11.13

主要内容 —— 虚存

- 页表相关的概念
- 虚拟内存的翻译
- 一个简单的例子
- Hugepage
- 一个题

页表的相关概念

- 页，页表，页表项
  - Page， PT，PTE
- 页目录，页目录项
  - PD，PDE
- 多级页表
  - 32bit
  - 为什么要这么设计
- TLB

一个不严谨的例题

- 一个32位的Windows系统，有4G的物理内存，用的是2级的PD+PT的结构（10+10+12）
- 那么在运行中，内存里最多会有多少个页表？
- A. (4G/4K) = 1M 个
- B. (4G/4M) = 1K 个
- C. 32个
- D. 1个

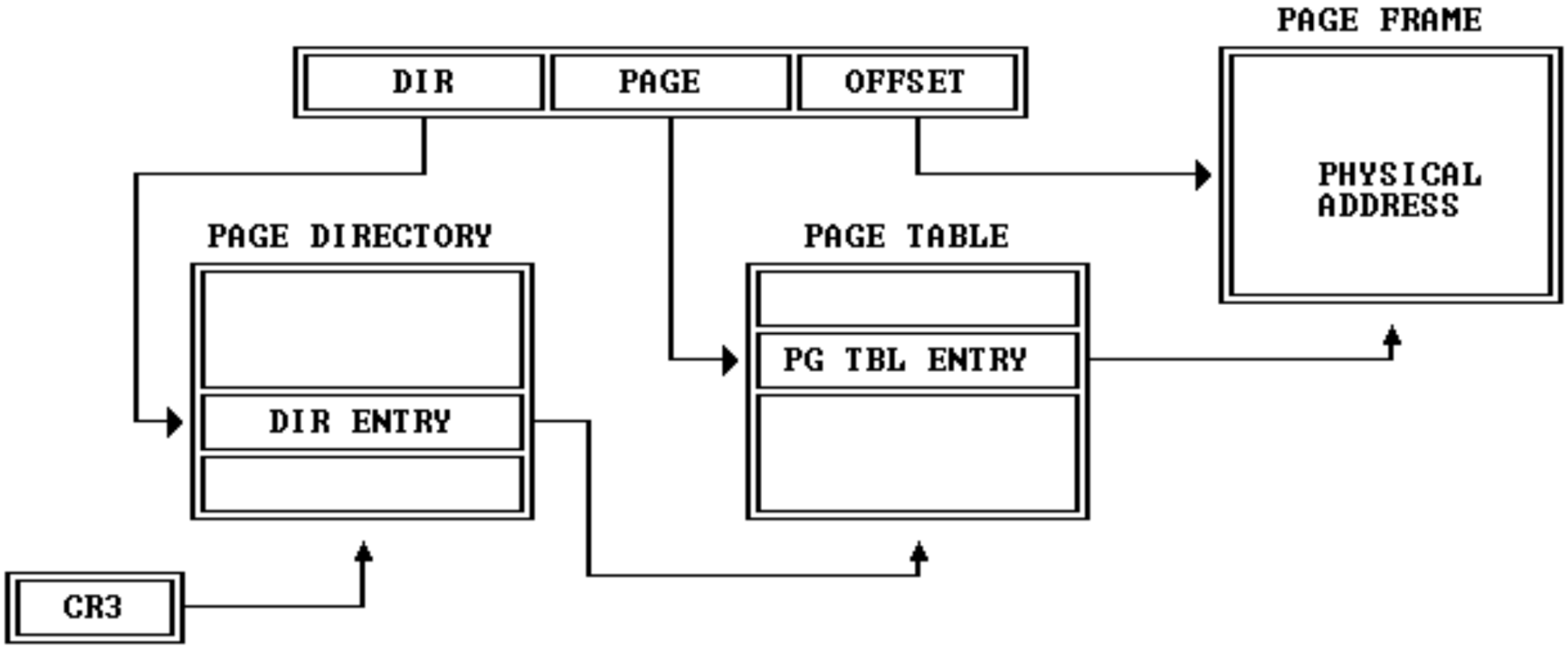
一个不严谨的例题

- 一个32位的Windows系统，有4G的物理内存，用的是2级的PD+PT的结构
- 那么在运行中，内存里最多会有多少个页表项?
- A. (4G/4K) = 1M 个
- B. (4G/4M) = 1K 个
- C. 32个
- D. 1个

