

PAE模式地址映射过程

第五组：王嶧楠、李家俊 >>

01

PAE模式介绍

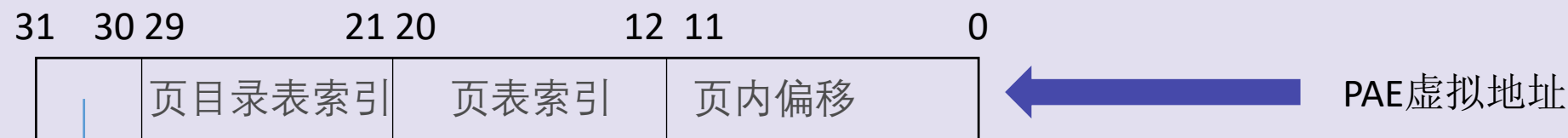
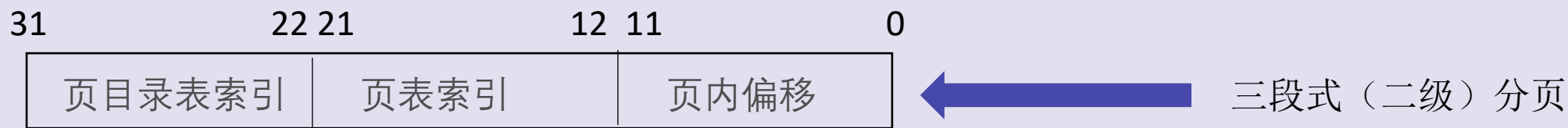


1.什么是PAE模式:

PAE (Physical Address Extension) ，指的是物理地址扩展。

从奔腾处理器开始，intel引入了PAE机制：所有的32位应用程序都有4GB的进程地址空间，因为32位地址最多可以映射4GB的内存。鉴于像数据库系统这样的应用程序对海量内存的需求，Intel公司也觉得4GB的内存不够用，因此就将CPU芯片中内存地址线由32根扩展到了36根（即最多64GB）。这样，系统就能够容纳 $2^{36}=64\text{GB}$ 的内存。同时，PAE技术的提出，也是为了解决在PSE技术中，大物理页面必须为4MB的限制。

两级分页将线性地址拆分成了 10-10-12 的形式，通过两端索引加上偏移来映射物理地址。而PAE 分页则将线性地址拆分成了 2-9-9-12 的四段式，即 3 段索引加偏移。



页目录指针表的索引

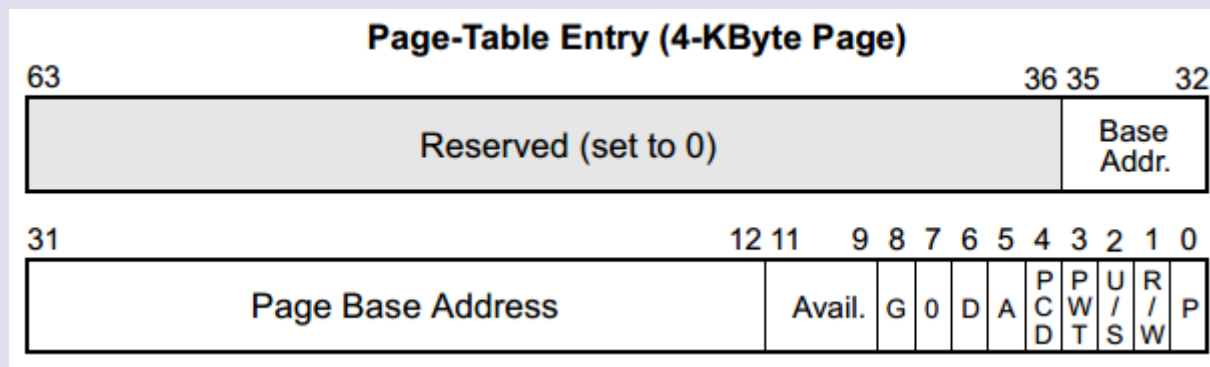
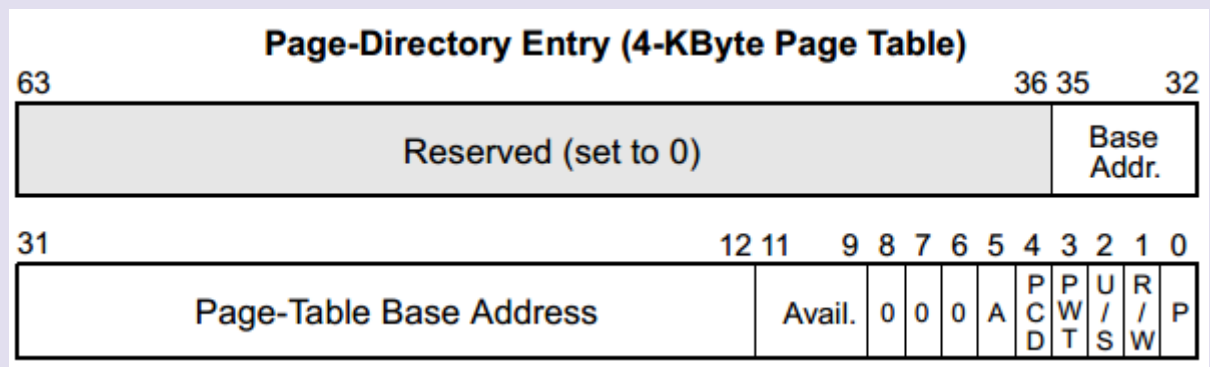
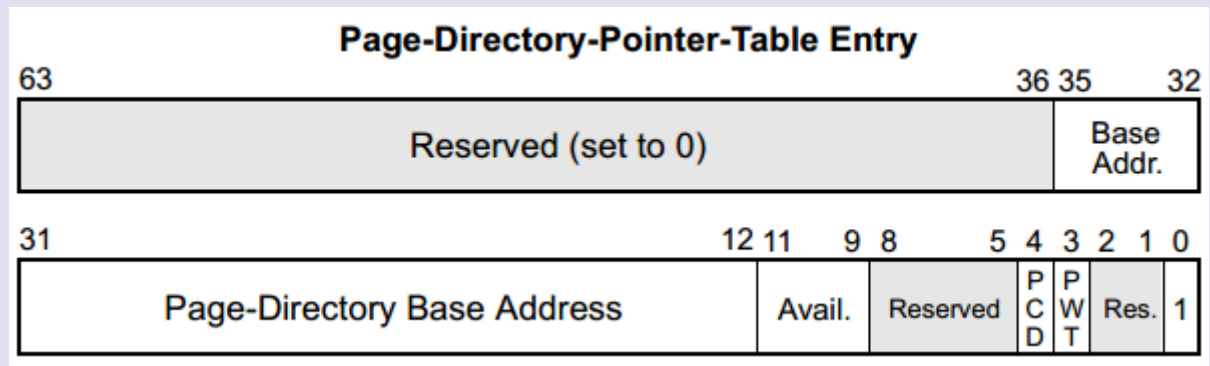
2. PAE分页与二级页表的不同:

