

虚拟内存——系统

Virtual Memory: Systems

课 程 名 : 计算机系统

主 讲 人 : 孟文龙

本课内容

- 一个小内存系统示例
- 案例研究：Core i7/Linux 内存系统

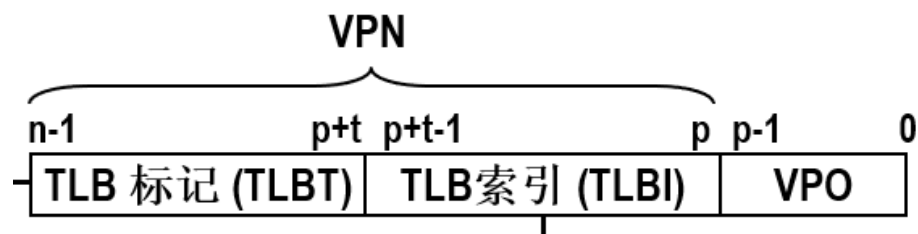
符号回顾

■ 基本参数

- $N = 2^n$: 虚拟地址空间中的地址数量
- $M = 2^m$: 物理地址空间中的地址数量
- $P = 2^p$: 页的大小 (bytes)

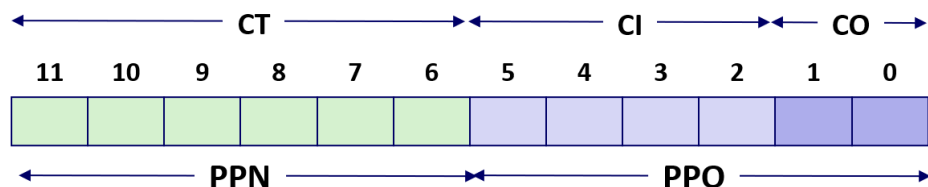
■ 虚拟地址组成部分

- TLBI: TLB 索引
- TLBT: TLB 标记
- VPO: 虚拟页面偏移量 (字节)
- VPN: 虚拟页号



■ 物理地址组成部分

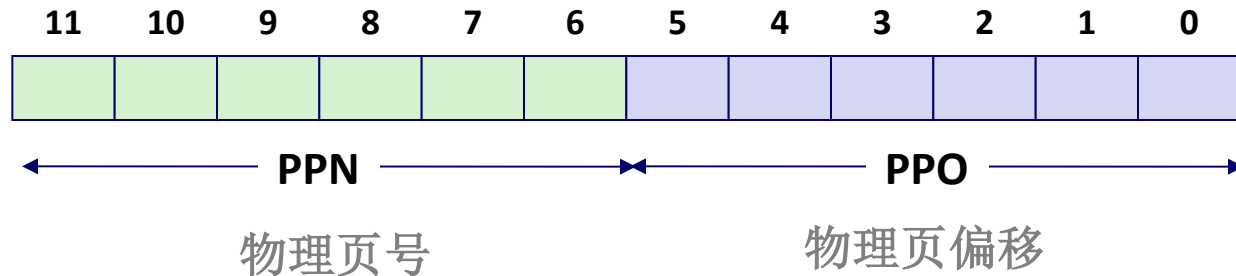
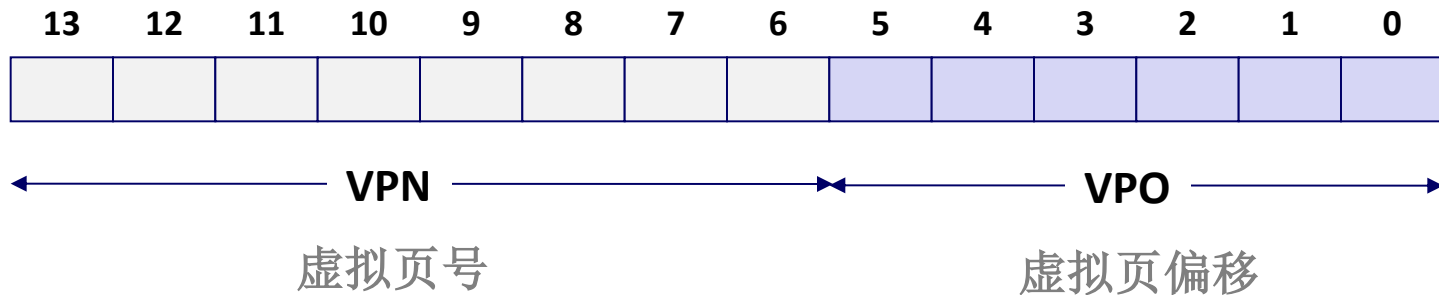
- PPO: 物理页面偏移量 (同 VPO)
- PPN: 物理页号
- CO: Cache 块内的字节偏移量
- CI: Cache 索引
- CT: Cache 标记



