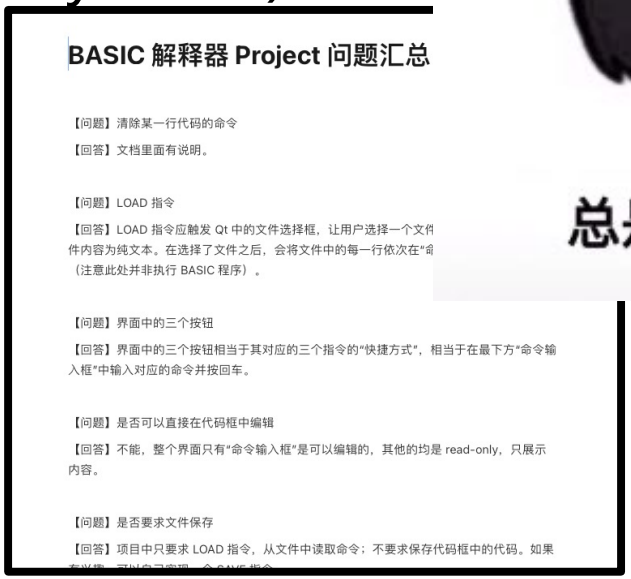
Project 2 LSM-KV:
基于 LSM 树的键值存储系统

Basic 解释器的项目情况

- 增加了图形化
- 增加了一个语法树的输出（Pretty Print）
  - 造成了大量的边界情况
  - ➢ 大量“需求补丁”
  - 为什么要模块化？
  - 为什么要面向对象？
  - 为什么要代码风格？
  - 为什么要写注释？


BASIC 解释器 Project 问题汇总

【问题】清除某一行代码的命令

【回答】文档里面有说明。

【问题】LOAD 指令

【回答】LOAD 指令应触发 Qt 中的文件选择框，让用户选择一个文件
件内容为纯文本。在选择了文件之后，会将文件中的每一行依次在“命
（注意此处并非执行 BASIC 程序）。

