

计算机体系结构

实验3 CACHE设计

江仲鸣



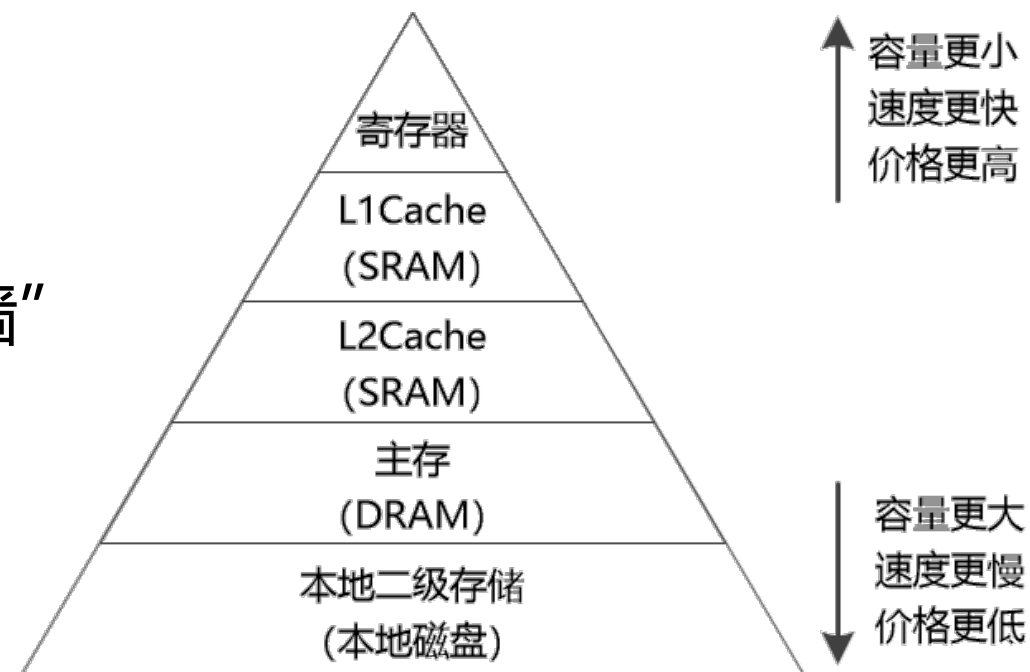
HITSZ 实验与创新实践教育中心
Education Center of Experiments and Innovations, HITSZ

- 通过设计Cache模型，探索不同参数对Cache命中率的影响
- 了解虚拟内存下，三种地址索引方式的Cache工作原理
- 掌握使用Pin插桩工具进行体系结构建模和分析的基本方法

- 利用Pin, 设计**全相联**、**组相联映射**的Cache模型
- 探讨命中率与Cache基本参数（如容量、块大小、相联度、替换算法等）的关系，绘制折线图并分析之
- 实现**VIVT**、**PIPT**、**VIPT**三种地址索引方式的组相联Cache，并通过测试，对比分析三种索引方式的区别和优缺点
- Cache大小不超过32KB