一个小内存系统示例

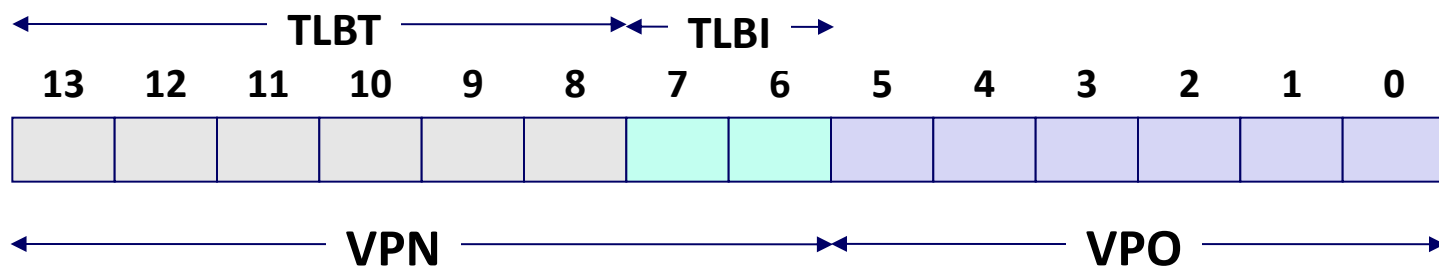
■ 地址假设

- 14 位虚拟地址 ($n = 14$)
- 12 位物理地址 ($m = 12$)
- 页面大小 64 字节 ($P = 64$)



1. 小内存系统的 TLB

- 共含 16 个条目
- 4 路组相联



组	标记	PPN	有效位	标记	PPN	有效位	标记	PPN	有效位	标记	PPN	有效位
0	03	—	0	09	0D	1	00	—	0	07	02	1
1	03	2D	1	02	—	0	04	—	0	0A	—	0
2	02	—	0	08	—	0	06	—	0	03	—	0
3	07	—	0	03	0D	1	0A	34	1	02	—	0

2. 小内存系统的页表

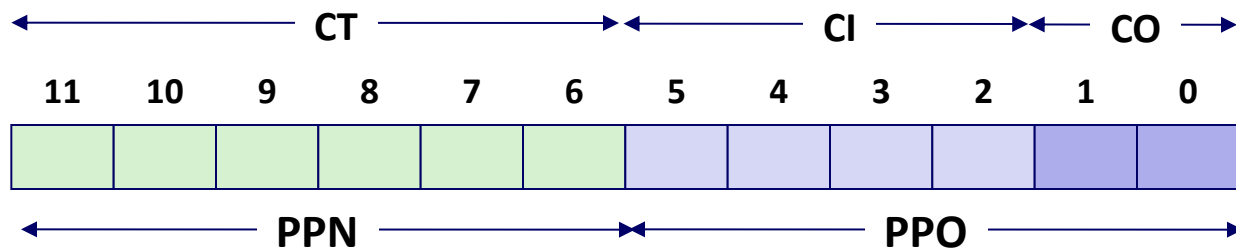
- 单级
- 共 256 项
- 只列出前 16 个 PTE:

<i>VPN</i>	<i>PPN</i>	有效位
00	28	1
01	—	0
02	33	1
03	02	1
04	—	0
05	16	1
06	—	0
07	—	0