【问题】界面中的三个按钮

【回答】界面中的三个按钮相当于其对应的三个指令的“快捷方式”，相当于在最下方“命令输入框”中输入对应的命令并按回车。

【问题】是否可以直接在代码框中编辑

【回答】不能，整个界面只有“命令输入框”是可以编辑的，其他的均是 read-only，只展示内容。

【问题】是否要求文件保存

【回答】项目中只要求 LOAD 指令，从文件中读取命令；不要求保存代码框中的代码。如果

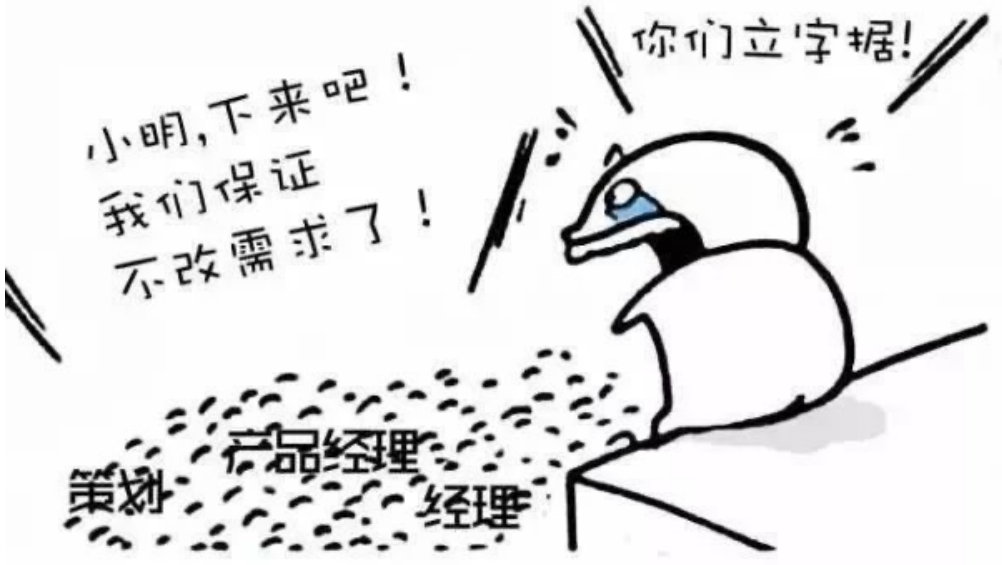
- 原本考虑 LSM-KV 图形化

➢做两个弱弱的图形化不如把其中一个做得更好

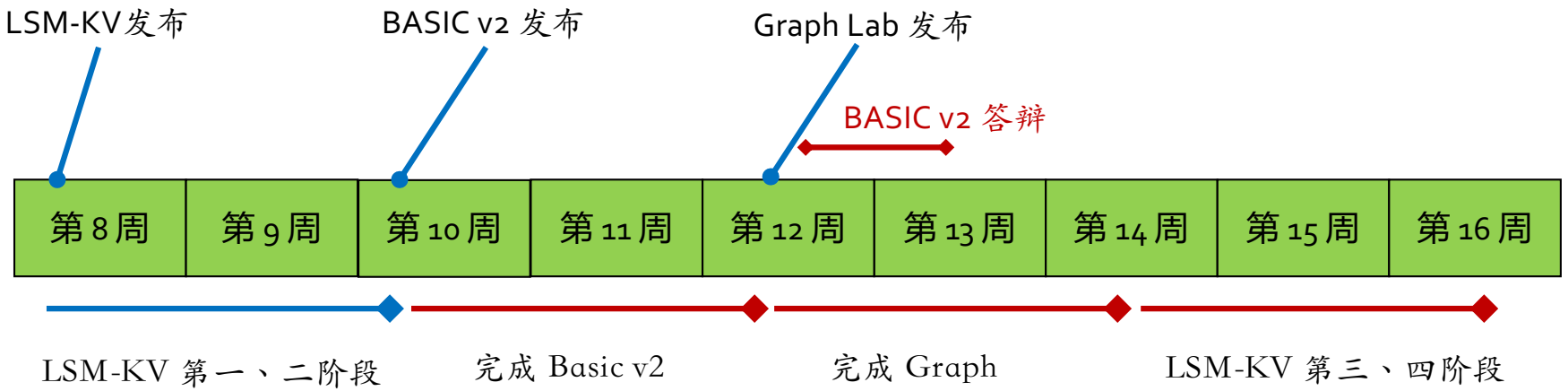
Basic v2

- 明确边界问题
- 提出一些新的功能/修改一些对现有功能的需求
  - 模拟“甲方爸爸”对需求的变更

- 安排答辩
- 分数：
  v1 放松要求占 40%
  v2 占 60%



推荐的完成时间表


LSM-KV发布
BASIC v2 发布
Graph Lab 发布
BASIC v2 答辩
第 8 周
第 9 周
第 10 周
第 11 周
第 12 周
第 13 周
第 14 周
第 15 周
第 16 周
LSM-KV 第一、二阶段
完成 Basic v2
完成 Graph
LSM-KV 第三、四阶段

LSM Tree 键值存储系统

- 基于 Log-Structured Merge Tree (LSM)
- LSM Tree 是 Google 开源项目 LevelDB 和 Facebook 开源项目 RocksDB 的核心数据结构
- 是近年来存储学术会议中的热门话题

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Rocksdb-icon.svg/220px-Rocksdb-icon.svg.png
https://dbdb.io/media/logos/leveldb-horizontal.png.280x250_q85.png

LSM Tree 键值存储系统

基本操作

- PUT(K,V)：设置键K的值为V
- GET(K)：获取键K的值
- SCAN(K1, K2)：获取键在K1~K2之间的所有键值对（使用迭代器）
- DELETE(K)：删除键K和其值