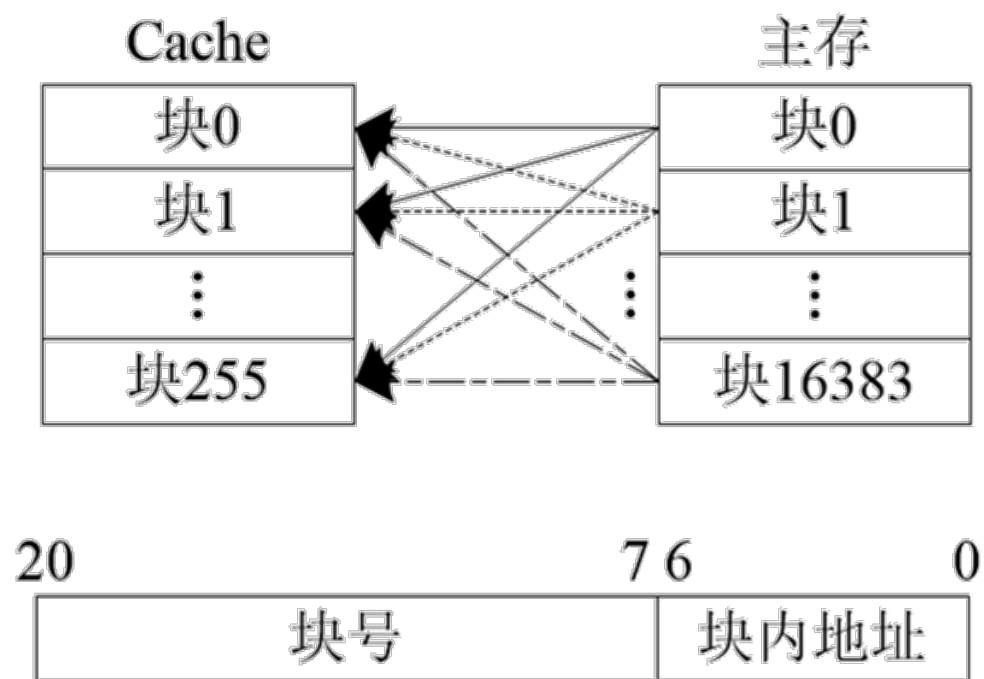
• 1. Cache回顾

- 地位：CPU中最重要的功能部件之一
- 功能：存放主存数据的副本
- 特点：速度快、容量小、价格高
- 作用：形成层次存储系统，缓解“存储墙”
- 映射方式：全相联、直接映射、组相联
- 写回策略：写直达、写回
- 替换算法：LRU、伪LRU、随机、FIFO