<i>VPN</i>	<i>PPN</i>	有效位
08	13	1
09	17	1
0A	09	1
0B	—	0
0C	—	0
0D	2D	1
0E	11	1
0F	0D	1

3. 小内存系统的 Cache

- 16 个组，每块 4 字节
- 通过物理地址中的字段寻址
- 直接映射

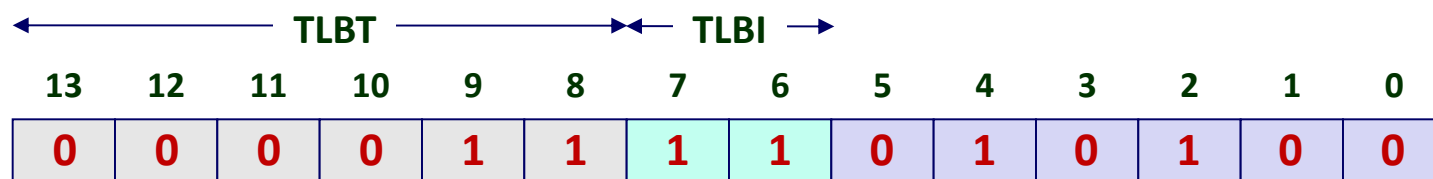


索引	标记	有效位	CO_0	CO_1	CO_2	CO_3
0	19	1	99	11	23	11
1	15	0	—	—	—	—
2	1B	1	00	02	04	08
3	36	0	—	—	—	—
4	32	1	43	6D	8F	09
5	0D	1	36	72	F0	1D
6	31	0	—	—	—	—
7	16	1	11	C2	DF	03

索引	标记	有效位	CO_0	CO_1	CO_2	CO_3
8	24	1	3A	00	51	89
9	2D	0	—	—	—	—
A	2D	1	93	15	DA	3B
B	0B	0	—	—	—	—
C	12	0	—	—	—	—
D	16	1	04	96	34	15
E	13	1	83	77	1B	D3
F	14	0	—	—	—	—

