



香山处理器非阻塞 DCache 的设计与实现

刘志刚 张林隽

中科院计算所

2021年6月25日

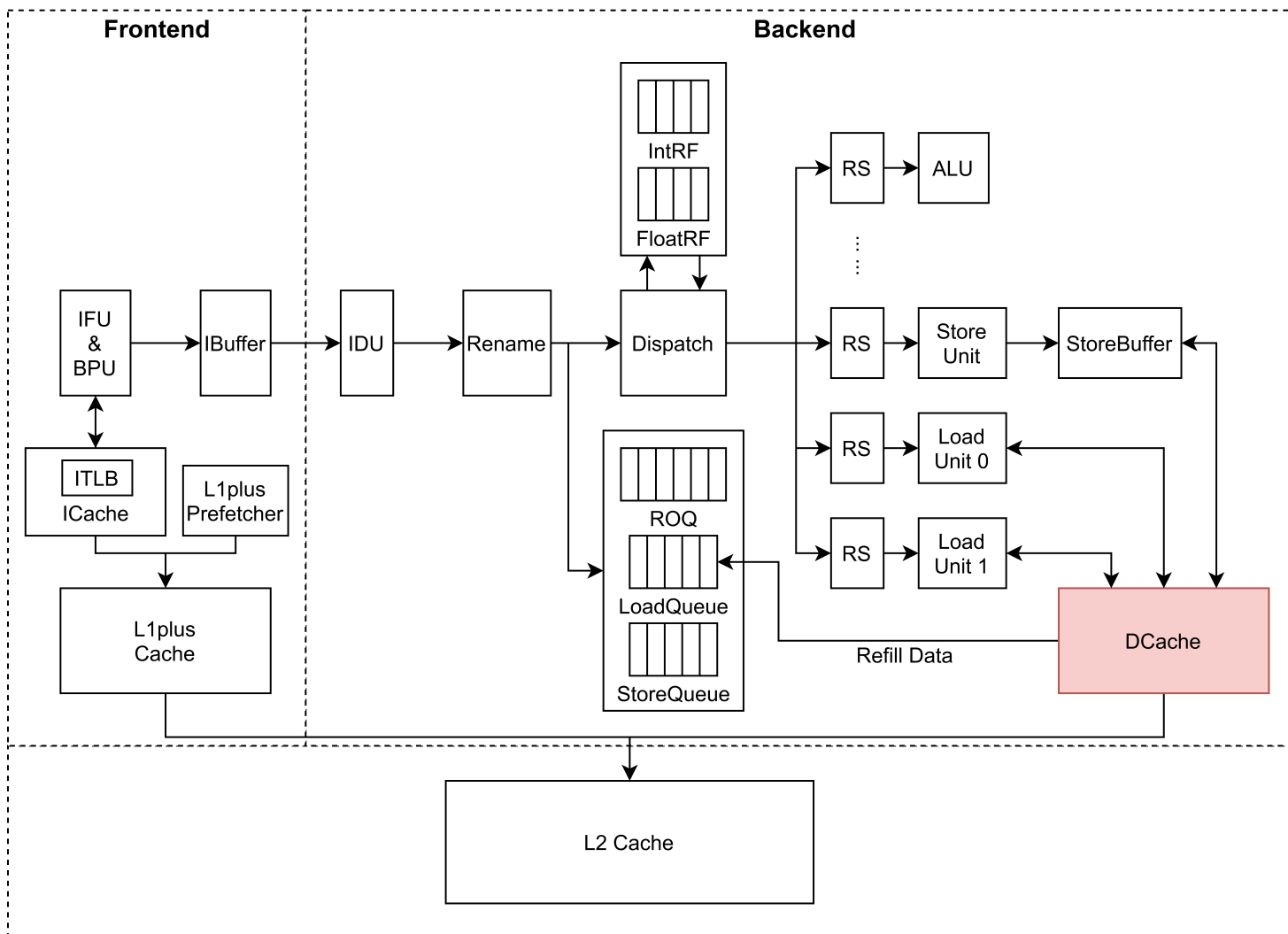


目录

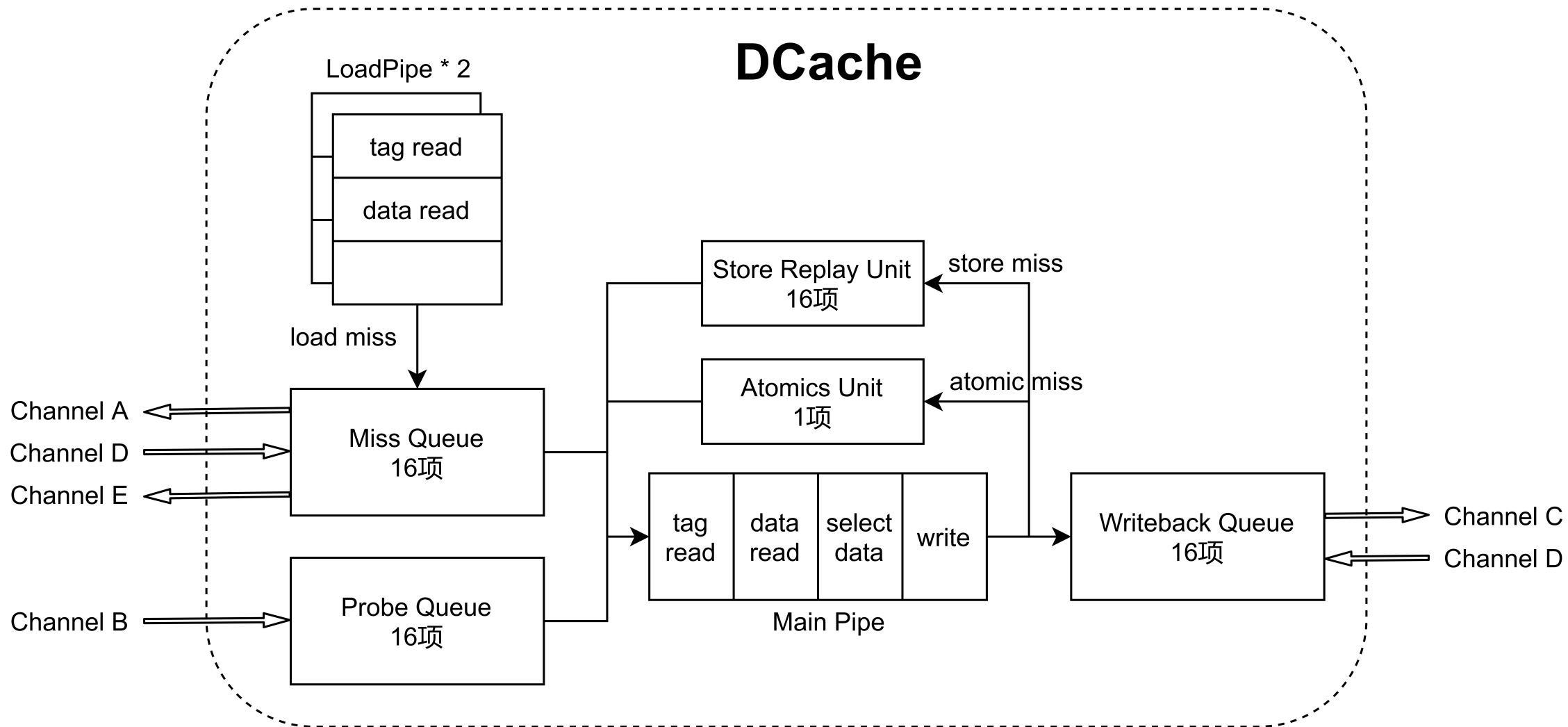
- 整体结构
- 接口
- 请求处理流程
 - Load
 - Store / Atomics
 - Probe
- 同步与一致性
- Best-offset 预取