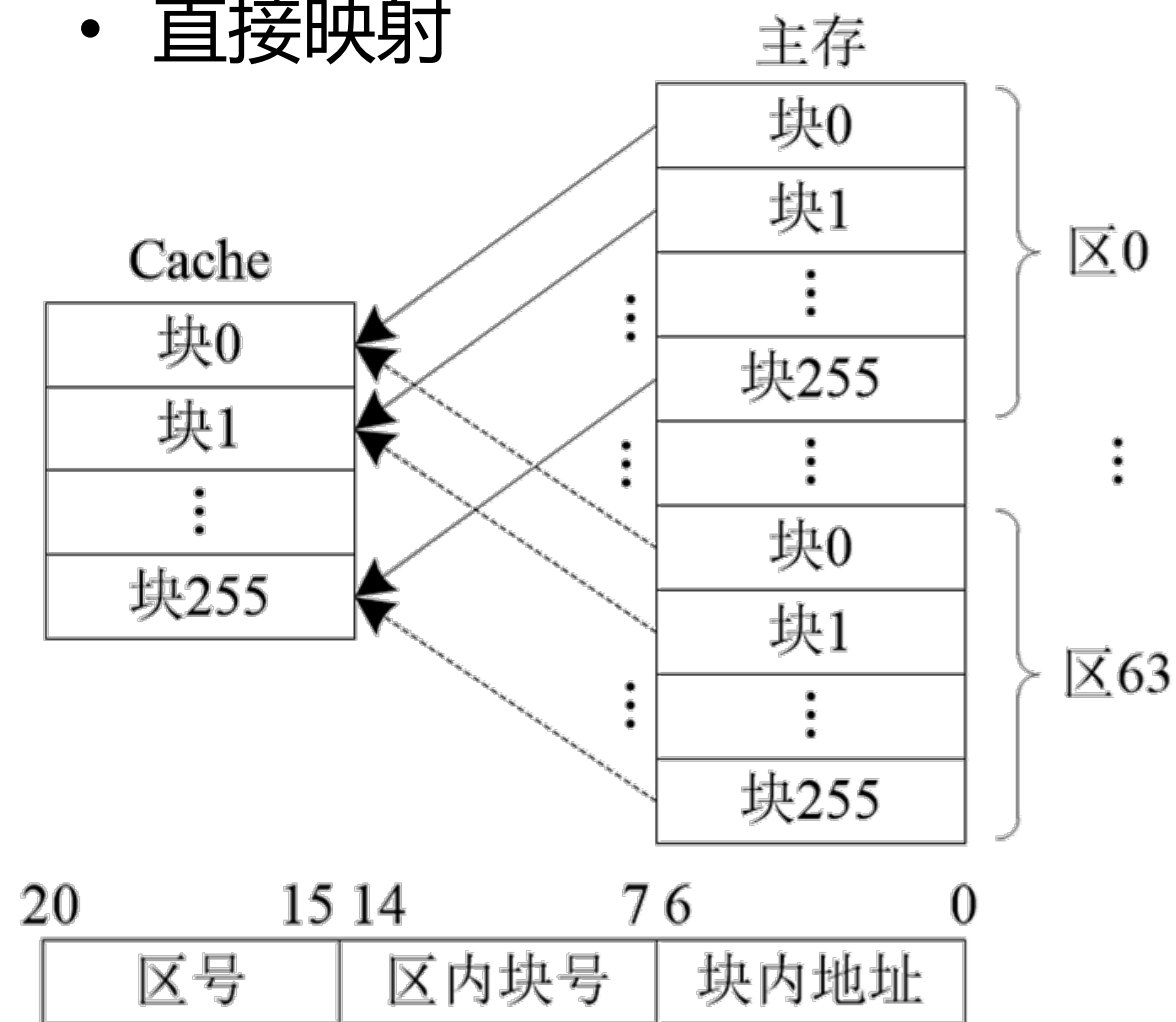


• 1. Cache回顾

• 全相联映射

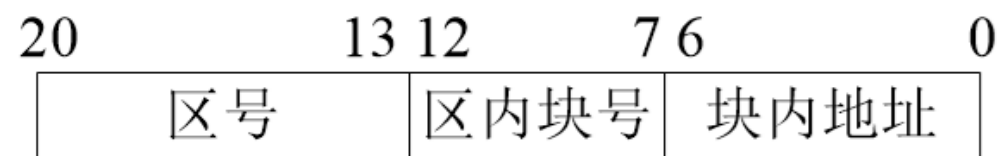
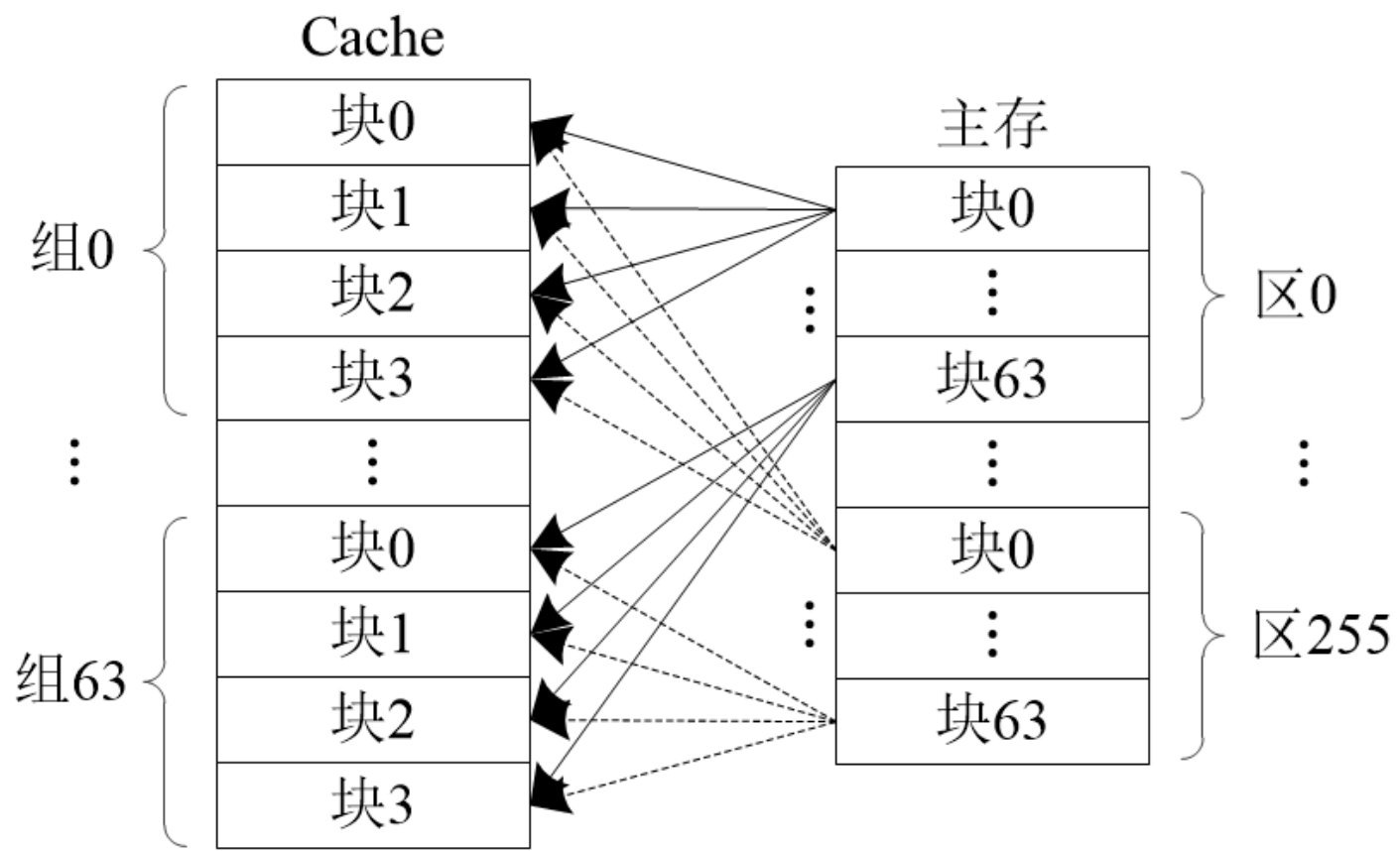