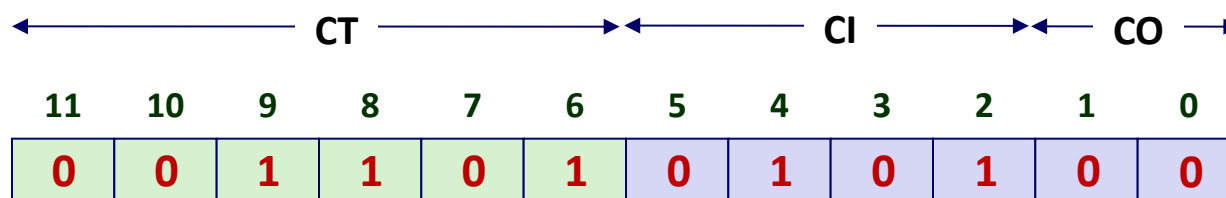
地址翻译示例 1

虚拟地址: 0x03D4



VPN 0x0F TLBI 0x3 TLBT 0x03 TLB Hit? Y Page Fault? N PPN: 0x0D

物理地址



CO 0 CI 0x5 CT 0x0D Hit? Y Byte: 0x36

总结：

- TLB 命中，页表一定命中（不缺页）

TLB是页表的缓存，只存一部分页表项（快且小），页表存全部页表项（慢且大）

- 页表命中，TLB 不一定命中
- Cache命中，页必然命中

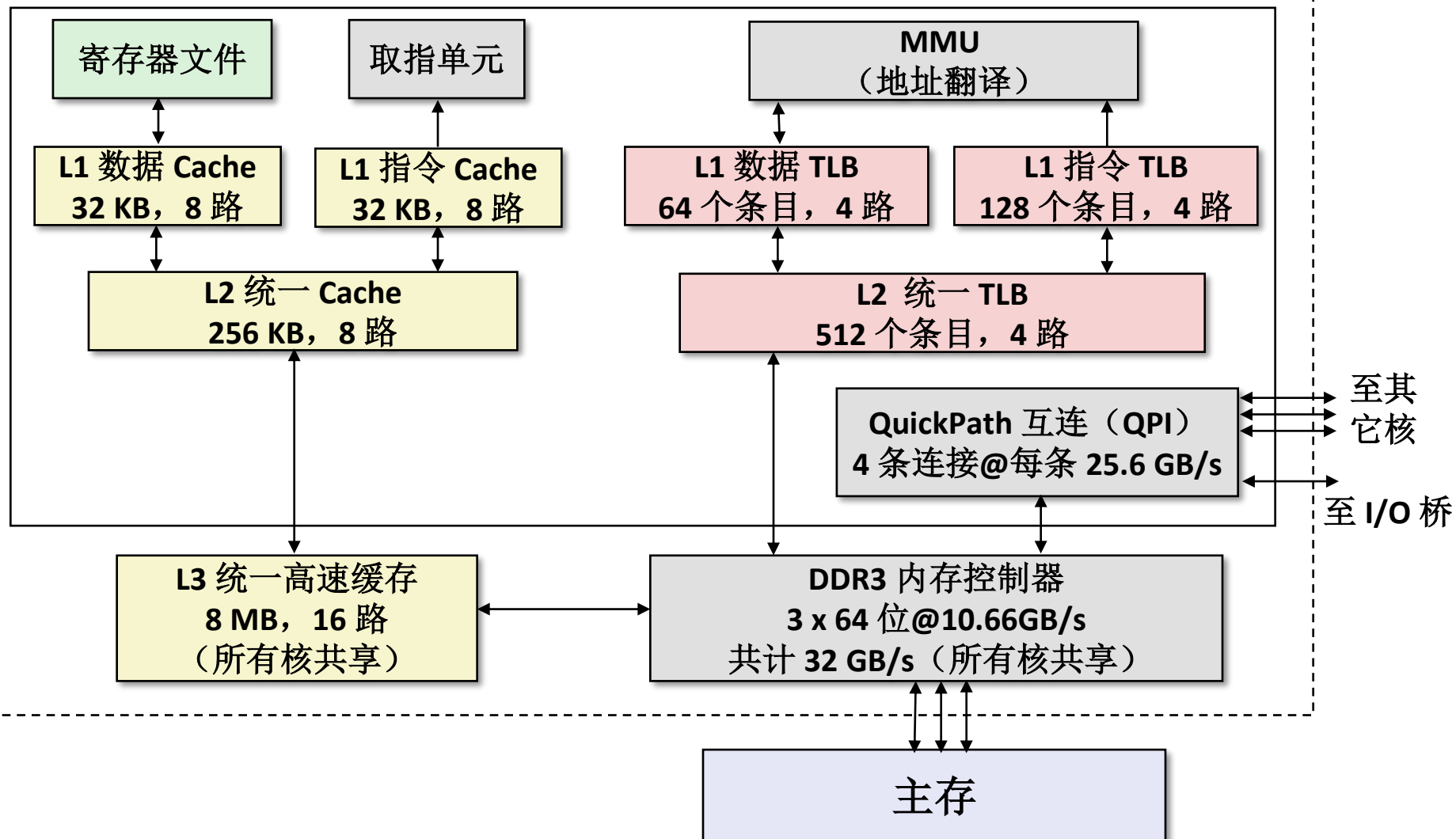
本课内容

- 一个小内存系统示例
- 案例研究：Core i7/Linux 内存系统

Intel Core i7 内存系统

处理器封装边界

Core x4



符号回顾

■ 基本参数

- $N = 2^n$: 虚拟地址空间中的地址数量
- $M = 2^m$: 物理地址空间中的地址数量
- $P = 2^p$: 页的大小 (bytes)