整体结构

- DCache 参数
 - 32KB 总容量
 - 8 路组相联
 - 伪 LRU 替换策略
 - SECDED 校验

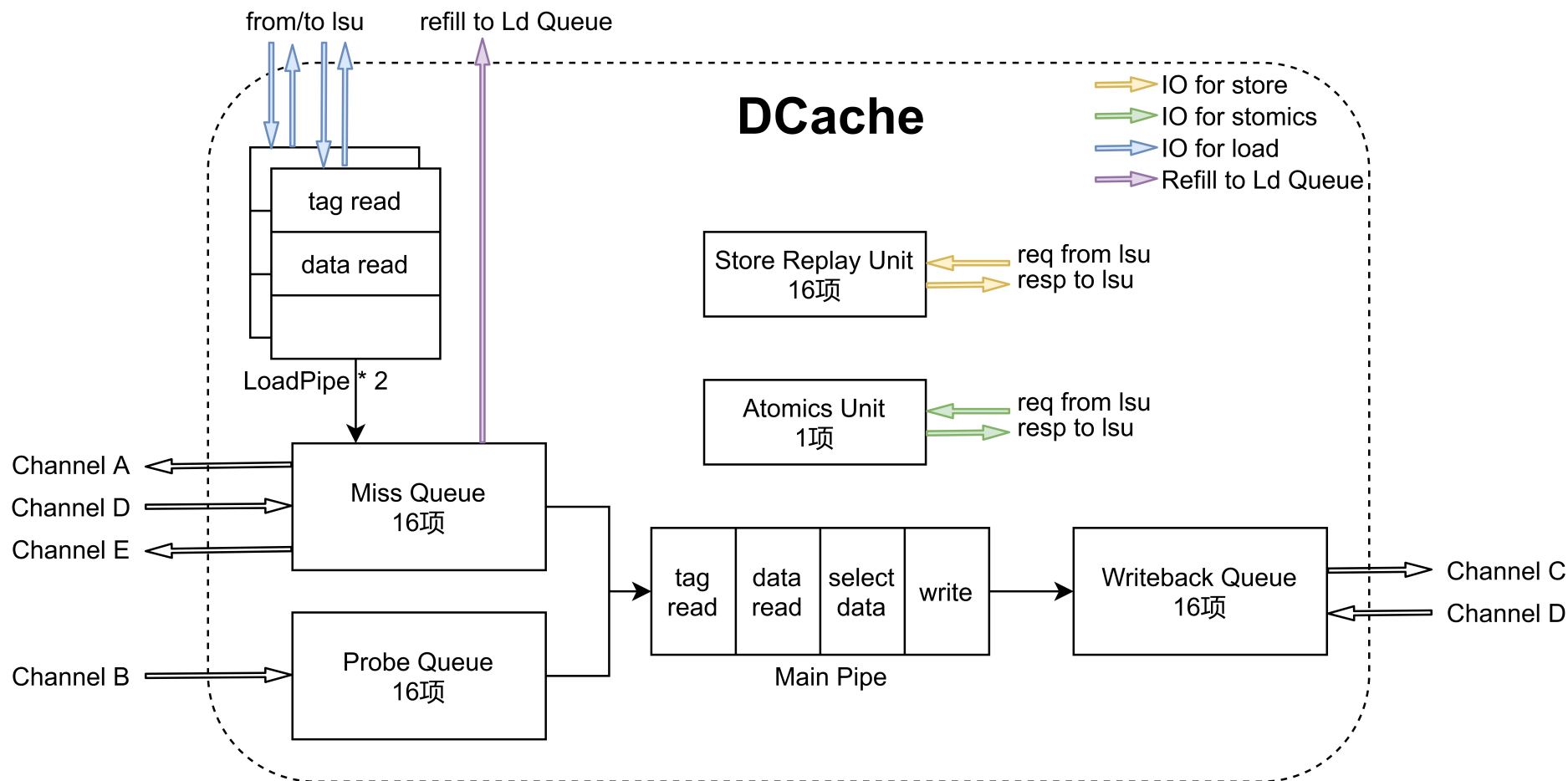


整体结构



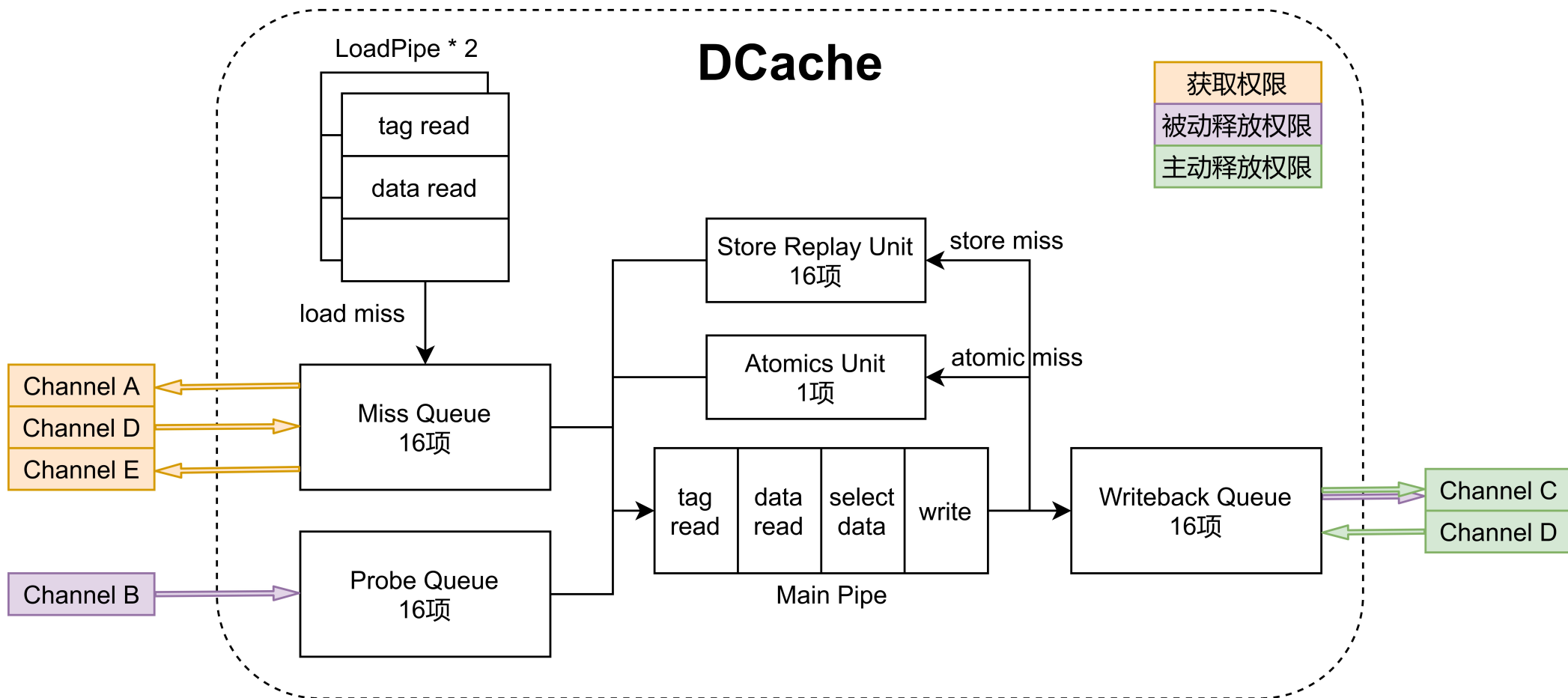
接口

- 对核内访存单元采用自定义接口



