

题目一解答

内部碎片是指系统所分配给进程的内存与该进程实际用到的内存之间的差值，也就是说内部碎片是属于某个进程的，但是却**无法被利用**，直到进程终止释放内存，内部碎片才能被重新分配。

外部碎片是指随着进程的装入和移处，在不同进程的内存块之间存在着一些空闲的内存块。外部碎片**不属于任何一个进程**，尽管所有外部碎片的**总和可以满足当前的内存申请**，但由于碎片是**不连续的**，使得系统无法利用这些碎片。

题目二解答

(1) 如果内存访问的时间为200ns，试问访问页表中的一个数据需要多长时间？

首先CPU抛出逻辑地址，在没有TLB支持的情况下，需要通过页表查询PTE，代价 $t_1 = 200ns$ ；

- 若该PTE为cached状态，则直接拼接得到PA（物理地址），然后在内存访问该数据，代价 $t_2 = 200ns$ ；
- 若该PTE为allocated状态，则说明内存中还未缓存该页，需要重新访问磁盘并将该页搬入内存，然后再更新Page Table，最后重新执行访问指令；代价 $t_3 = t_{访问磁盘} + 200ns + 200ns$ ；
- 若该PTE为NULL，说明还未分配，可看作不存在于磁盘中，故无法访问；

根据题意，应该是第一种情况，故 $t = t_1 + t_2 = 400ns$ ；

(2) 如果增加TLB，其中90%的页引用被TLB命中，TLB的访问时间为10ns，请问有效内存访问时间是多少？

首先CPU抛出逻辑地址，在有TLB支持的情况下，获得PA的平均代价为 $t_1 = 0.9 * 10ns + 0.1 * (10ns + 200ns) = 30ns$ ；

- 只考虑（1）种的第一种情况，即PTE状态为cached，那么访问内存缓存的代价 $t_2 = 200ns$ ；

故 $t = t_1 + t_2 = 230ns$

题目三解答

Page Index	Page Offset	Length	Valid	Physical Address
0	120	$600 > 120$	Valid	$219 + 120 = 339$
1	120	$14 < 120$	Invalid	-
2	120	$100 < 120$	Invalid	-
3	120	$580 > 120$	Valid	$1327 + 120 = 1447$
4	120	$96 < 120$	Invalid	-

题目四解答

首先进行地址划分：

- $\text{size}(\text{Page})=1\text{M}$ ，所以VPO，PPO的位数都是 $\log_2 1\text{M} = 20 \text{ bits}$ ，放在低20 bits；
- 剩下高28 bits为VPN部分，用来索引多级页表；由于 $\text{num}(\text{Page table}) \leq 1\text{K}$ ，故每一级的页表索引都不超过 $\log_2 1\text{K} = 10 \text{ bits}$ ，为了平衡每一级页表之间的查询开销，让每一级页表的条目数都为 2^7 项，也就是128项，也就是说这28 bits的VPN被分成了四份7 bits的多级页表索引；

地址划分图：



48 bits 地址划分

每个一级/二级/三级/四级页表的项数都是128项；

逻辑地址转换物理地址步骤：

1. 取第47~41位为索引，在一级页表中寻找条目，得到二级页表首地址；
2. 取第40~34位为索引，在二级页表中寻找条目，得到三级页表首地址；
3. 取第33~27位为索引，在三级页表中寻找条目，得到四级页表首地址；
4. 取第26~20位为索引，在四级页表中寻找条目，得到VPN地址片段，与逻辑地址的19~0位拼接得到48 bits的物理地址；

