

# 第七讲虚拟存储：局部页面置换算法

## 第 5 节页表自映射

向勇、陈渝

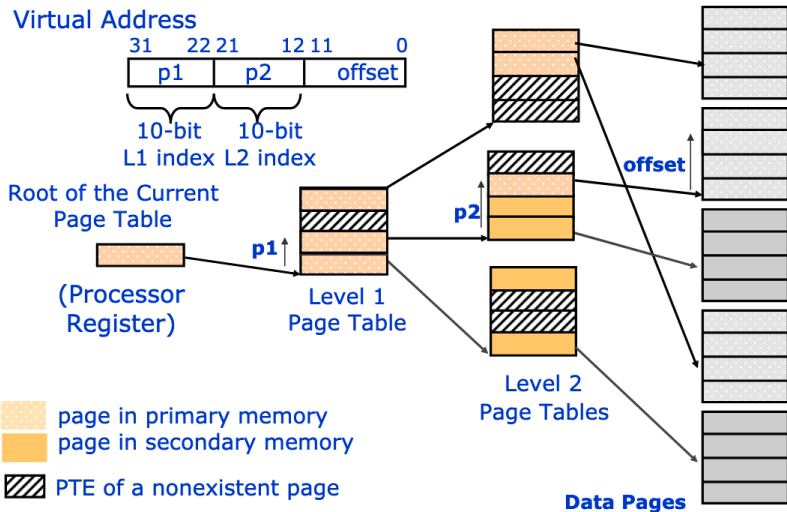
清华大学计算机系

*xyong,yuchen@tsinghua.edu.cn*

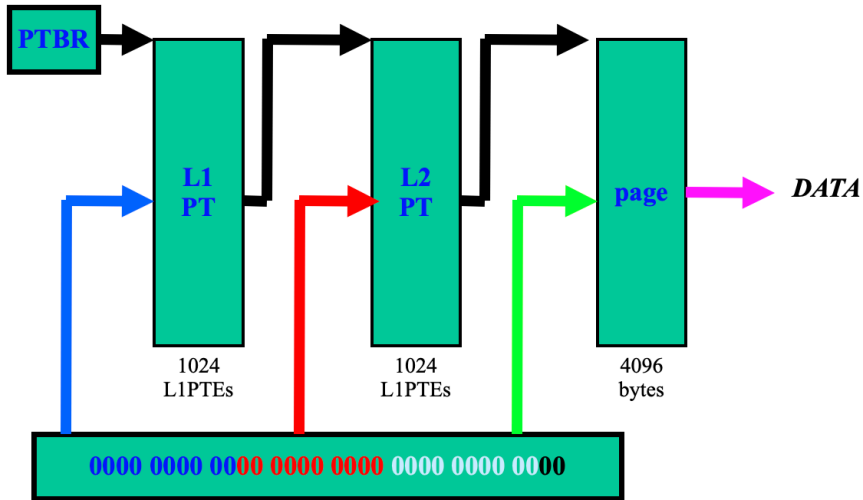
2020 年 4 月 12 日

- 1 第 5 节页表自映射
  - 页表自映射
  - X86-32 页表自映射
  - riscv32 页表自映射

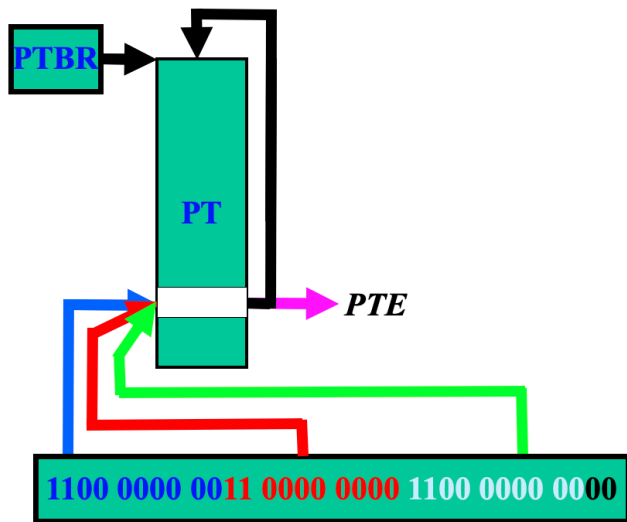
# 基于 4KB 页面的 32 位 CPU 二级页表



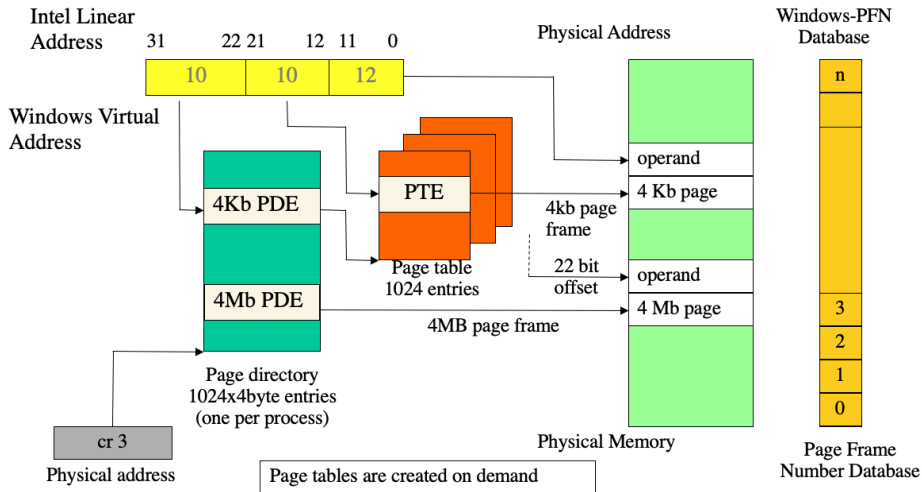
# 地址转换过程



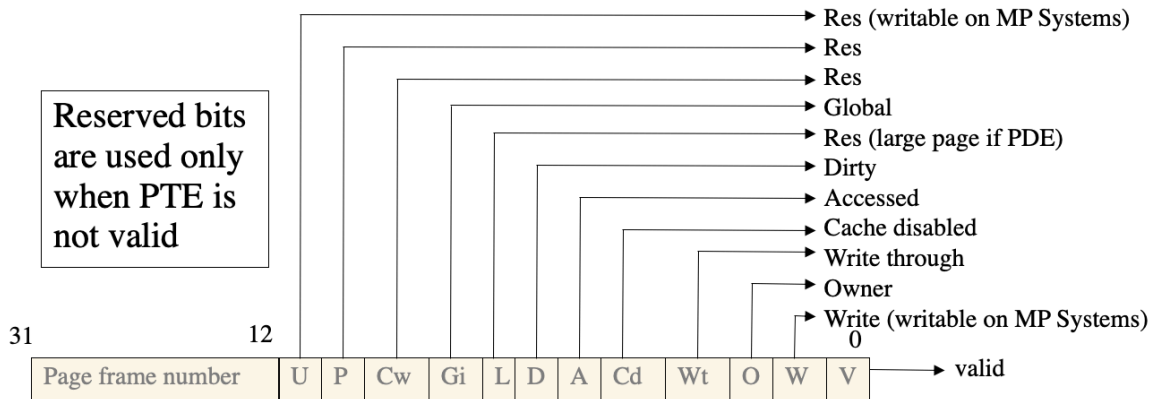
