存中存在大量的外部碎片，这些碎片无法被利用，浪费了大量的物理内存空间。

页表的大小：如果页的大小过大，会导致页表的大小也变大，这会增加页表的访问时间和页表的存储空间。

如果页过小，会导致以下问题：

内部碎片：如果页的大小过小，会导致每个进程所占用的虚拟地址空间变大，因此每个进程所占用的物理内存空间也会变小。如果页的大小过小，会导致每个进程所占用的物理内存空间存在大量的内部碎片，浪费了大量的物理内存空间。

外部碎片：如果页的大小过小，会导致物理内存中存在大量的外部碎片，这些碎片无法被利用，浪费了大量的物理内存空间。

页表的大小：如果页的大小过小，会导致页表的大小也变小，这会增加页表的访问时间和页表的存储空间。

综上所述，过大或过小的页都会导致内部碎片、外部碎片和页表大小的问题。因此，在设计页式虚拟存储系统时，需要权衡页的大小，选择一个合适的页大小来平衡内部碎片、外部碎片和页表大小之间的矛盾。

##### 3. 4. 不会

5. (1) 如果页大小为 4KB，每个页表条目使用 8 字节空间，内存系统按字节寻址，使用完整的 64 位虚拟地址时，一个单级页表系统需要的空间用于存储页表为：

一个页表条目可以映射 4KB 的虚拟地址空间，因此一个页表可以映射  $2^{52}$  个虚拟页。每个页表条目使用 8 字节空间，因此一个页表需要的空间为  $2^{52} * 8 \text{ 字节} = 32\text{TB}$ 。

(2) 实际上，多数真实系统仅限制使用 64 位系统的一部分位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。保持其他假设不变时，一个单级页表系统存储页表所

需要的空间被降低到：

一个页表可以映射  $2^{48}$  个虚拟页，因此一个页表需要的空间为  $2^{48} * 8$  字节 = 256TB。

(3) 多级页表可以降低虚拟内存系统的实际页表存储开销，原因如下：

多级页表可以将一个大的页表分成多个小的页表，每个小的页表只需要存储部分虚拟地址空间的映射关系，从而减少了每个页表的大小。

多级页表可以使用更小的页表条目来映射虚拟地址空间，从而减少了每个页表条目的大小。

多级页表可以使用页表的层次结构来快速定位页表条目，从而减少了访问页表的时间。