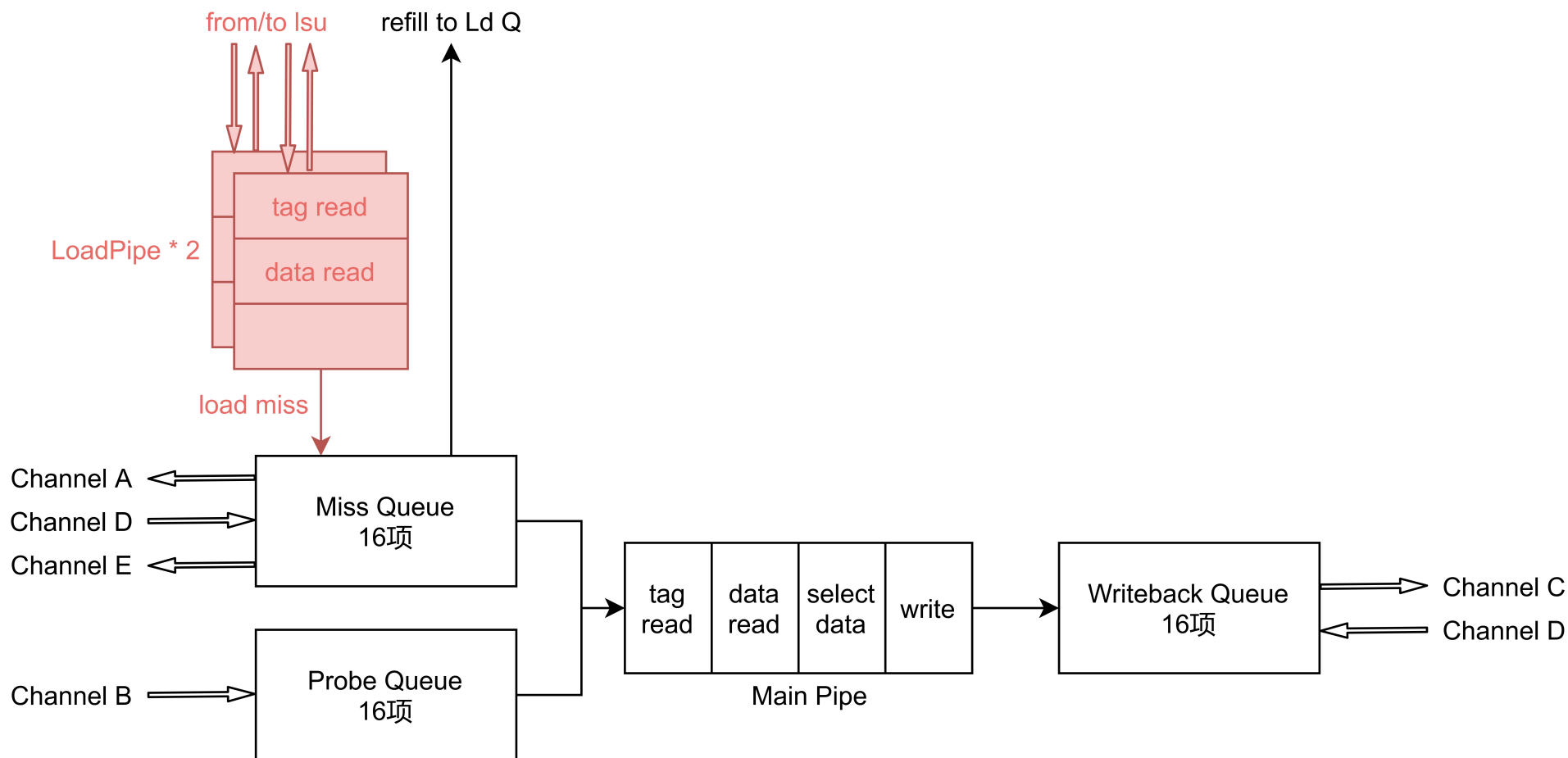
接口

- 对 L2 Cache 采用 TileLink 总线协议



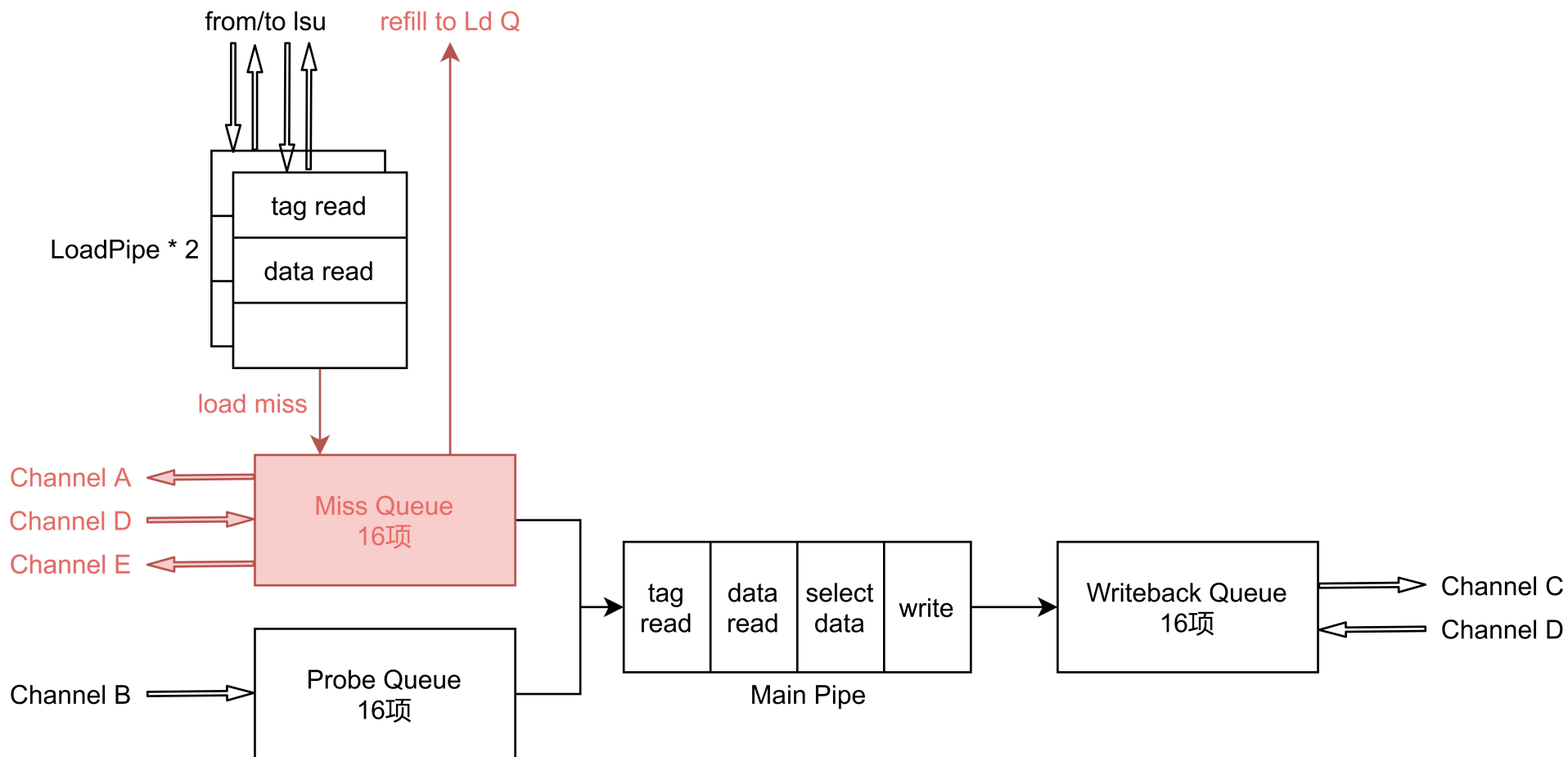
Load 请求处理流程

- ① 经过三级流水，命中则直接返回，失效则进入 Miss Queue