• 直接映射



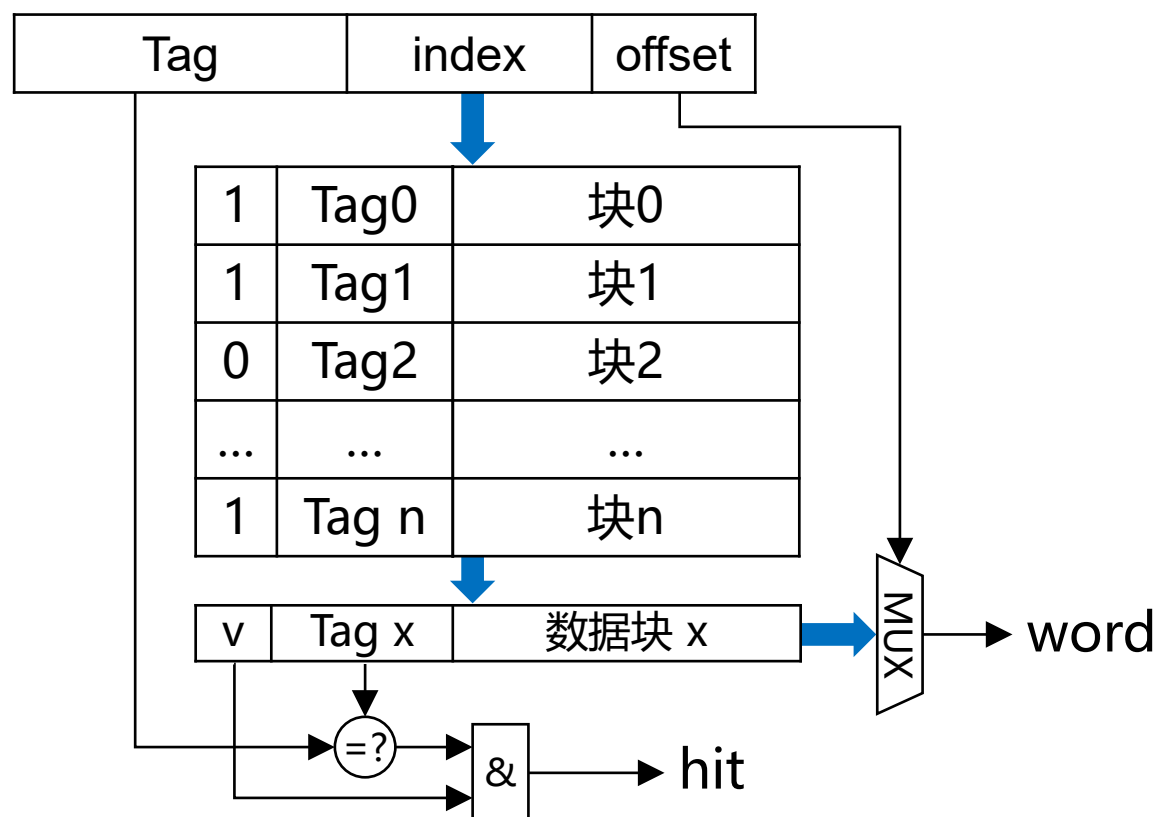
• 1. Cache回顾

• 组相联映射 (Set-Associative Mapping)