传统的三段式分页中，线性地址为10-12-12的三段式。其中PDE（页目录表项）和PTE（页表项）都是4字节，无论是PDT还是PTT都有1024个表项。

PAE需要从32位的逻辑地址映射到52位的物理地址，由于页的大小4K和逻辑地址中的20位用于寻址已经确定，所以只能扩展PDE和PTE的大小。在PAE中，PDE和PTE的大小从32位扩展到了64位（8字节）以使用附加的地址位。

PAE分页还多了一个PDPT，也就是顶级目录表，它主要用来查找页目录的基址。PDPT有4 (2^2)个表项，PDT和PTT有512 (2^9)个表项，PDPT表一共占用32字节，PDT、PTT表仍然占用4KB的物理页。

3. PDPTE、PDE 和PTE结构：



PDPT 表，也就是顶级目录表，它主要用来查找页目录的基址。因为 2-9-9-12 分页第一段索引只占用 2bit，所以最多可以索引 4 个页目录表。

PDTE除了物理基址的位数增加了 4 bit 外，其它都和 10-10-12 分页没有什么变化。

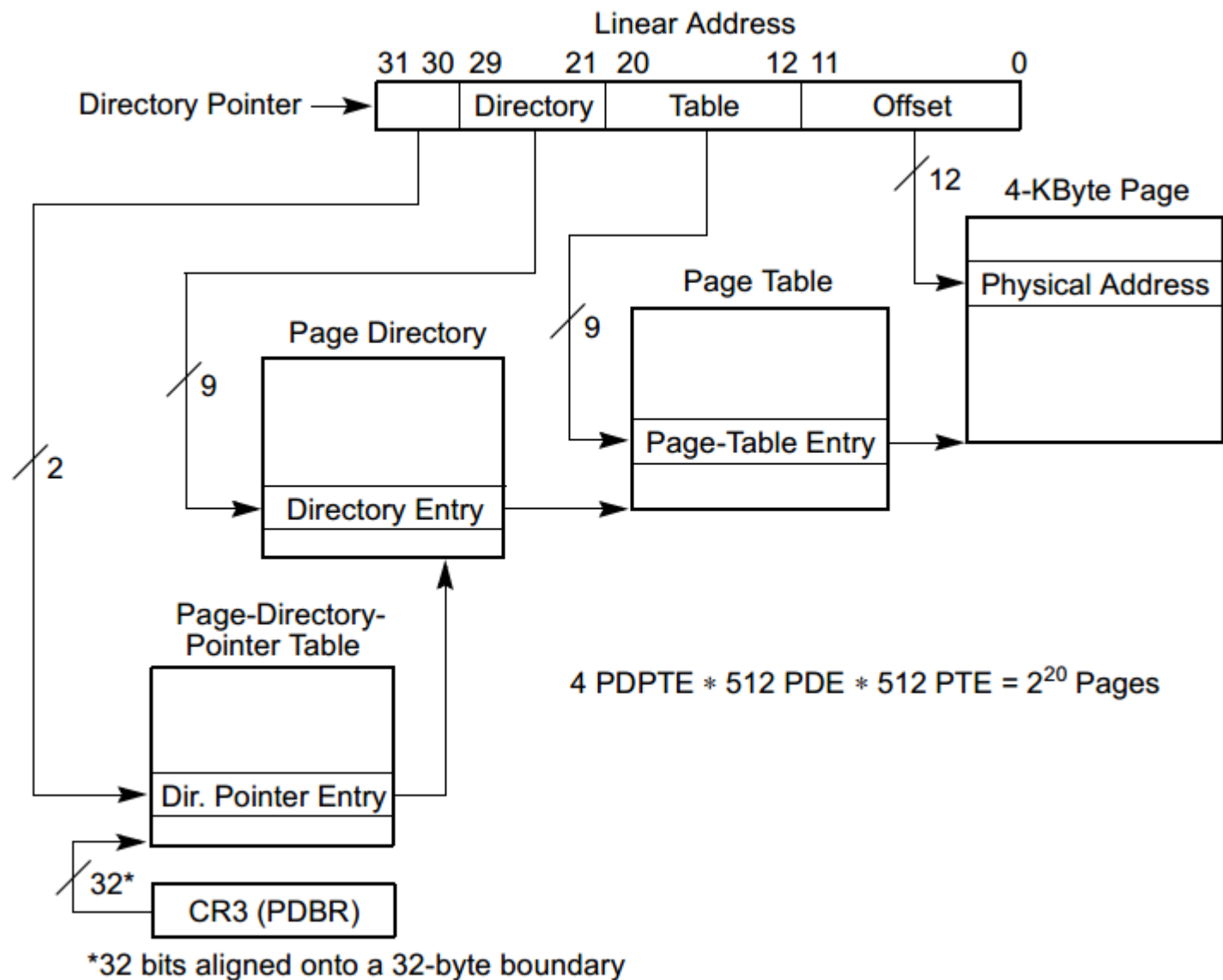
PTE低12位是属性，高 36-63 这28位是保留位，不可用。Page Base Address 由原来的 20 位变成了现在的 24 位，相对以前扩展了 4 位。所以PAE可以索引到最大物理地址将会达到原来的4倍，即64G。

02

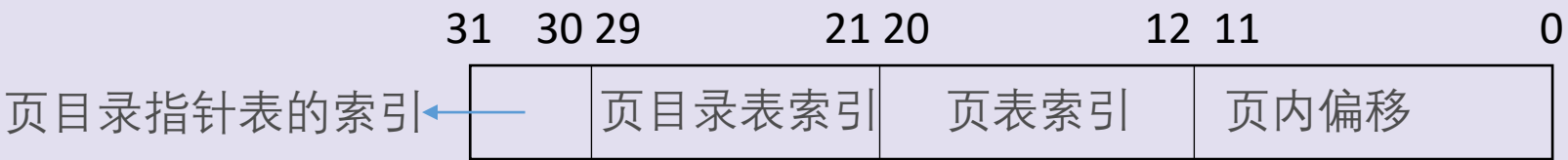
PAE模式映射的具体过程



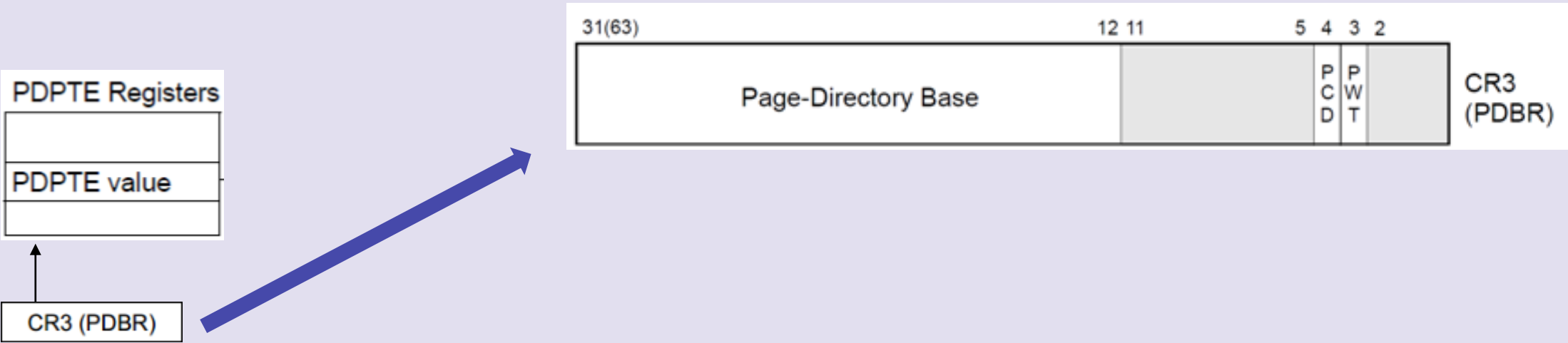
PAE模式映射的具体过程:



