

1. 假设有10个页面，n个页框。页面的访问顺序为0, 9, 8, 4, 4, 3, 6, 5, 1, 5, 0, 2, 1, 1, 1, 1, 8, 8, 5, 3, 9, 8, 9, 9, 6, 1, 8, 4, 6, 4, 3, 7, 1, 3, 2, 9, 8, 6, 2, 9, 2, 7, 2, 7, 8, 4, 2, 3, 0, 1, 9, 4, 7, 1, 5, 9, 1, 7, 3, 4, 3, 7, 1, 0, 3, 5, 9, 9, 4, 9, 6, 1, 7, 5, 9, 4, 9, 7, 3, 6, 7, 7, 4, 5, 3, 5, 3, 1, 5, 6, 1, 1, 9, 6, 6, 4, 0, 9, 4, 3。

当n在[1,10]中取值时，用OPT、LRU、FIFO页面置换算法，分别计算缺页数量，画出缺页数量随页框数n的变化曲线（3条线）

解答：略。

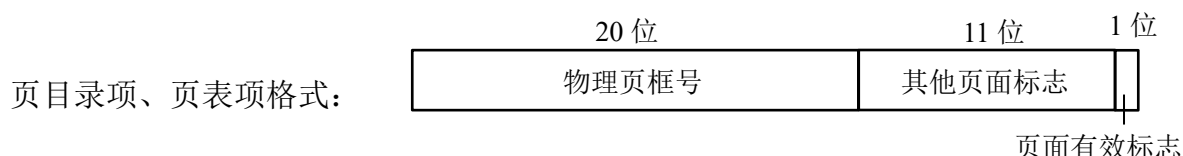
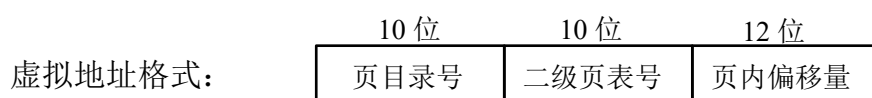
2. 一个32位的虚拟存储系统有两级页表，其逻辑地址中，第22到31位是第一级页表，12位到21位是第二级页表，页内偏移占0到11位。一个进程的地址空间为4GB，如果从0x80000000开始映射4MB大小页表空间，请问第一级页表所占4KB空间的起始地址？并说明理由。（注意B代表字节，一个32位地址占4字节）

答：

- 对于 32 位地址字长，2 级页表，4KB 页面大小，虚拟地址 va
- 一级页表 10 位，二级页表 10 位，页内偏移 12 位。
- 公式 1：页目录 PDE 地址=：
  - $((\text{PMMPTE})((((\text{ULONG})(\text{va})) \gg 12) \ll 2) + \text{PTE\_BASE}))$
- 公式 2：页表 PTE 地址=：
  - $((\text{PMMPTE})((((\text{ULONG})(\text{va})) \gg 22) \ll 2) + \text{PDE\_BASE}))$

一级页表即页目录 PDE，页表起始地址 PTE\_BASE 是 0x80000000，求页目录起始地址，所以 va 也等于 0x80000000，根据公式 1，页目录起始地址： $0x80000000 \gg 10 + 0x80000000 = 0x80200000$ ，（对应 PDE 页目录项的起始地址）

3. 一个32位的虚拟存储系统有两级页表，其逻辑地址中，第22到31位是第一级页表（页目录）的索引，第12位到21位是第二级页表的索引，页内偏移占第0到11位。每个页表（目录）项包含20位物理页框号和12位标志位，其中最后1位为页有效位。



- (1) 请问进程整个的地址空间有多少字节？一页有多少字节？
- (2) 如果当前进程的页目录物理基地址、页目录和相应页表内容如图下所示，请描述访问以下虚拟地址时系统进行地址转换的过程，如可行给出最终访存获取到的数据。虚拟地址：0x0、0x00803004、0x00402001
- (3) 要想访问物理地址 0x326028，需要使用哪个虚拟地址？

页目录物理基地址

0x1000
--------

页目录  
物理地址：0x1000

0	0x0
1	0x1001
2	0x5001
3	0x20001
4	0x0
	...
1023	0x0

页表  
物理地址：0x5000

0	0x0
1	0x4e001
2	0x67001
3	0x20001
4	0x0
	...
1023	0x0

页表  
物理地址：0x20000

0	0x9000
1	0x326001
2	0x41001
3	0x0
4	0x0
	...
1023	0x0

参考答案：

- (1) 进程整个的地址空间为  $2^{32} = 4\text{G}$  字节，一页为  $2^{12} = 4\text{K}$  字节。
- (2)
  - a) 虚拟地址 0x0：虚拟页目录号 0，查询对应 0 号页目录项，得到页目录项 0x0，由于有效标志位为 0，表示该页面无效，因此页表中不存在该虚拟地址到物理地址的映射，产生缺页中断；
  - b) 虚拟地址 0x00803004：虚拟页目录索引号为 2，二级页表索引号为 3，

页内偏移为 4，查询对应 2 号页目录项，得到 0x5001，有效标志位为 1，在物理地址 0x5000 查找二级页表，找到对应的 3 号页表项，0x20001，由于有效标志位为 1，对应物理页框基地址为 0x20000，根据页内偏移 4，查找偏移地址为 4 的内存（第 5 个字节），得到数据 0x326001（按字寻址，1 字=4 字节）（如果回答按字节寻址得到 0x00 或者 0x01 也算对，分别对应不同尾端）。

- c) 虚拟地址 0x00402001：虚拟页目录索引号为 1，二级页表索引号为 2，页内偏移为 1，查询对应 1 号页目录项，得到 0x1001，有效标志位为 1，在物理地址 0x1000 查找二级页表，即为页目录自身，找到对应的 2 号页表项，0x5001，由于有效标志位为 1，对应物理页框基地址为 0x5000，根据页内偏移 1（第二个字节），查找对应内存，得到数据 0x00（按字节寻址）。

- (3) 要想访问物理地址 0x326028，需要使用虚拟地址 0x00C01028，其中虚拟页目录索引号为 3，二级页表索引号为 1，页内偏移为 0x028