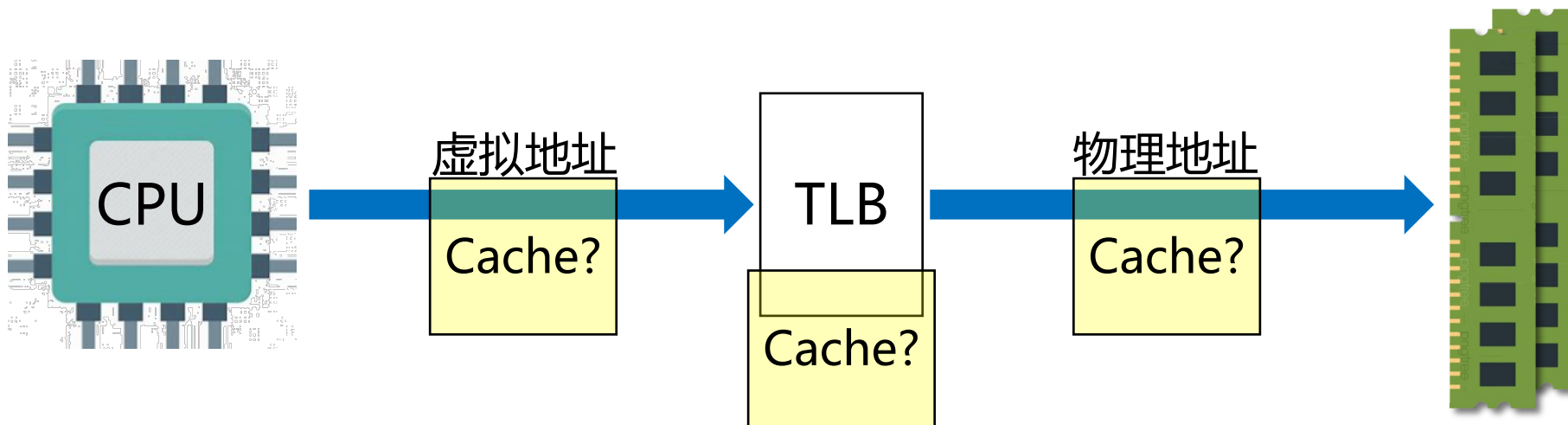
• 3. Cache的基本结构

- Cache存放主存数据的副本
- Cache = 数据块 + 目录表 + 命中逻辑 + 替换逻辑



• 4. 地址索引方式

- 在虚存系统中，CPU发出的访存地址是虚拟地址
- 在访问物理存储器前，MMU/TLB将虚拟地址转换成物理地址

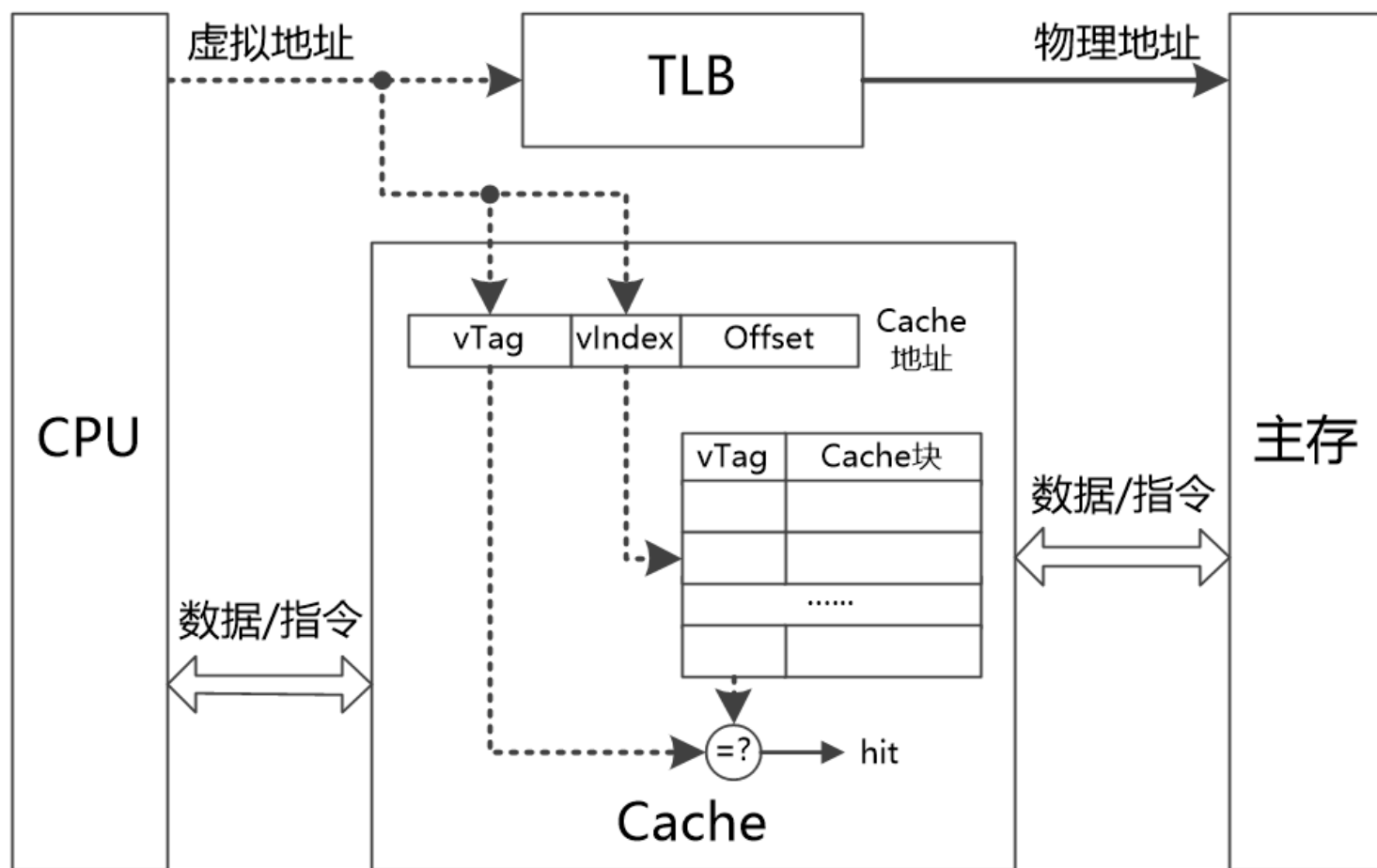


- 三种地址索引方式：VIVT、PIPT、VIPT

• 4. 地址索引方式

- VIVT: Virtually Indexed and Virtually Tagged, 虚拟索引虚拟标识

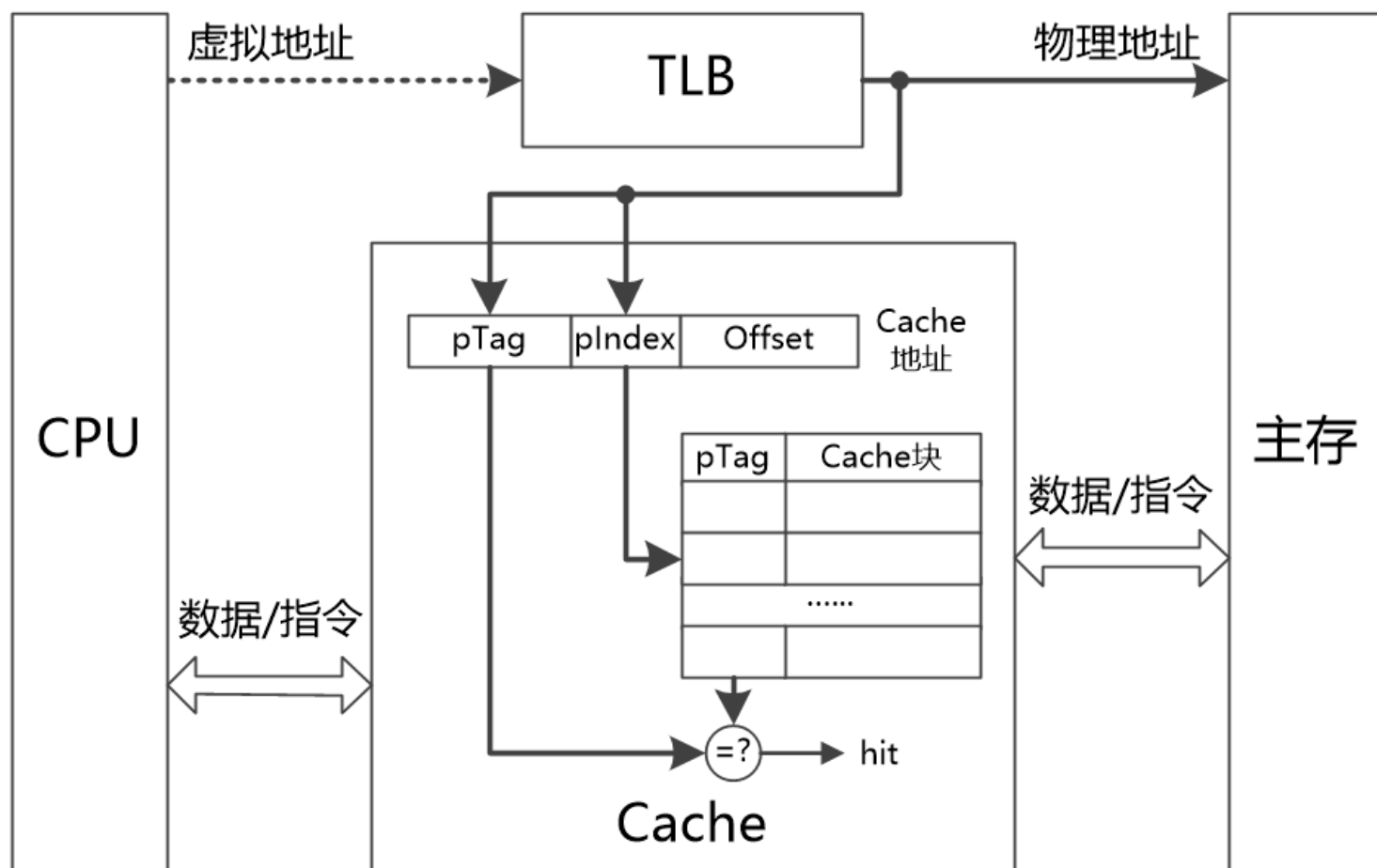
访问Cache不必
先经过虚实地址