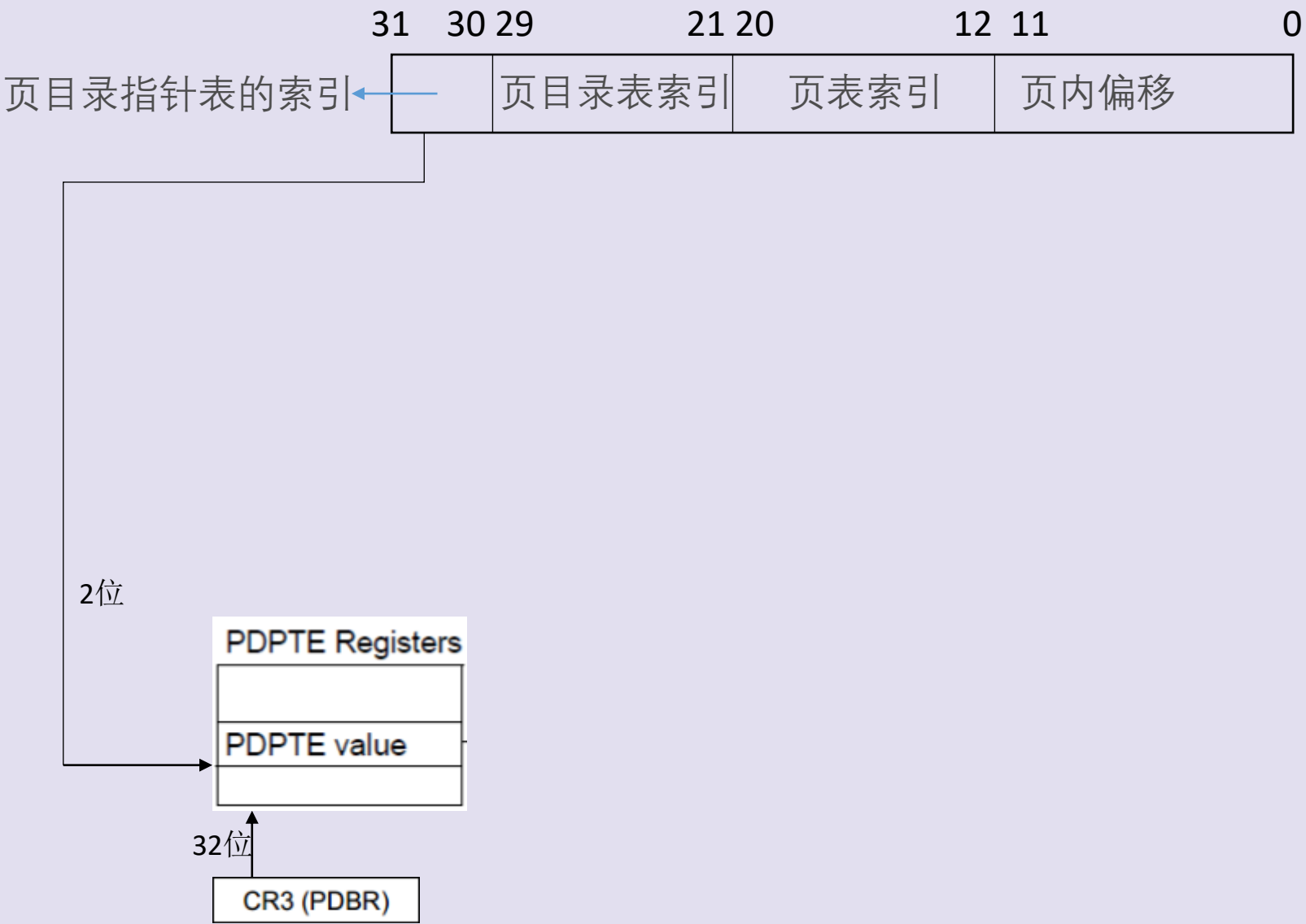
PAE模式映射的具体过程：①根据 CR3 找到 Page Directory Pointer Table