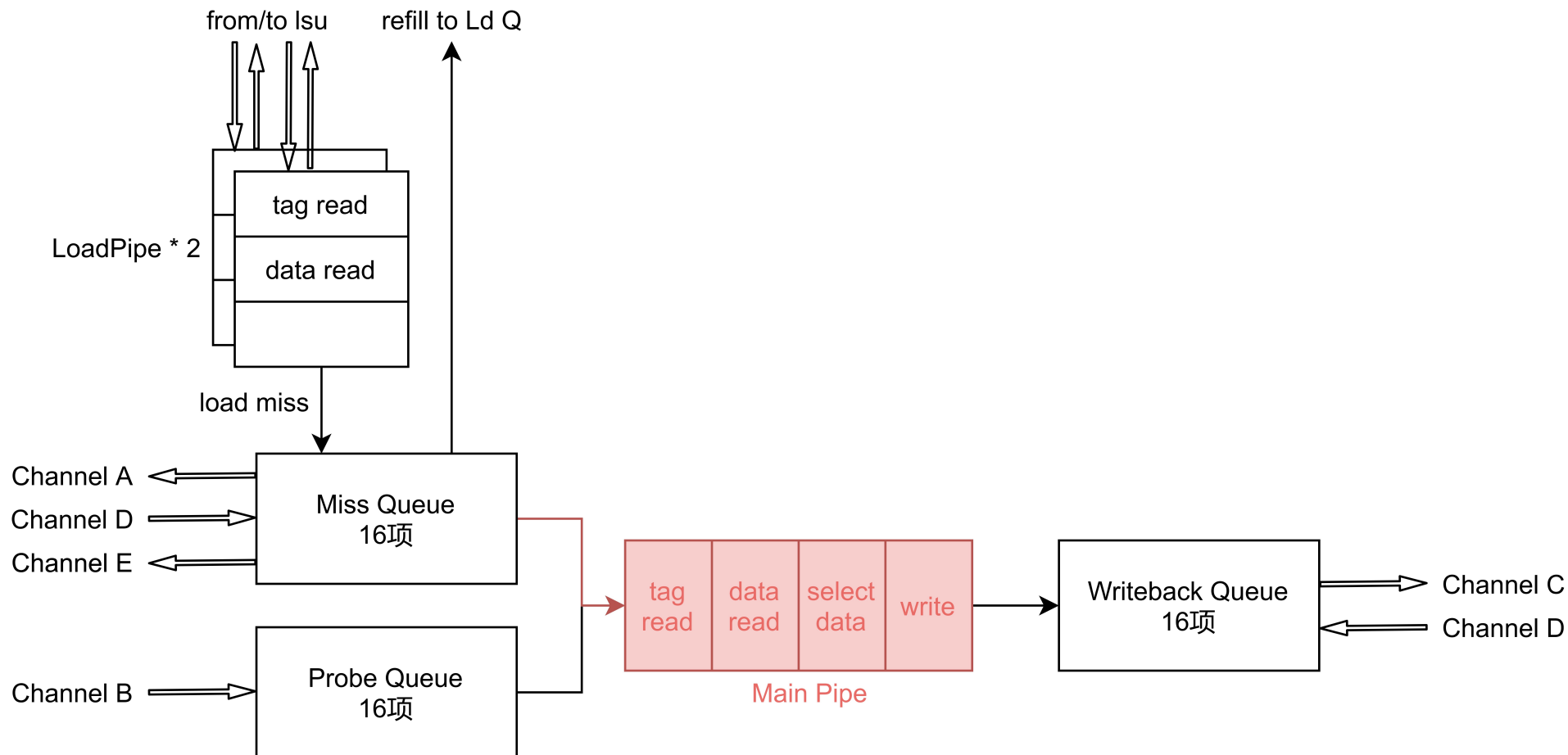
Load 请求处理流程

- ② Miss Queue 取回回填数据并转发给 Load Queue



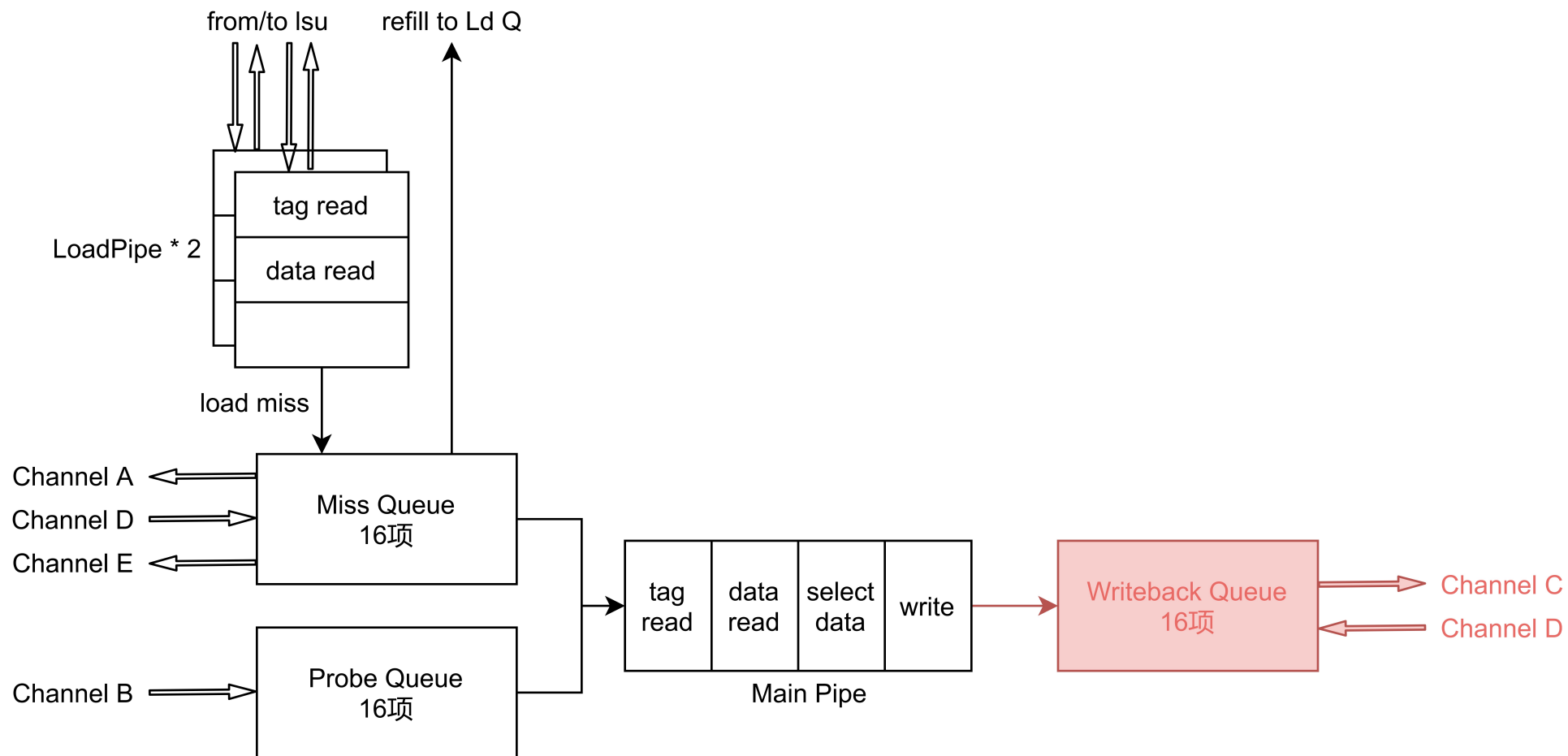
Load 请求处理流程

- ③ 在主流流水线中将回填的数据写入 DCache