转换
TLB与Cache并
行工作



• 4. 地址索引方式

- PIPT: Physically Indexed and Physically Tagged, 物理索引|物理标识

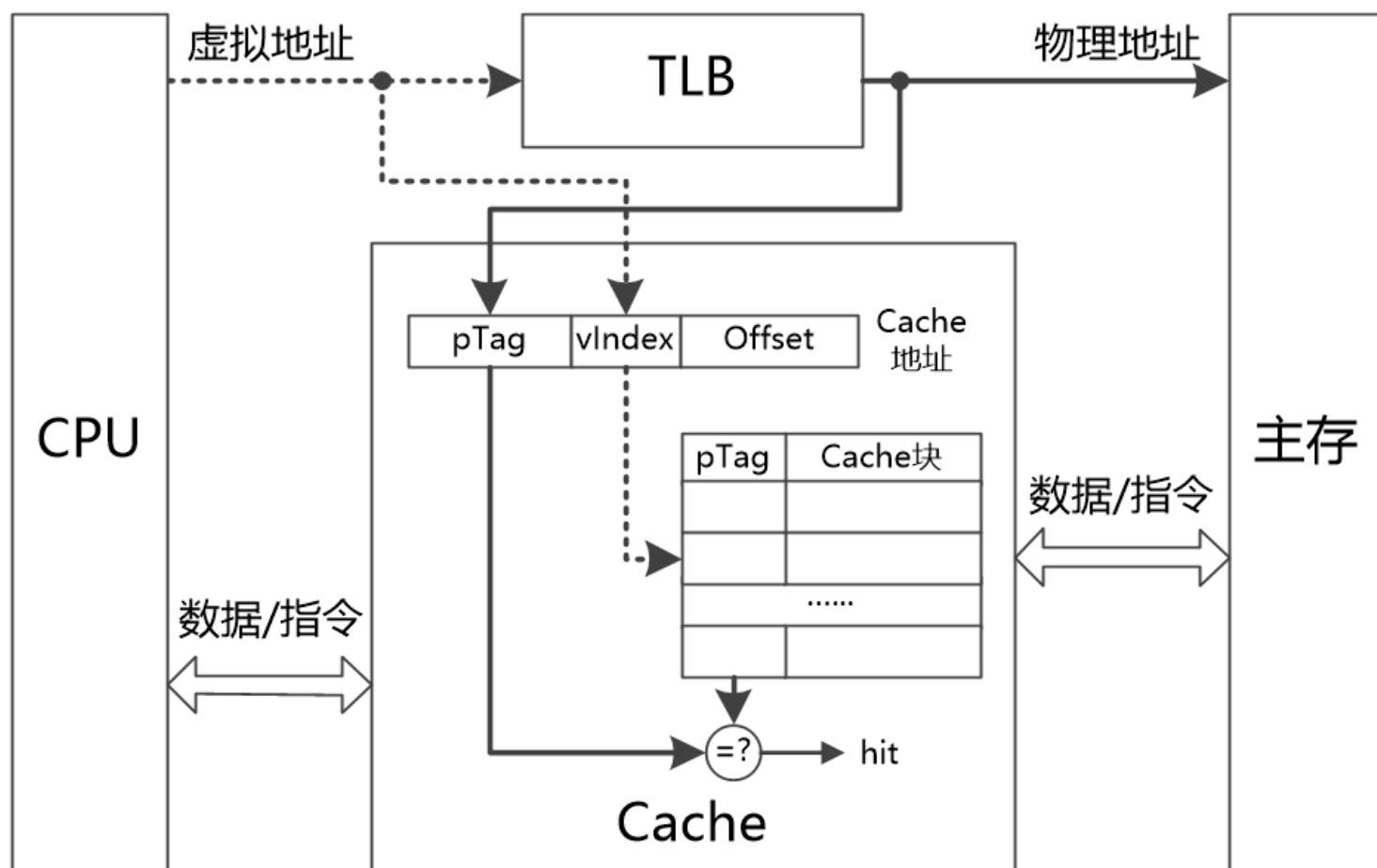
访问Cache前,
必须先经过虚实
地址转换
TLB与Cache串
行工作



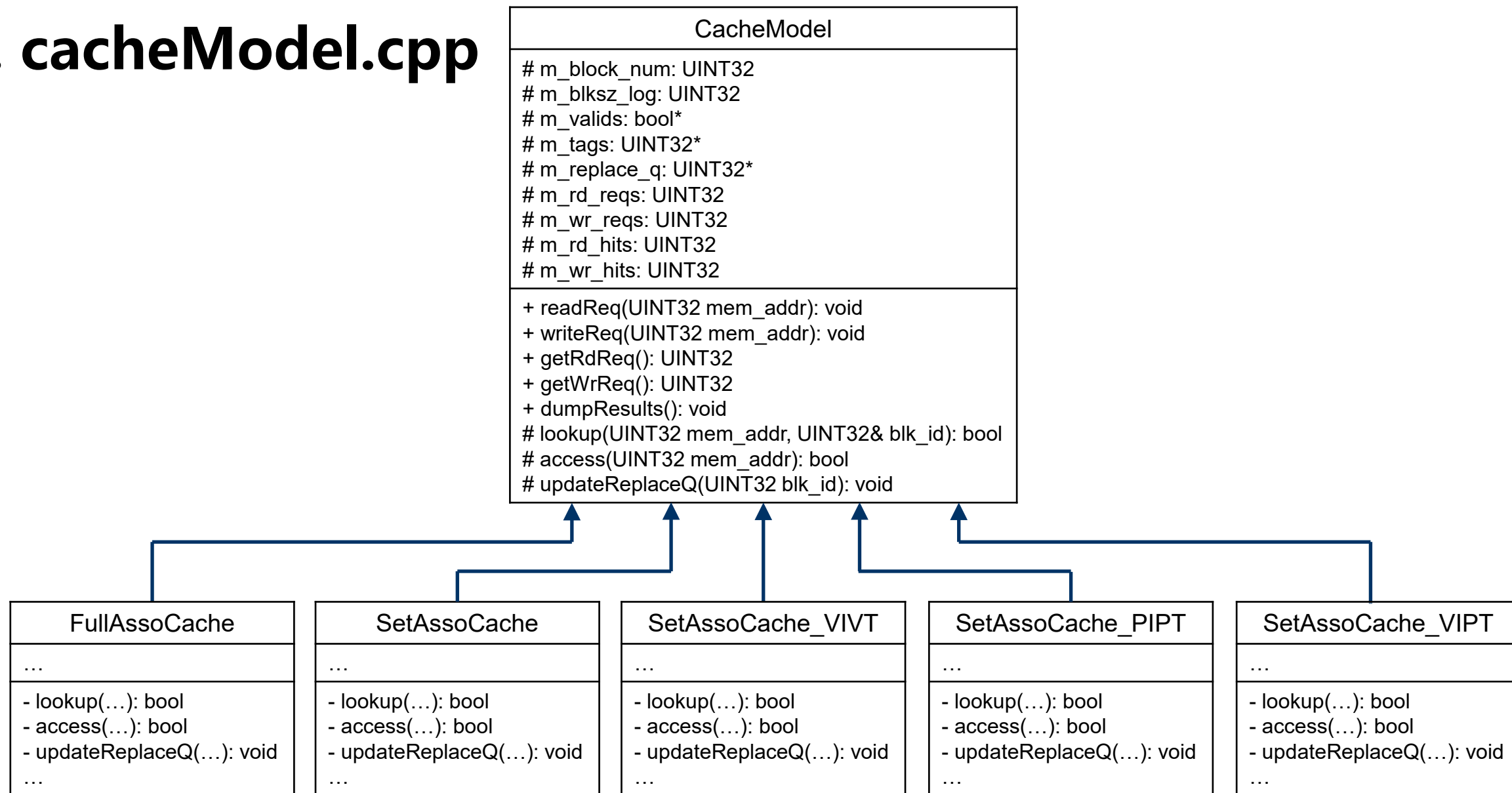
• 4. 地址索引方式

- VIPT: Virtually Indexed and Physically Tagged, 虚拟索引物理标识

访问Cache前,
不必先经过虚实
地址转换
TLB与Cache具
有一定并行性



• 5. cacheModel.cpp