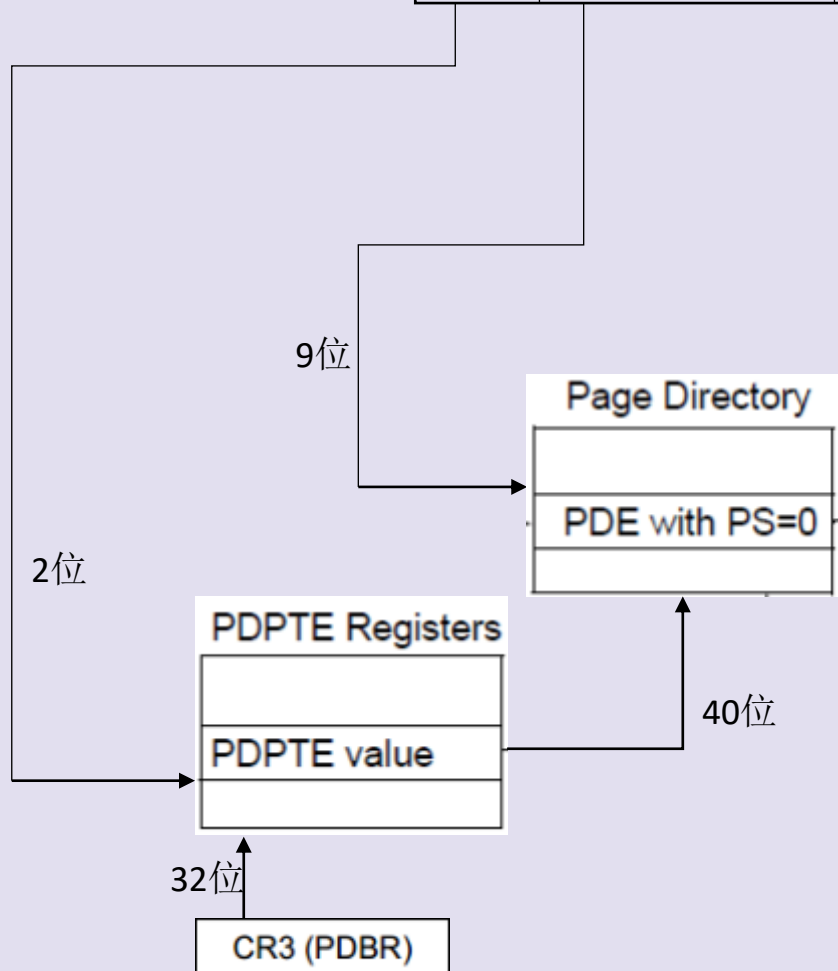
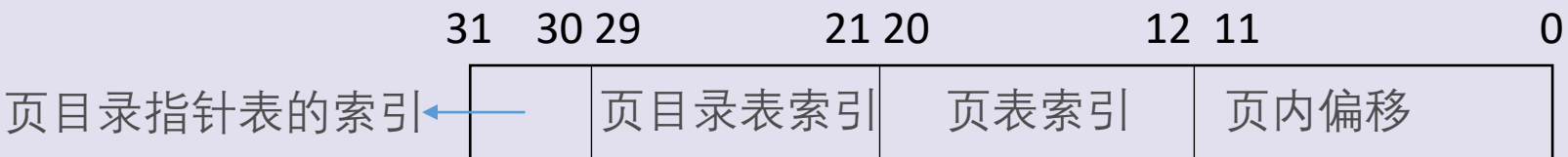
CR3寄存器的主要功能是用来存放页目录表物理内存基地址，每当进程切换时，内核就会把下一个将要运行进程的页目录表物理内存基地址等信息存放到CR3寄存器中。