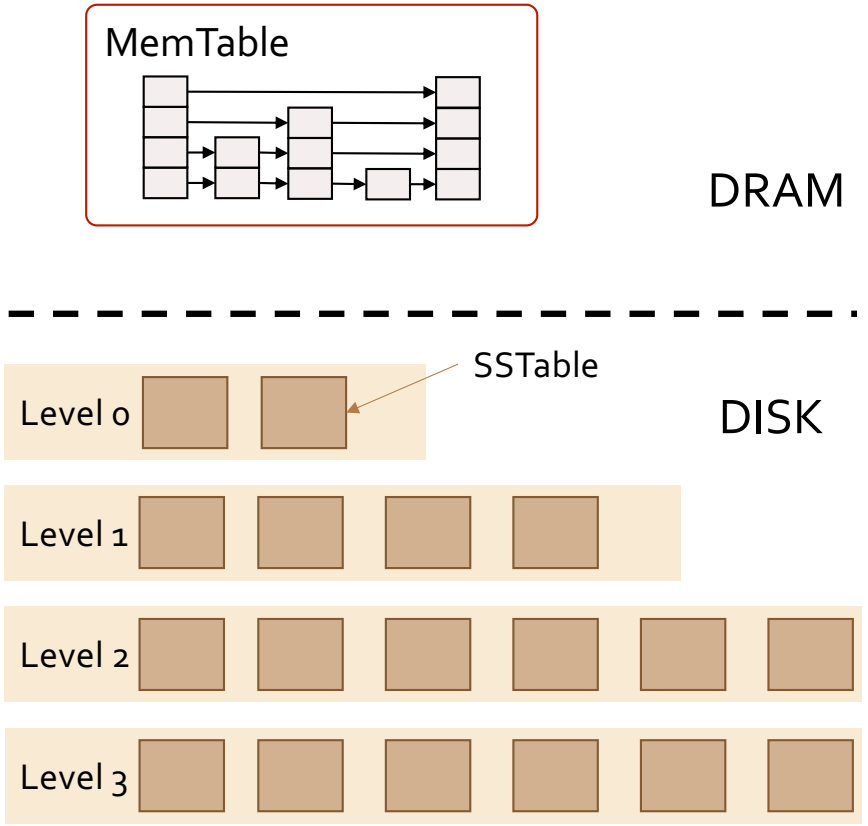
LSM Tree 基本结构

内存存储 MemTable

- 常用的是跳表（skip-list）
- 新写入的数据均被保存在 MemTable 中

磁盘存储 SSTable

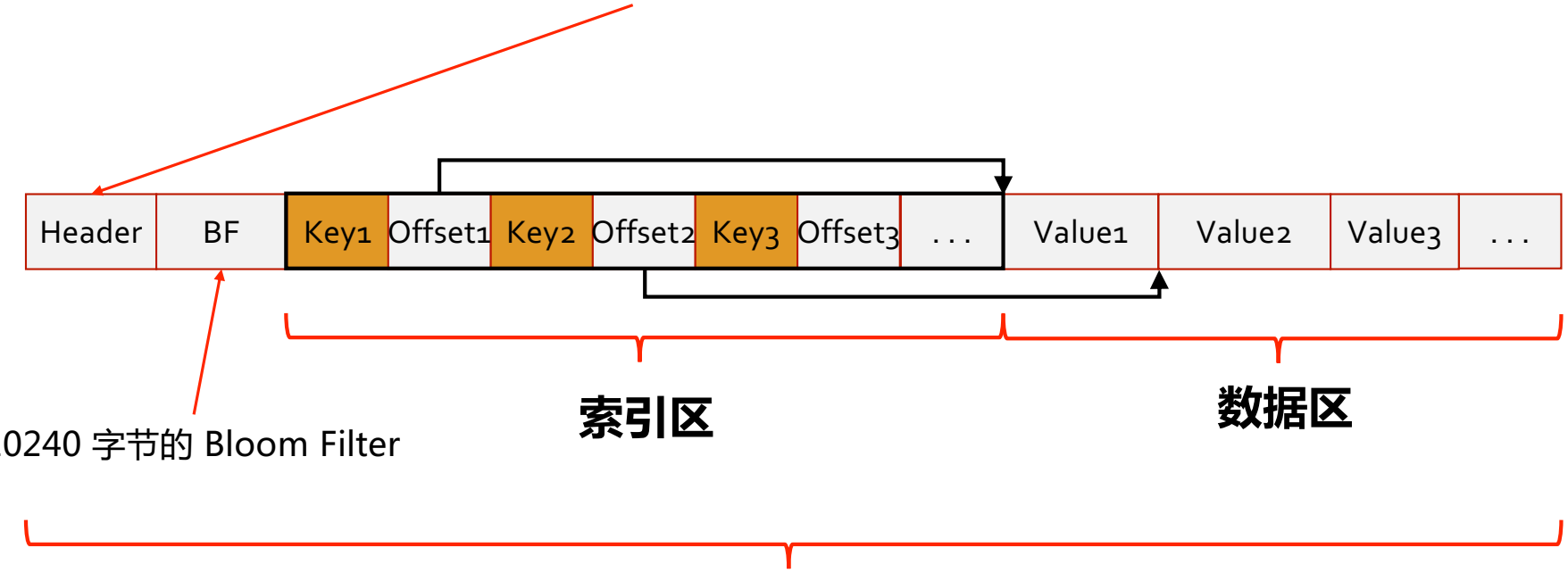
- 分层保存持久化数据
- 每层有多个固定大小的**只读**文件（SSTable）
- 每个文件中保存的 key 是**有序**的
- 越下层文件数量越多，比例是预设的
- 除第 0 层外，同一层中文件保存的 key 区间不相交