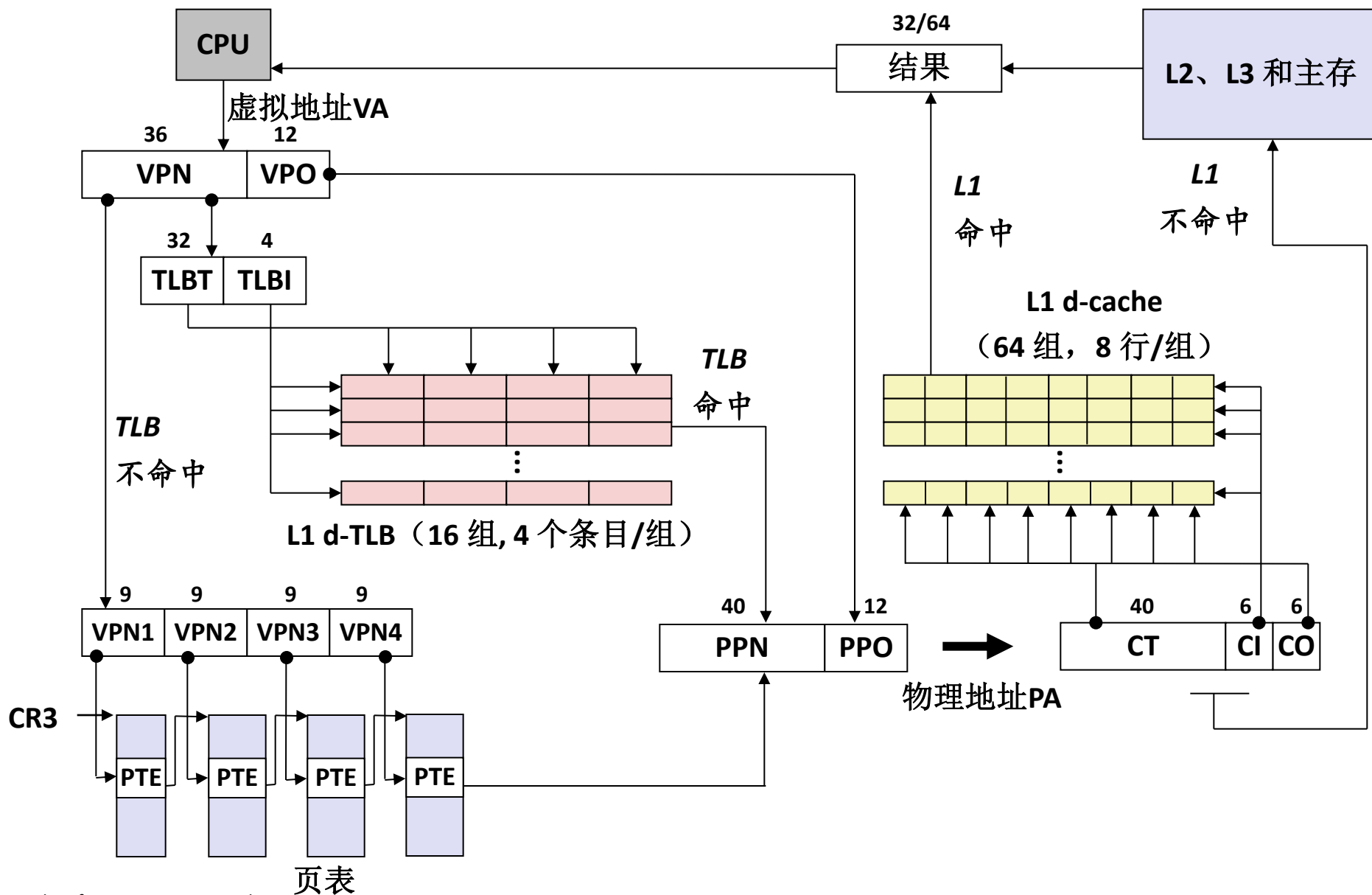
■ 虚拟地址组成部分

- TLBI: TLB 索引
- TLBT: TLB 标记
- VPO: 虚拟页面偏移量 (字节)
- VPN: 虚拟页号

■ 物理地址组成部分

- PPO: 物理页面偏移量 (同 VPO)
- PPN: 物理页号
- CO: Cache 块内的字节偏移量
- CI: Cache 索引
- CT: Cache 标记

Core i7 地址翻译 (VA 48 位, PA 52 位)



Core i7 页表翻译