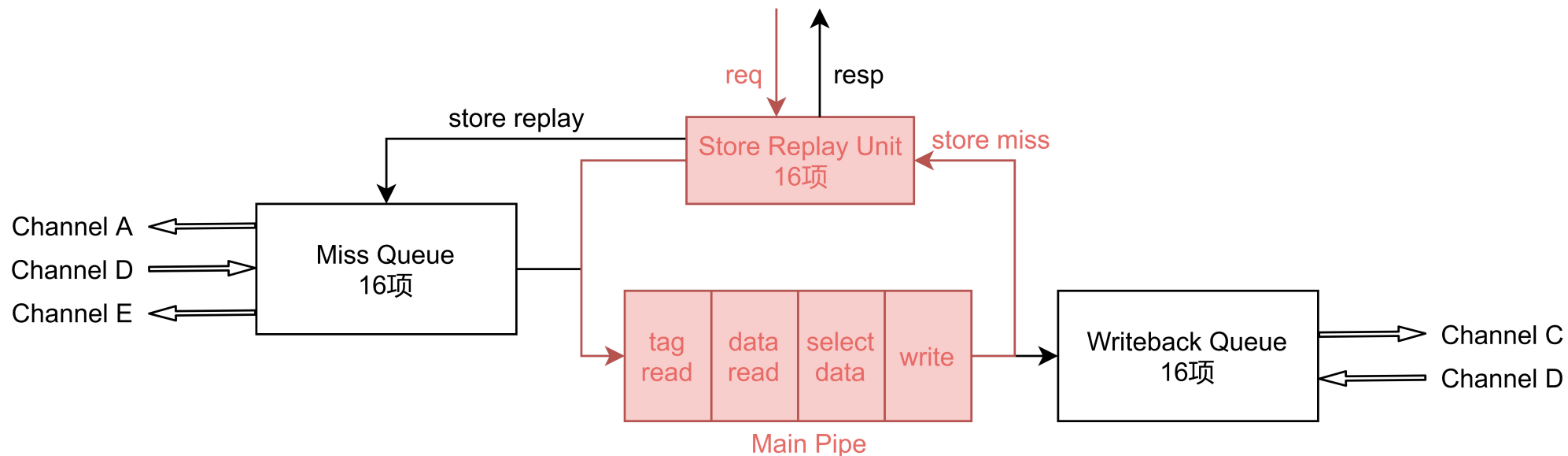
Load 请求处理流程

- ④ 如果需要替换块，在 Writeback Queue 中将替换块写回



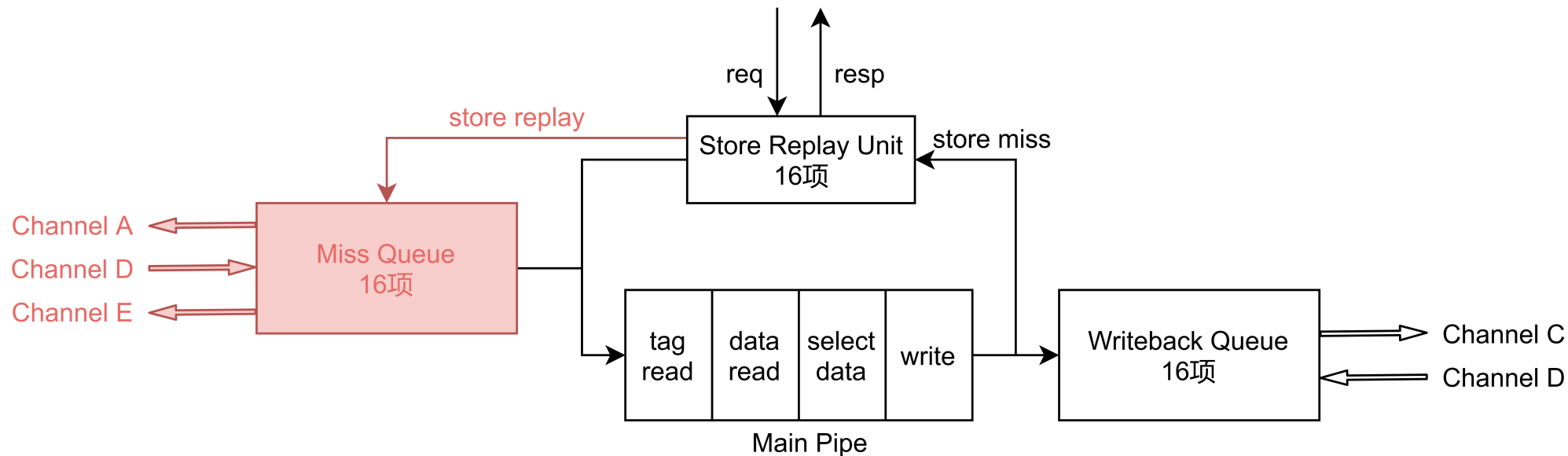
❄️ Store 请求处理流程

- ❶ 接收来自 Store Buffer 的请求，在主流线中访问 DCache