- 1. 补全cacheModel.cpp代码，使用gcc、astar、zeusmp和tonto测试Cache模型
- 2. 探究基本参数（块数、块大小、相联度等）对命中率的影响
- 3. 选定不同的Cache参数并运行测试，对比分析三种索引方式下Cache的命中率，记录实验参数及实验结果，并分析之

- **题目1：VIVT Cache改造 (+1.5分)**

不同进程虚拟地址空间不同，故VIVT Cache可能要频繁清空

- 改造VIVT Cache，使进程切换时不需清空Cache
- 通过测试，画出不同Cache大小下，改造前后的命中率变化折线图并分析之

- **题目2：探究替换算法及写策略对Cache性能的影响 (+1.5分)**

- (1) 替换算法与Cache性能的探究

- 至少实现3种常用的替换算法（如随机法、FIFO、伪LRU、LRU等）
 - 通过测试，对比分析替换算法对不同大小Cache的性能影响

- (2) 写策略对Cache性能的探究

- 通过sleep()模拟写内存延迟，实现写直达策略和写回策略
 - 对比分析两种写策略对Cache性能的影响

- 课堂检查：组相联Cache命中率 ($>80\%$)
- 将**源码**、**实验报告**打包提交
 - 命名规则：**学号_姓名_ARCH实验3.zip**
 - 提交方法：<https://hitsz-cslab.gitee.io/arch/ojguide>
 - Deadline：下周同一上课时间前
- 附加题：将设计思路、关键代码等写入报告，与源码一起打包提交（**+1.5分**）

开始实验



HITSZ 实验与创新实践教育中心
Education Center of Experiments and Innovations, HITSZ