PAE模式映射的具体过程：②根据一级索引在 Page Directory Pointer Table 中查询到 Page Directory

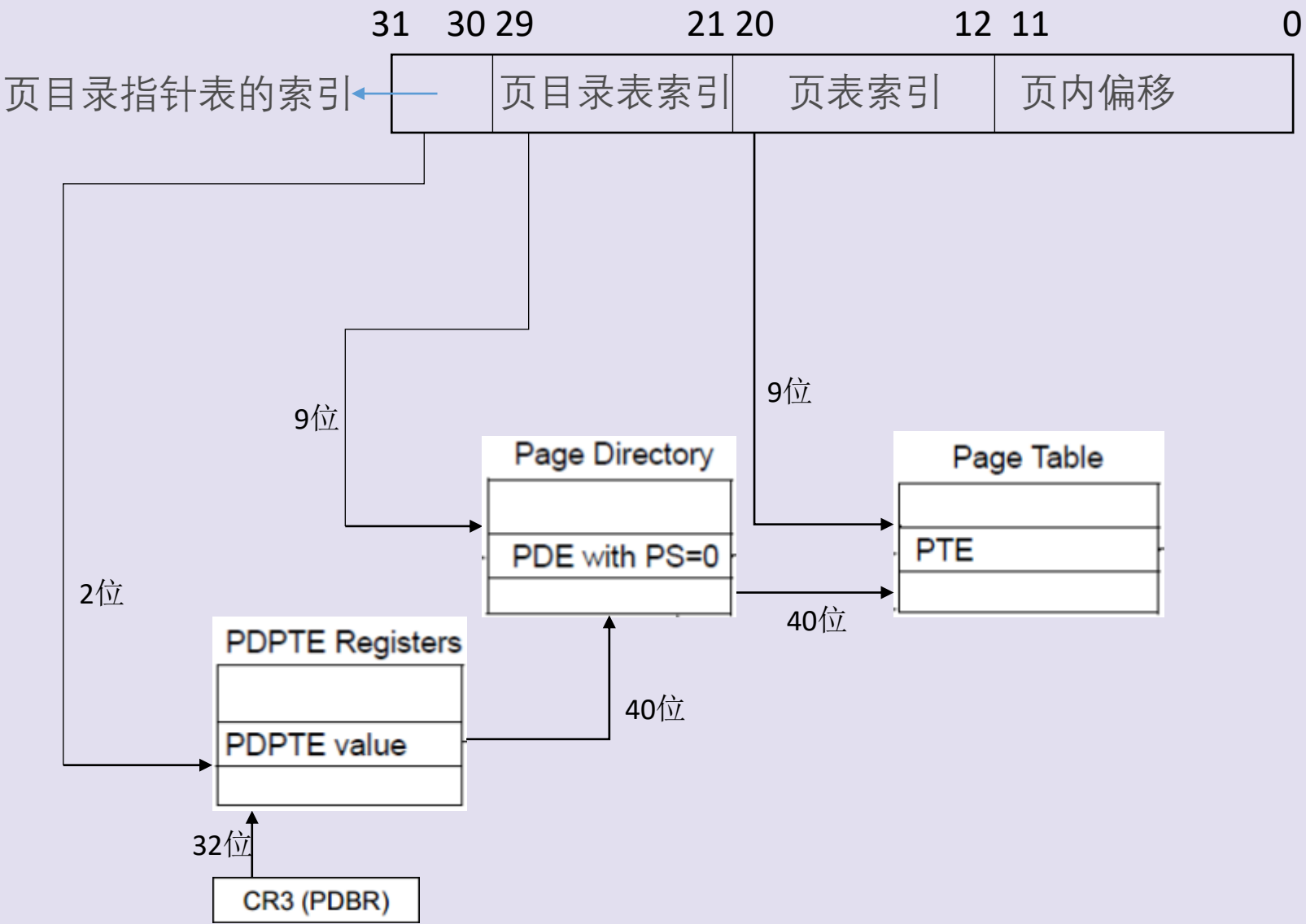


PAE模式映射的具体过程：③根据二级索引在 Page Directory 中查询到 Page Table