- ❷ 如果 DCache 不命中，回到 Store Replay Unit



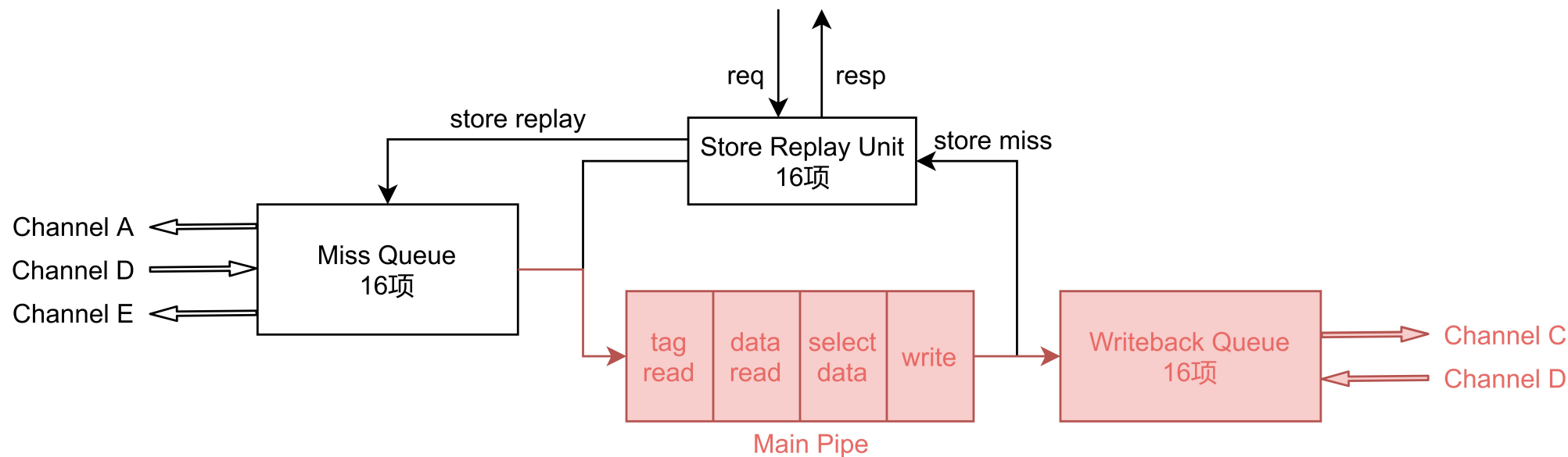
❄ Store 请求处理流程

- ③ 发送 Miss 请求给 Miss Queue，由 Miss Queue 取回回填数据
 - 如果 Miss Queue 已满，则回退一定时间后再发送 Miss 请求