一个不严谨的例题

- 一个32位的Windows系统，有4G的物理内存，用的是2级的PD+PT的结构
- 那么在运行中，页表会占用最多多少内存?
- A. (4G/4K) = 1M
- B. (4G/4M) = 1K
- C. 4K
- D. 4M

虚拟内存的翻译


PAGE FRAME
DIR
PAGE
OFFSET
PHYSICAL ADDRESS
PAGE DIRECTORY
PAGE TABLE
PG TBL ENTRY
DIR ENTRY
CR3

虚拟内存的翻译

- 一个小故事
- 某高中有4栋楼，分表叫1号楼，2号楼。。。。。。。每栋楼都有1，2，3三个教室
  - 典型的物理地址：“1号楼|2教室|小王”
- 另一所学校的小红要找“2年级1班的小明”，但她不知道“2年级一班”在哪，于是她就到保安室寻求帮助
  - “2年级|1班|小明”是虚拟地址
- 保安如何把“2年级|1班|小明”翻译成“1号楼|2教室|小王”？

考试做题的一些准备和技巧

- 对16进制数操作和转换
  - 乘4除4
  - 32bit十六进制数的划分
  - 转换为十进制
  - 建议把十六进制拆分为4进制
    - 如 0xE = 0xC | 0x3
    - 对数一定要敏感!
- “阅读理解”
  - 一定要找到题干里所有相关的信息!

虚拟内存管理——32位windows系统

- 在虚存里面分配了一整块的内存作为存放页表的空间
- 这个空间起始地址为0xC0000000（3GB）,大小共____MB
- 这个空间可以看作是对整个虚拟地址空间的“压缩映射”
  - 类似于“地图”

虚拟内存管理——32位windows系统

- 在虚存里面分配了一整块的内存作为存放页表的空间
- 这个空间起始地址为0xC0000000（3GB）,大小共4MB
- 这个空间可以看作是对整个虚拟地址空间的“压缩映射”
  - 类似于“地图”
- 在这个4MB的空间里顺序存放了____个页面，包括____个PT和一个____

虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- 在虚存里面分配了一整块的内存作为存放页表的空间
- 这个空间起始地址为0xC0000000（3GB）,大小共4MB
- 这个空间可以看作是对整个虚拟地址空间的“压缩映射”
  - 类似于“地图”
- 在这个4MB的空间里顺序存放了1K个页面，包括1023个PT和一个PD
  - PD也是PT
- 第一个PT对应虚存___M，
  - 这里指的是什么范围的虚存在进行地址翻译是会经过第一个PT来查找
- 第二个PT对应虚存___M…

虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- 在虚存里面分配了一整块的内存作为存放页表的空间
- 这个空间起始地址为0xC0000000（3GB）,大小共4MB
- 这个空间可以看作是对整个虚拟地址空间的“压缩映射”
  - 类似于“地图”
- 在这个4MB的空间里顺序存放了1K个页面，包括1023个PT和一个PD
  - PD也是PT
- 第一个PT对应虚存0-4M，第二个PT对应虚存4-8M…
- 那么PD对应的虚存位置应该是 _____，这个空间中有____个页面，