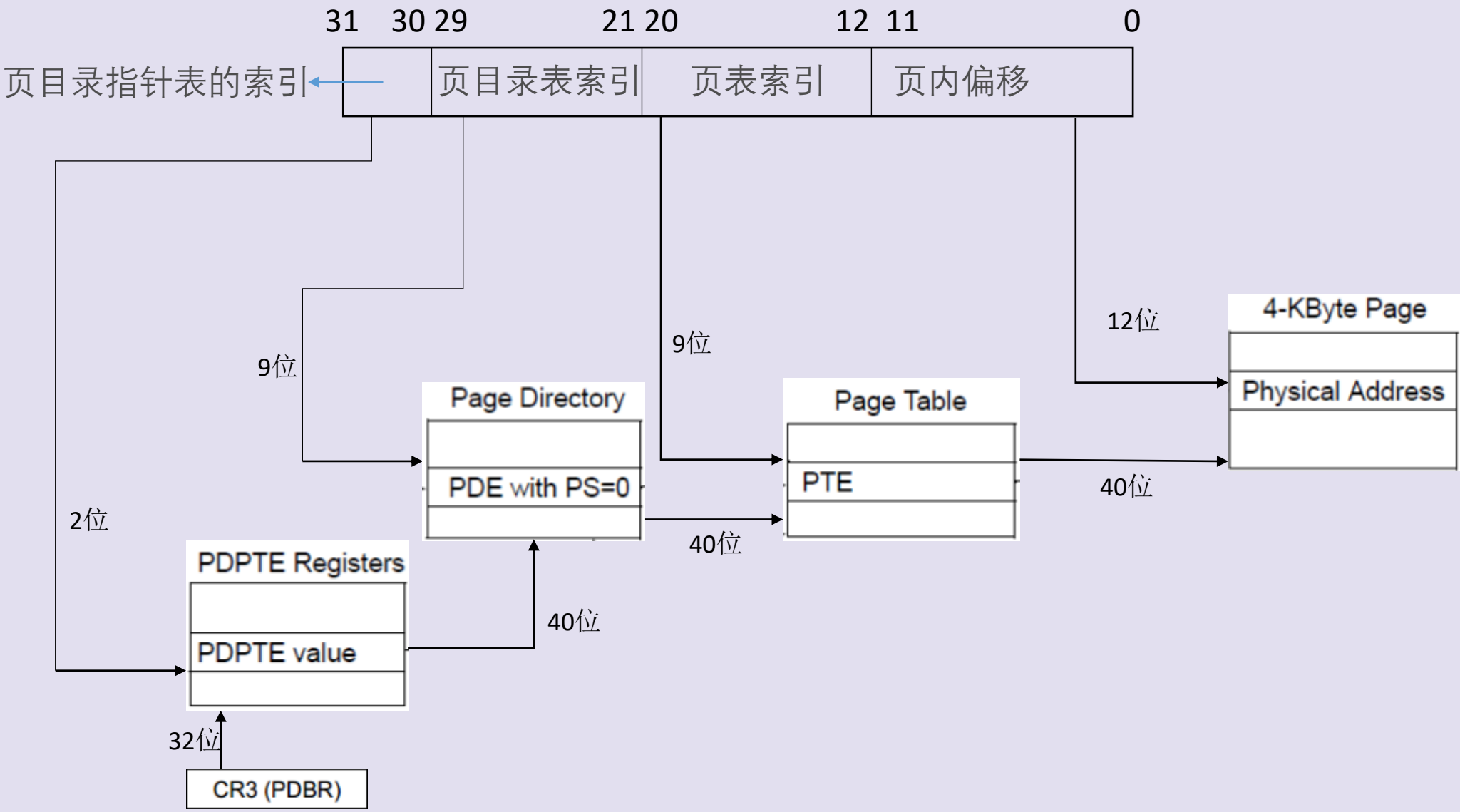


- A. 如果页目录项的PS标志位等于0，那么页大小是4K
- B. 如果PS=1，启用2M大页，直接用地址的20~0位确定2M页中的偏移量。

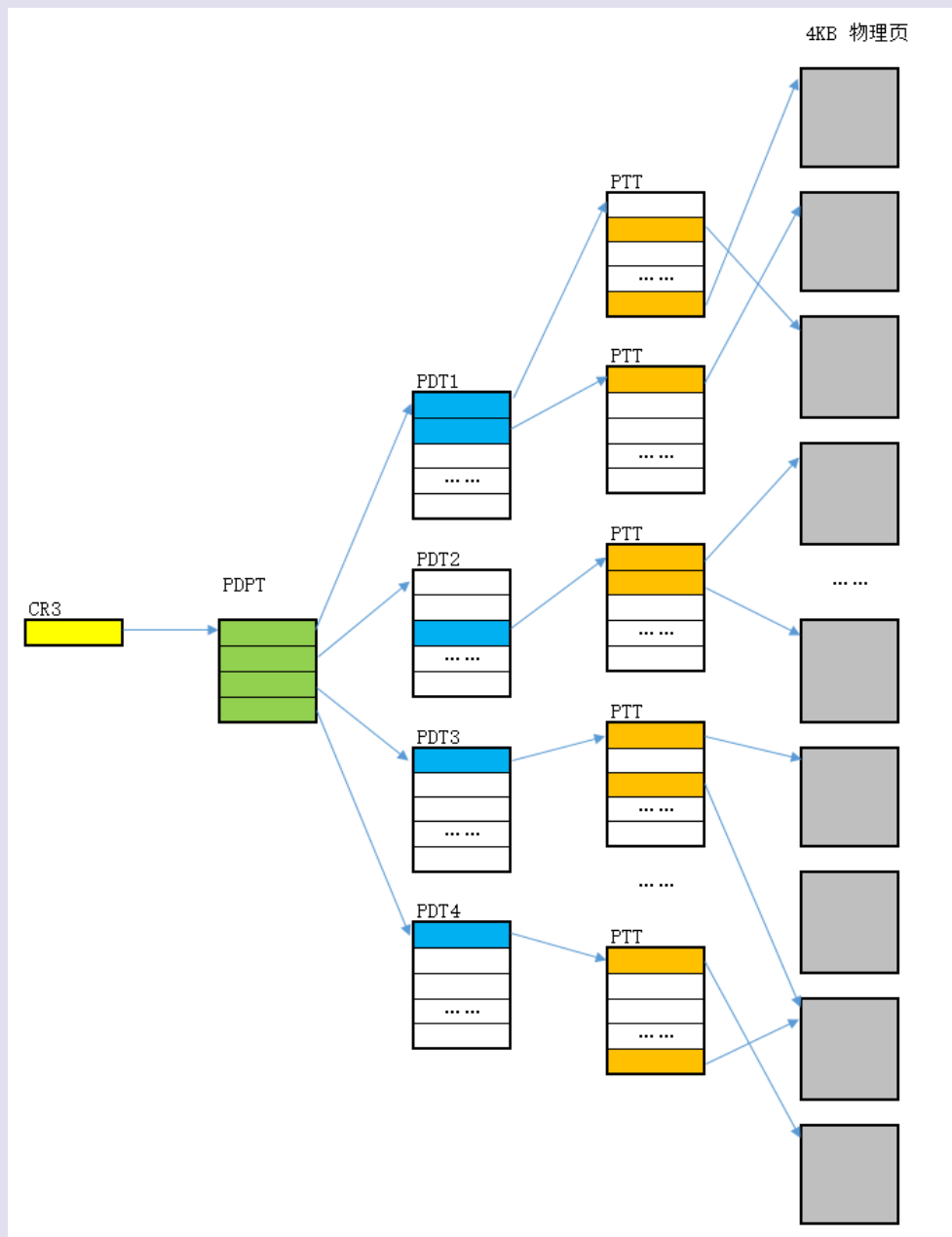
PAE模式映射的具体过程：④根据三级索引在 Page Table 中查询到4KB 页