# 页表自映射机制



# 基于 4KB 页面的 X86-32 二级页表



# X86-32 页表项结构



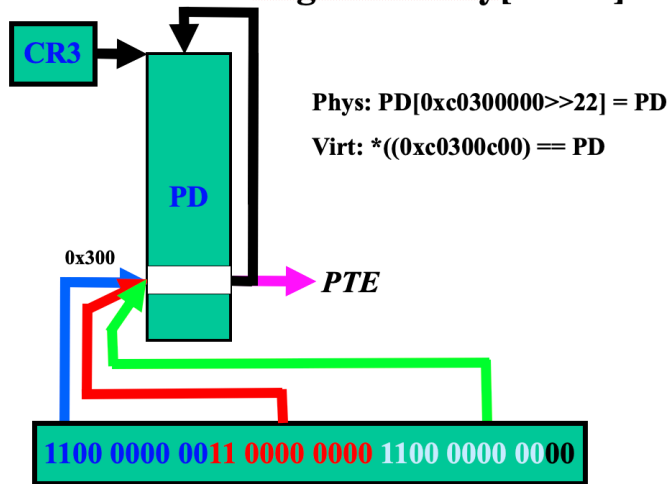
## 地址转换中的虚拟地址字段获取 (C 语言)

```
// page directory index
#define PDX(la) (((uintptr_t)(la)) >> PDXSHIFT) & 0x3FF)
// page table index
#define PTX(la) (((uintptr_t)(la)) >> PTXSHIFT) & 0x3FF)
// page number field of address
#define PPN(la) ((uintptr_t)(la)) >> PTXSHIFT)
// offset in page
#define PGOFF(la) (((uintptr_t)(la)) & 0xFFF)
```