虚拟内存管理——32位x86-windows系统

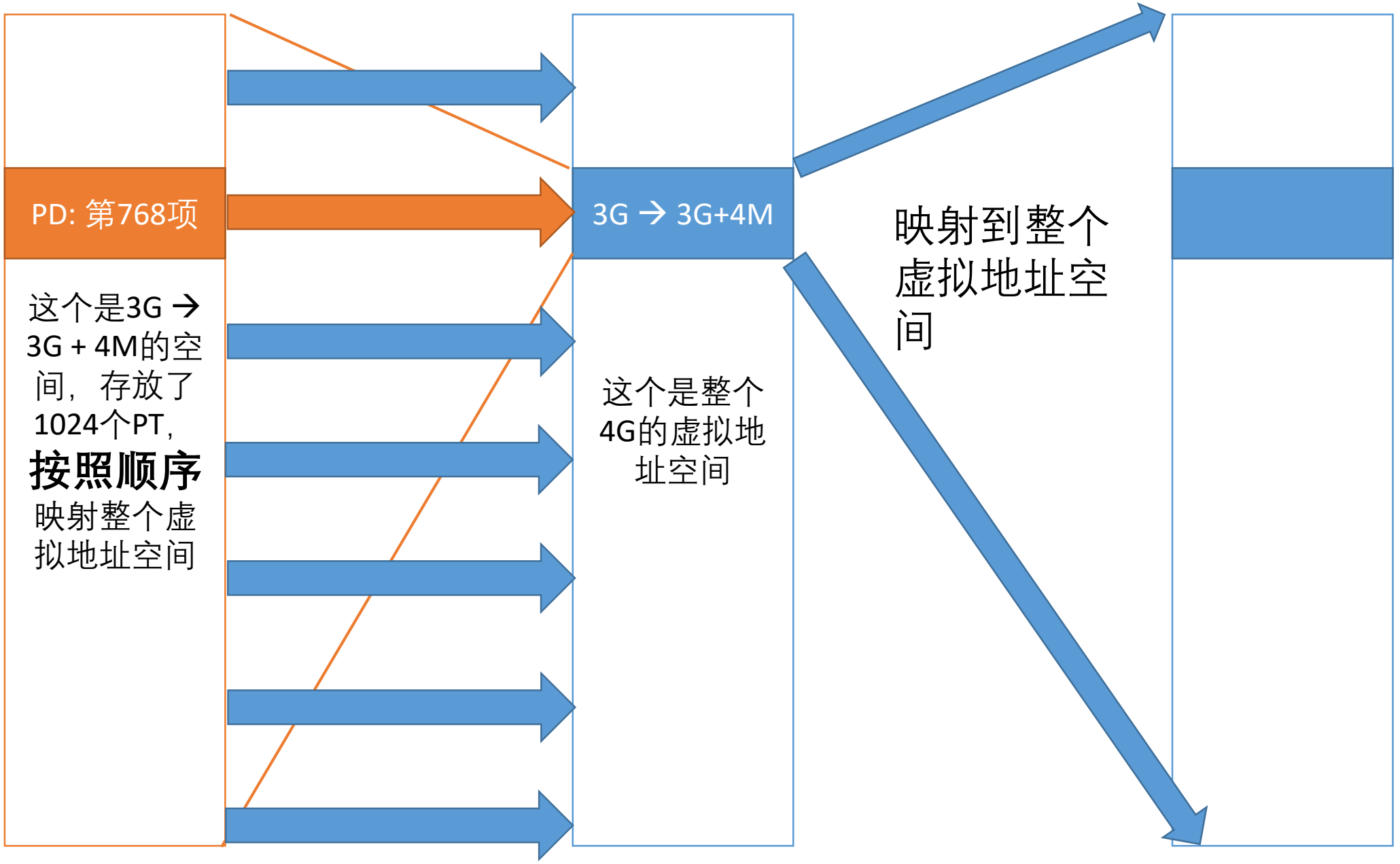
- 在虚存里面分配了一整块的内存作为存放页表的空间
- 这个空间起始地址为0xC0000000（3GB）,大小共4MB
- 这个空间可以看作是对整个虚拟地址空间的“压缩映射”
  - 类似于“地图”
- 在这个4MB的空间里顺序存放了1K个页面，包括1023个PT和一个PD
  - PD也是PT
- 第一个PT对应虚存0-4M，第二个PT对应虚存4-8M…
- 那么PD对应的虚存位置应该是 3G-3G+4M，这个空间中有1024个页面，PD是这个空间中的第____个页面，是整个页表空间的第___个页表。