PAE模式映射的具体过程：⑤根据地址的11~0： 确定页内偏移



PAE模式映射的过程概要:

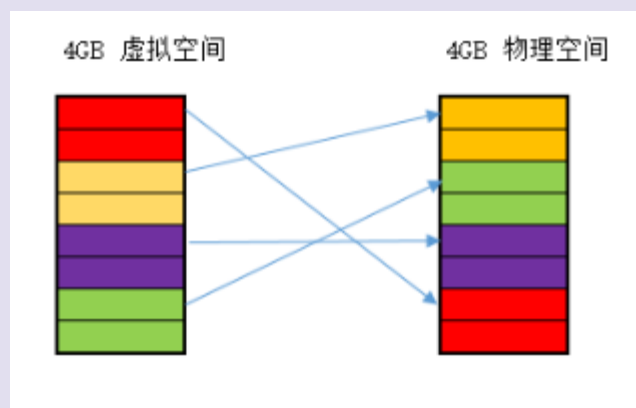


03

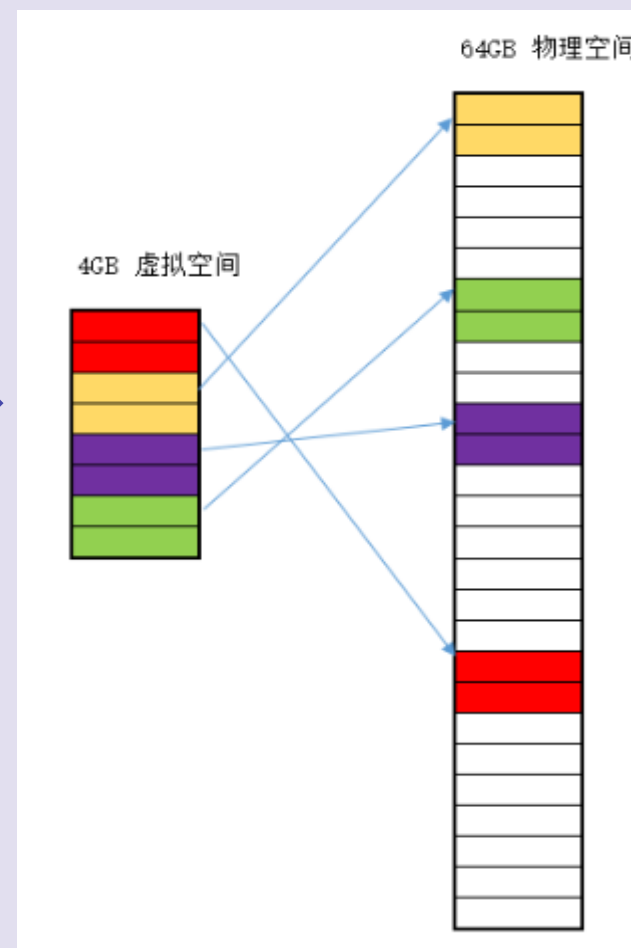
总结



简单来说，PAE（物理地址扩展）是在64位处理器尚未流行，32位处理器仍是主流的背景下，通过多加一级索引来使用更多的内存，是一种比较简单但有效的方法。虽然PAE模式下可以映射的物理页总数不变（还是 $2^2 \times 2^9 \times 2^9 \times 2^{12} = 4\text{GB}$ ），但它可以利用更大范围的物理地址。其实PAE所做的事情，只是把线性地址的4GB空间打散到了物理地址的64GB空间中。如图：



A. 二级分页



B. PAE分页

THANKS

谢 谢 观 看