SSTable: Sorted Strings Table

SSTable 存储格式

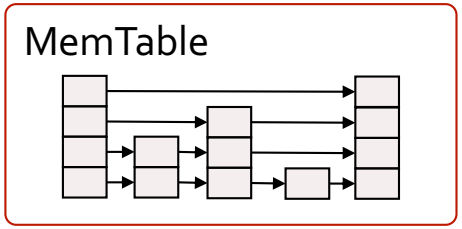
32字节的头部，包括：SSTable的时间戳，键值对的数量，键最小值和最大值



PUT(K, V)

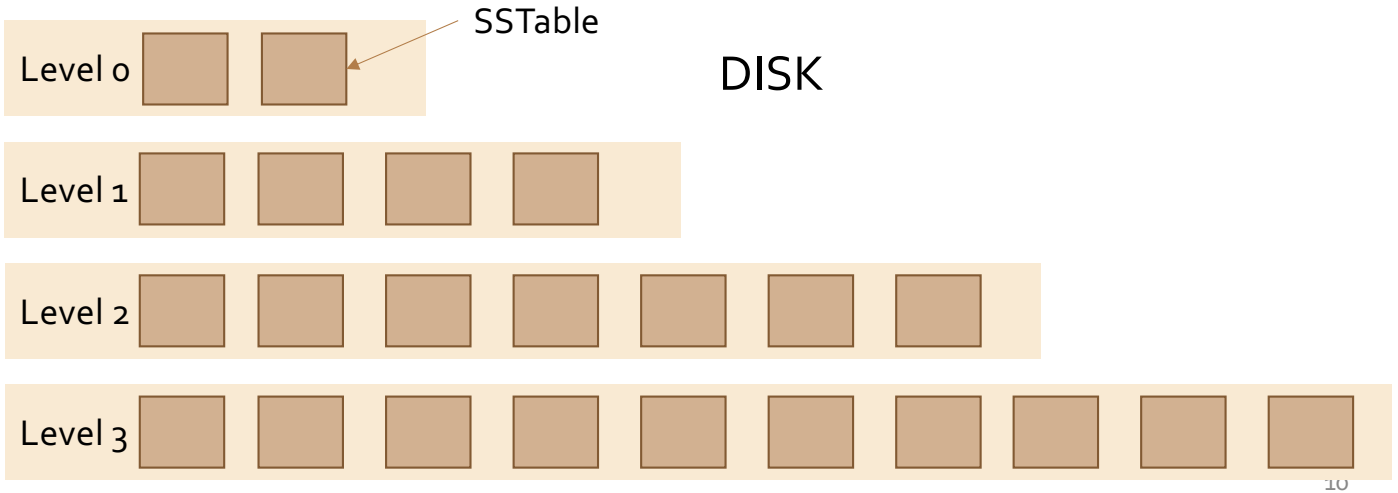
1. 在 MemTable 中插入和覆盖
2. 数据量达到阈值，触发 Compaction