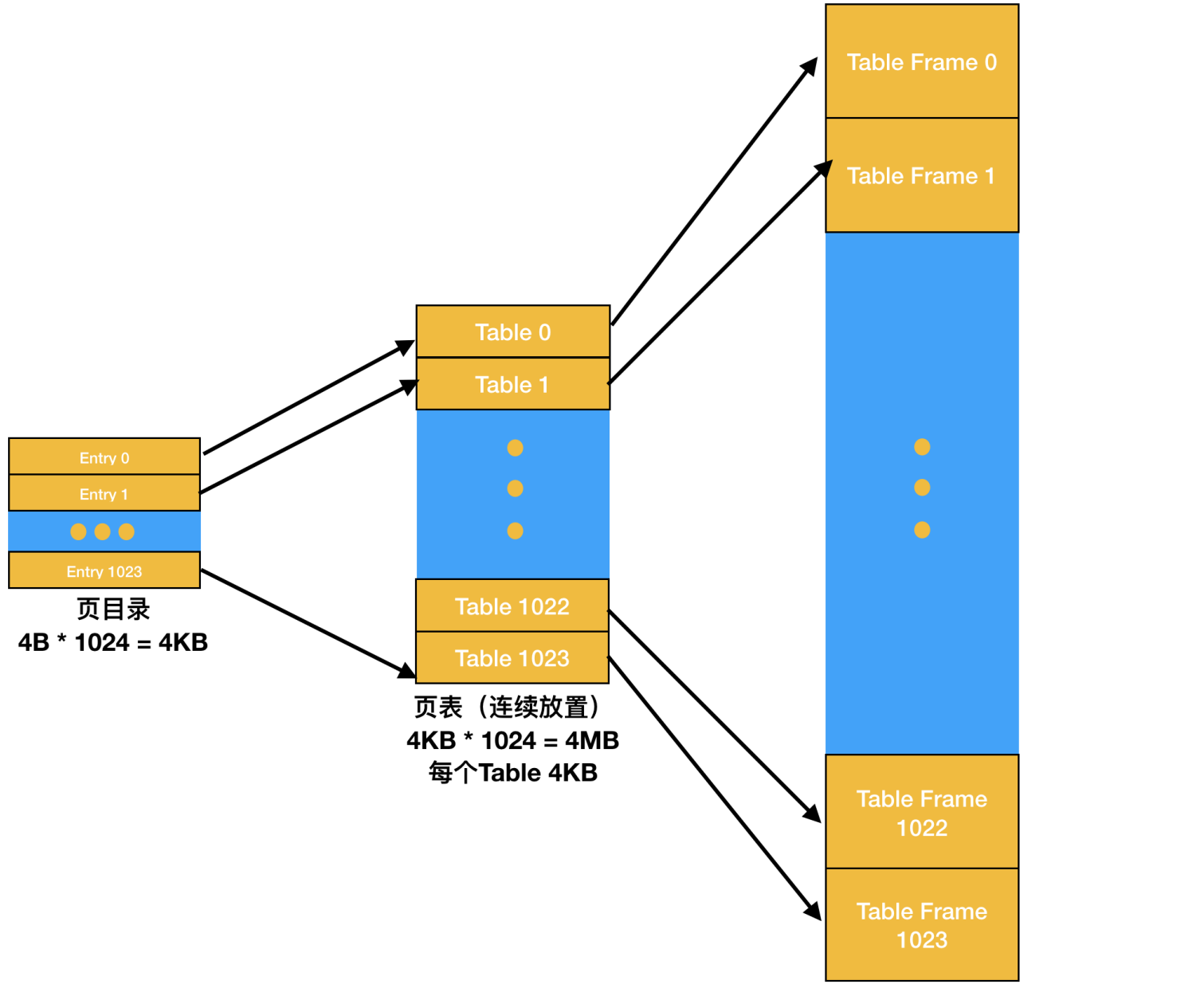
虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- 在虚存里面分配了一整块的内存作为存放页表的空间
- 这个空间起始地址为0xC0000000（3GB）,大小共4MB
- 这个空间可以看作是对整个虚拟地址空间的“压缩映射”
  - 类似于“地图”
- 在这个4MB的空间里顺序存放了1K个页面，包括1023个PT和一个PD
  - PD也是PT
- 第一个PT对应虚存0-4M，第二个PT对应虚存4-8M…
- 那么PD对应的虚存位置应该是 3G-3G+4M，这个空间中有1024个页面，PD是这个空间中的第768个页面，是整个页表空间的第768个页表。PD的起始虚拟地址是_____

虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- 在虚存里面分配了一整块的内存作为存放页表的空间
- 这个空间起始地址为0xC0000000（3GB）,大小共4MB
- 这个空间可以看作是对整个虚拟地址空间的“压缩映射”
  - 类似于“地图”
- 在这个4MB的空间里顺序存放了1K个页面，包括1023个PT和一个PD
  - PD也是PT
- 第一个PT对应虚存0-4M，第二个PT对应虚存4-8M…
- 那么PD对应的虚存位置应该是 3G-3G+4M，这个空间中有1024个页面，PD是这个空间中的第768个页面，是整个页表空间的第768个页表。PD的起始虚拟地址是0xC0300000


PD: 第768项
这个是3G → 3G + 4M的空间，存放了1024个PT，
按照顺序
映射整个虚拟地址空间
3G → 3G+4M
这个是整个4G的虚拟地址空间
映射到整个虚拟地址空间



虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- PD既是PD，也是PT!
  - PD中的1024条PDE存储到所有1024个PT的物理地址
  - 所以PD中有一条PDE是存的是自己的物理地址 —— 页表自映射
  - 这一条PDE是第_____条，它的虚拟地址是_____

虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- PD既是PD，也是PT!
  - PD中的1024条PDE存储到所有1024个PT的物理地址
  - 所以PD中有一条PDE是存的是自己的物理地址 —— 页表自映射
  - 这一条PDE是第768条，它的虚拟地址是0xC0300C00
- 假设有一个物理页P，指向他它的PTE的所在的虚拟地址为vp，则这个物理页面对应的虚拟页面的起始地址为: (vp << ____)
- 同理，假设有一个页表PT，指向他的PDE所在的虚拟地址为vd，则这个页表对应的虚拟页面的起始地址为：(vd << _____)

虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- PD既是PD，也是PT!
  - PD中的1024条PDE存储到所有1024个PT的物理地址
  - 所以PD中有一条PDE是存的是自己的物理地址 —— 页表自映射
  - 这一条PDE是第768条，它的虚拟地址是0xC0300C00
- 假设有一个物理页P，指向他它的PTE的所在的虚拟地址为vp，则这个物理页面对应的虚拟页面的起始地址为: (vp << 10)
- 假设程序要访问一个虚拟地址va，系统想要检查va所在虚拟页VP是否在物理内存中，就必须知道对应VP的PTE的内容。 那么对应VP的PTE的地址是：(va >> _____) + _______

虚拟内存管理——32位x86-windows系统

- PD既是PD，也是PT!
  - PD中的1024条PDE存储到所有1024个PT的物理地址
  - 所以PD中有一条PDE是存的是自己的物理地址 —— 页表自映射
  - 这一条PDE是第768条，它的虚拟地址是0xC0300C00
- 假设有一个物理页P，指向他它的PTE的所在的虚拟地址为vp，则这个物理页面对应的虚拟页面的起始地址为: (vp << 10)
- 假设程序要访问一个虚拟地址va，系统想要检查va所在虚拟页VP是否在物理内存中，就必须知道对应VP的PTE的内容。 那么对应VP的PTE的地址是：(va >> 10) + 0xC0000000

HugePage

- 随着内存的变大和程序对内存用量的提升，传统的4KB页表出现了劣势
  - 程序一次访问的页太多，加重了TLB的负担
  - 物理内存很大，页面太多，管理的overhead很大
- 64位的Linux就给出了HugePage的解决方案，即用2MB甚至是1GB作为页面的大小。
  - 好处：减轻了TLB的负担，一条记录就能管以前512条记录才能管的内存
  - 坏处：加大了内碎片的出现率 —— 使用HugePage时需要谨慎，要用对地方
  - 用途：用于内核，数据库管理，大吞吐量网络数据处理程序中——他们往往需要很大空间，而且总是常驻内存

例题

- 15年期末虚存题