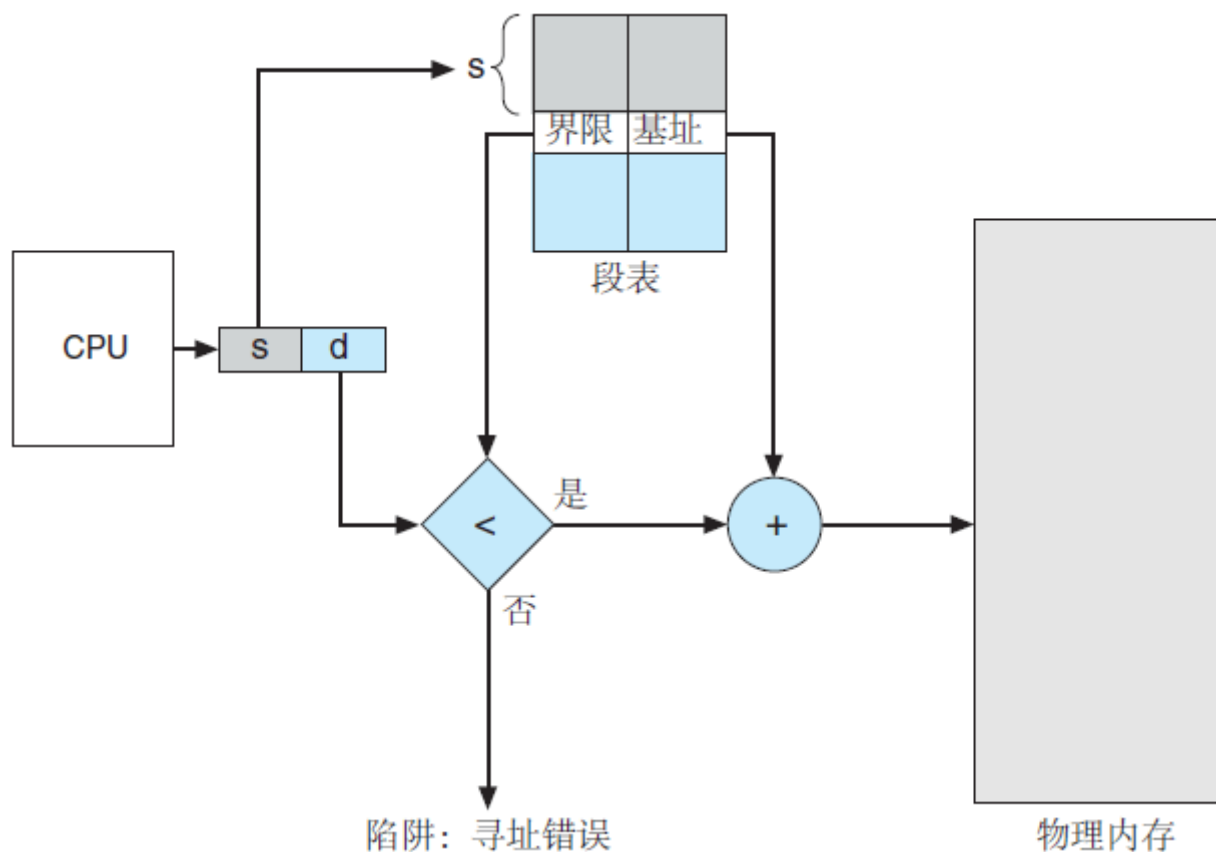
题目五解答

分段的原理：逻辑地址空间是由一组段构成。每个段都有名称和长度。地址指定了段名称和段内偏移。因此用户通过两个量来指定地址：段名称和段偏移。为了实现简单起见，段是编号的，通过段号而不是段名称来引用。因此，逻辑地址由有序对组成：<段号，偏移>，记为<s,d>。

数据结构：

- 全局段表：记录了内存中声明的所有段，每一个段表条目包含了该段的限制长度Limit和段的起始地址Base Address；
- 段寄存器：由段的基址Base Address和段内偏移Offset组成，通过设定段寄存器访问对应段内存，注意Offset应该不大于段的限制长度Limit；

处理流程：



1. CPU给出逻辑地址<s,d>;
2. 通过段号s在段表中查询，得到Base Address和Limit;
3. 判断偏移量d是否超出Limit，若超出则报寻址错;
4. Base Address和d相加，拼接成Physical Address;
5. 访问内存;

题目六解答

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
7	2	3	1	4	5	7	7	8	2	4	6	5	2	1	0	4	6

(1) LRU: 17次Page Fault

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
7	7	7	1	1	1	7	7	7	7	4	4	4	2	2	2	4	4
-	2	2	2	4	4	4	4	8	8	8	6	6	6	1	1	1	6
-	-	3	3	3	5	5	5	5	2	2	2	5	5	5	0	0	0

(2) FIFO: 17次Page Fault

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18
7	7	7	1	1	1	7	7	7	7	4	4	4	2	2	2	4	4
-	2	2	2	4	4	4	4	8	8	8	6	6	6	1	1	1	6
-	-	3	3	3	5	5	5	5	2	2	2	5	5	5	0	0	0

(3) 最优置换: 12次Page Fault (以下帧序列不唯一)

[illegible]