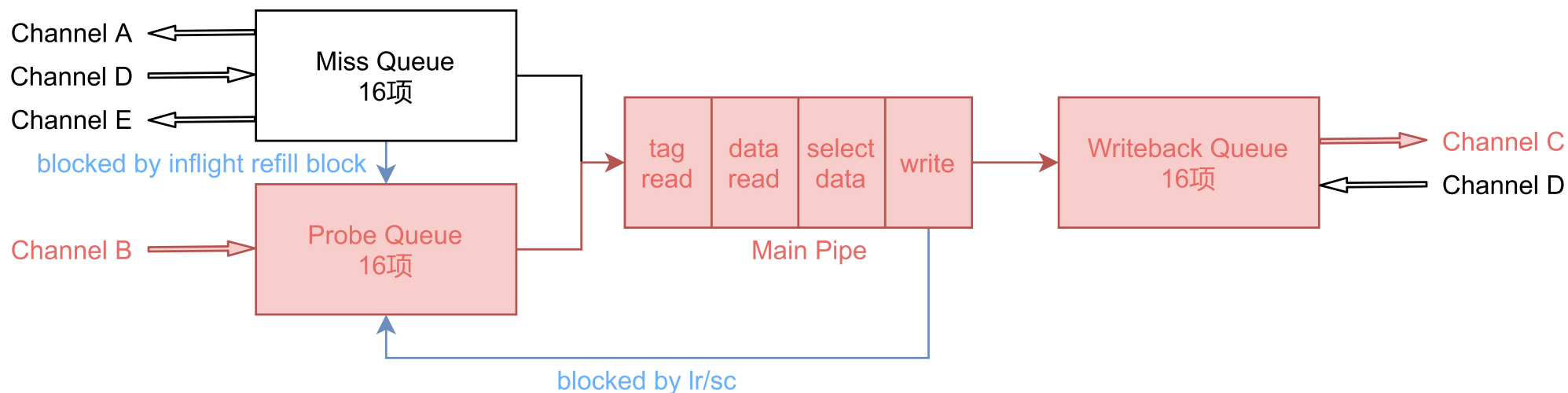
❄ Store 请求处理流程

- ④ 在主流水线中完成数据回填
- ⑤ 如果有替换块，在 Writeback Unit 中写回



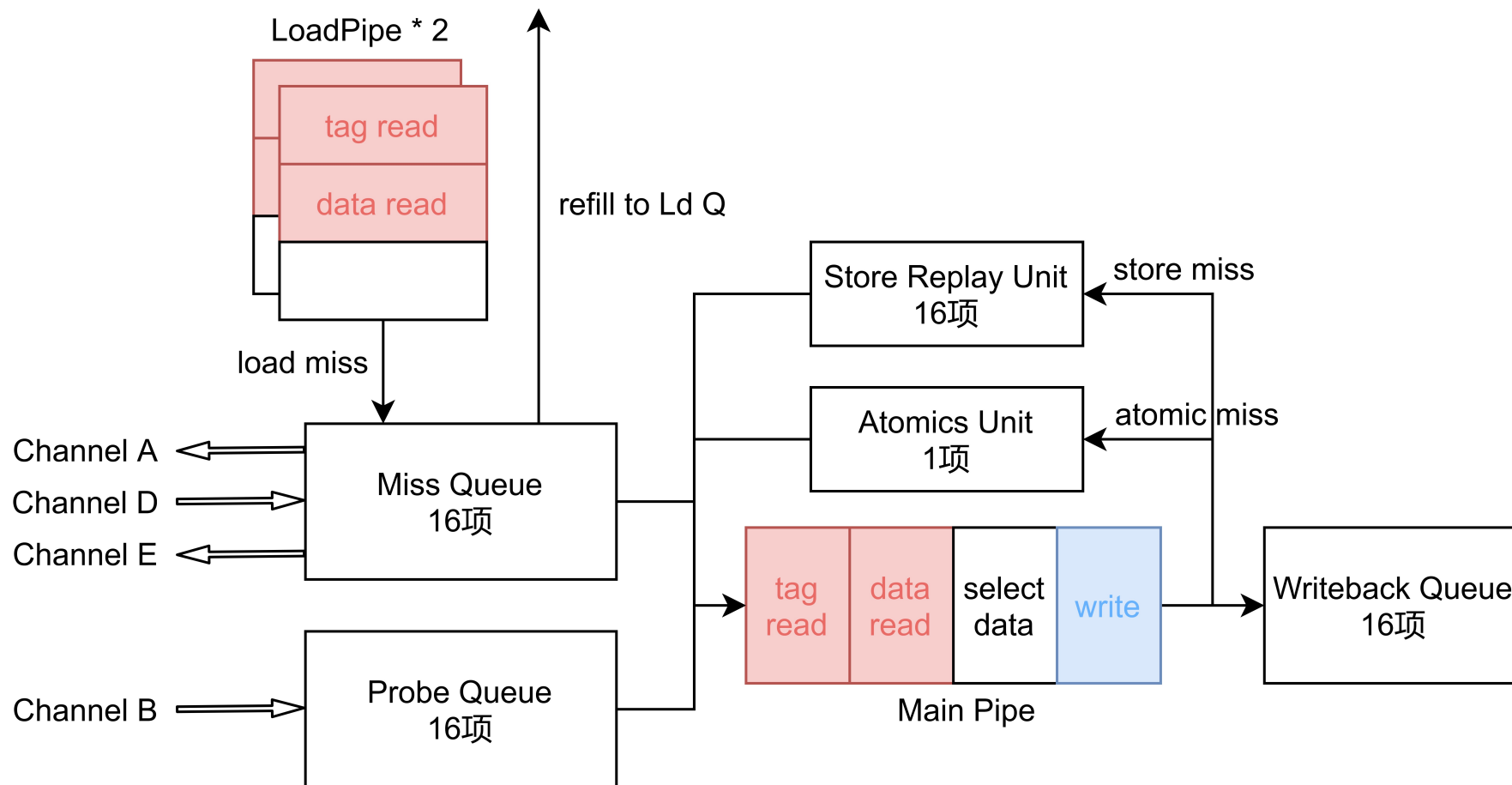
Probe 请求处理流程

- ① 接收 Probe 请求
- ② 在主流流水线修改被 Probe 块的权限
- ③ 返回应答，同时写回脏数据



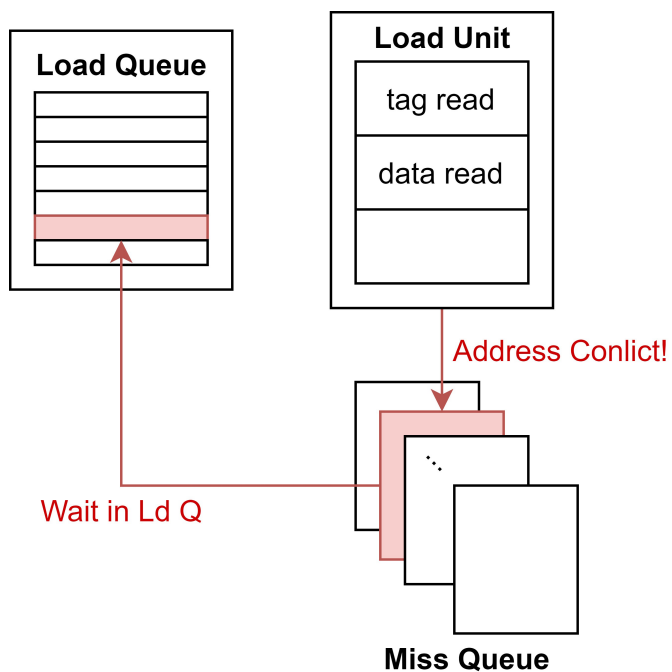
Meta 与 Data 的同步

- Meta 与 Data 同时修改，但不同时读

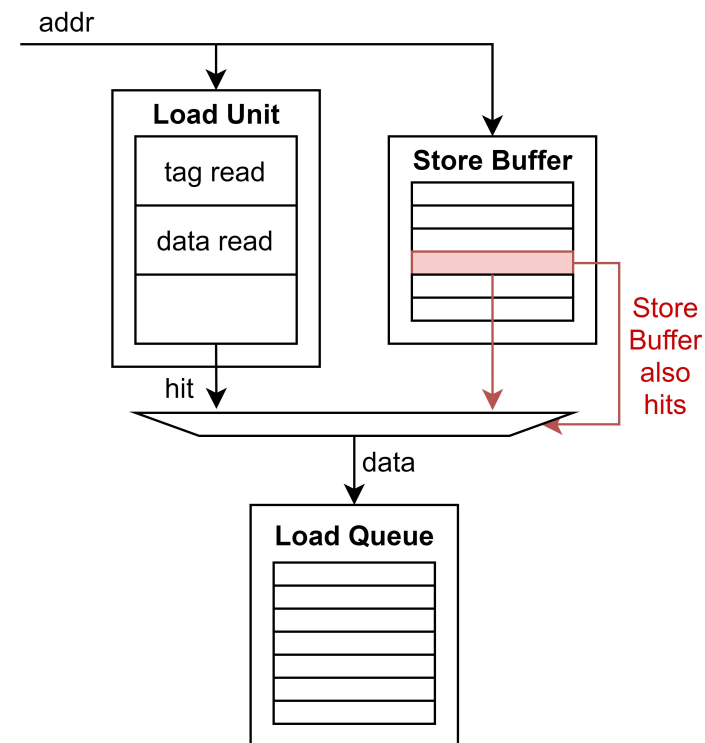


Load 的同步

- 确保前面的 Load 缺失回填一定会被后面的 Load 读到
 - 前面的 Miss 请求在 Miss Queue 中会让后面的 Load 在 Load Queue 中等待数据返回



- 确保前面 Store 一定会被 Load 读到
 - 由 Store Buffer 完成数据前递



并发请求的序列化

- 无死锁

- 每一个请求都对应一个应答
- 每一个应答都能让事务向前推进

➤ Concurrency limits in TileLink Spec 1.8.1*

Acquire

A master should not issue an Acquire if there is a pending Grant on the block. Once the Acquire is issued the master should not issue further Acquires on that block until it receives a Grant.

Grant

A slave should not issue a Grant if there is a pending ProbeAck on the block. Once the Grant is issued, the slave should not issue Probes on that block until it receives a GrantAck.

Release