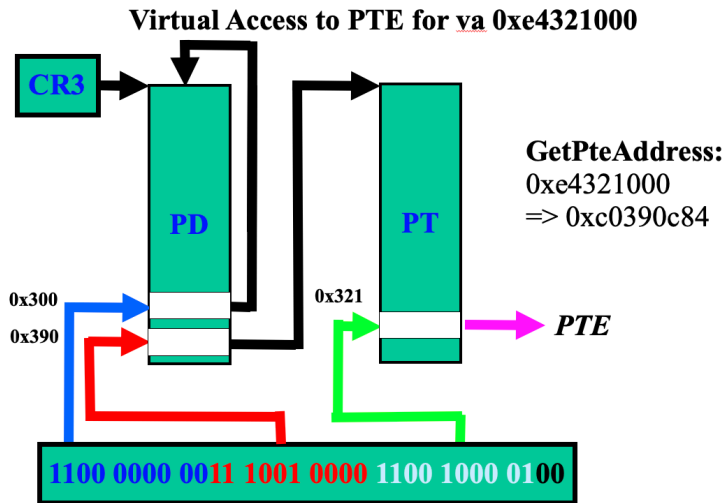


# X86-32 的第一级页表自映射

## Virtual Access to PageDirectory[0x300]



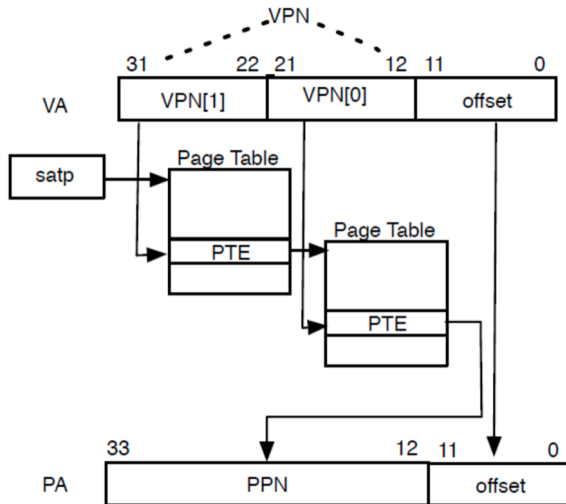
# X86-32 的第二级页表的自映射



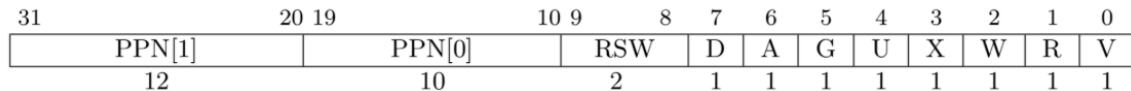
## X86-32 自映射页表项初始化 (C 语言)

```
// recursively insert boot_pgdir in itself  
// to form a virtual page table at virtual address VPT  
boot_pgdir[PDX(VPT)] = PADDR(boot_pgdir) | PTE_P | PTE_W;
```

# 基于 4KB 页面的 RISC-V Sv32 二级页表



# RISC-V32 页表项结构: Sv32 页表项格式

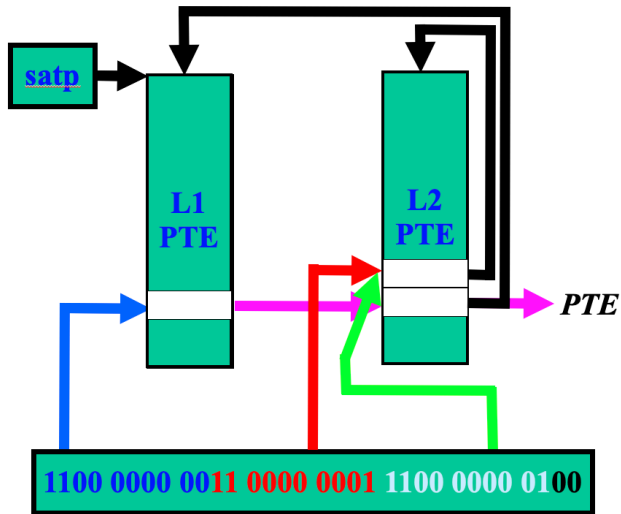


- 如果 X, W, R 位均为 0 , 则表示该项包含了下一级页表的物理地址 (为页目录项) 。
- 否则表示该项包含了页面的物理地址 (一般为页表项) 。

# RISC-V32 页表项结构：页表项 R/W/X 字段含义

X	W	R	Meaning
0	0	0	Pointer to next level of page table.
0	0	1	Read-only page.
0	1	0	<i>Reserved for future use.</i>
0	1	1	Read-write page.
1	0	0	Execute-only page.
1	0	1	Read-execute page.
1	1	0	<i>Reserved for future use.</i>
1	1	1	Read-write-execute page.

# rCore 中 riscv-Sv32 自映射



- RISC-V 页表项中的 flags, 明确表示它指向的是数据页 (VRW), 还是下层页表 (V)。
- 在访问一级页表虚地址期间, 将它所对应的二级页表项 flags 置为 VRW。
- 访问二级页表本身, 还需要再加一个自映射的二级页表项, 其 flags 为 VRW。