A master should not issue a Release if there is a pending Grant on the block. Once the Release is issued, the master should not issue ProbeAcks, Acquires, or further Releases until it receives a ReleaseAck from the slave acknowledging completion of the writeback.

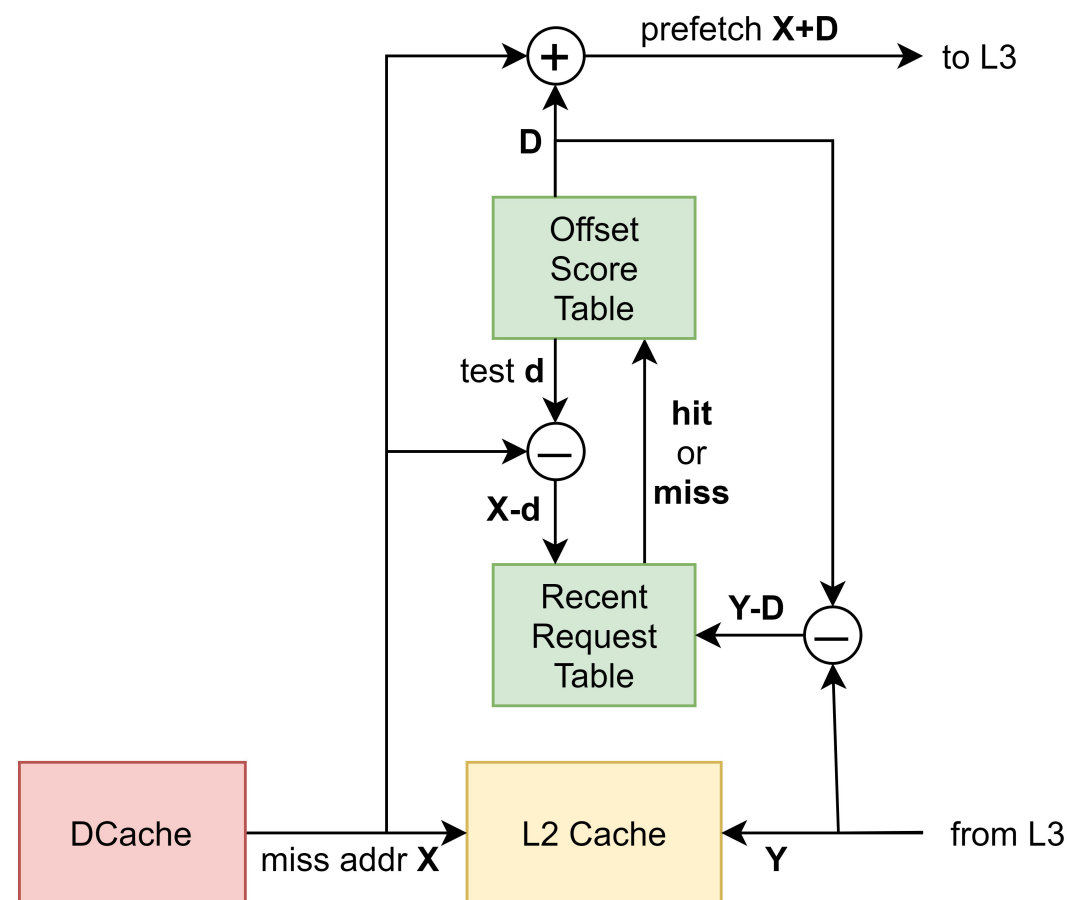
Probe

A slave should not issue a Probe if there is a pending GrantAck on the block. Once the Probe is issued, the slave should not issue further Probes on that block until it receives a ProbeAck.

* https://sifive.cdn.prismic.io/sifive/7bef6f5c-ed3a-4712-866a-1a2e0c6b7b13_tilelink_spec_1.8.1.pdf

Best-offset 预取*

- 基于物理地址预取
- 硬件实现简单
- 预取偏移量动态可变
 $D \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16\}$
- 时效性和覆盖率之间做 tradeoff



* Michaud, Pierre. (2016). Best-offset hardware prefetching. 469-480. 10.1109/HPCA.2016.7446087.

感谢 

北京微核芯科技有限公司
BEIJING VCORE TECHNOLOGY CO., LTD.

提供产业经验、联合完成结构设计及物理设计

招募香山处理器二期联合开发合作伙伴



北京微核芯科技有限公司
BEIJING VCORE TECHNOLOGY CO., LTD.



ESWIN

优矽科技

欢迎更多伙伴加入！

联系人：李迪 13811881360

敬请批评指正！