PUT(K, V)

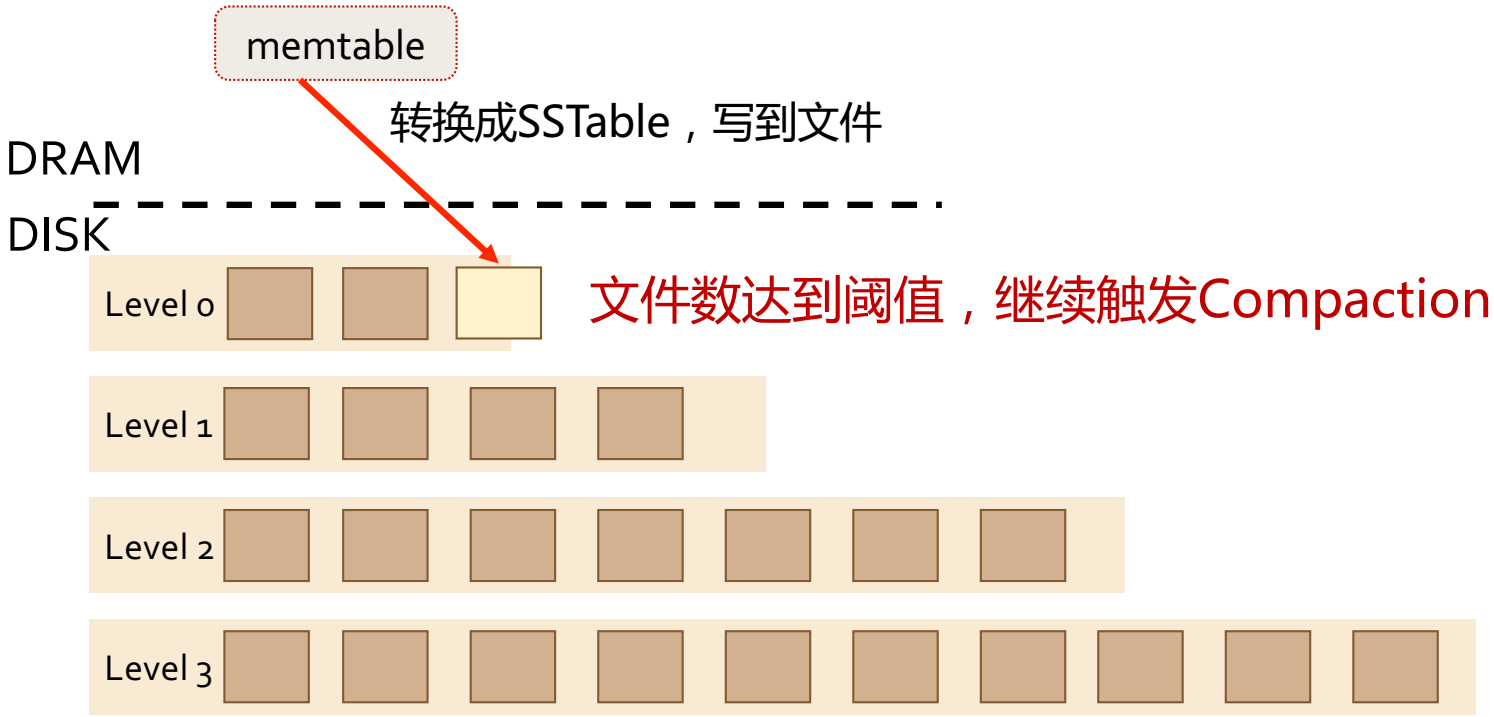


DRAM

DISK



Compaction

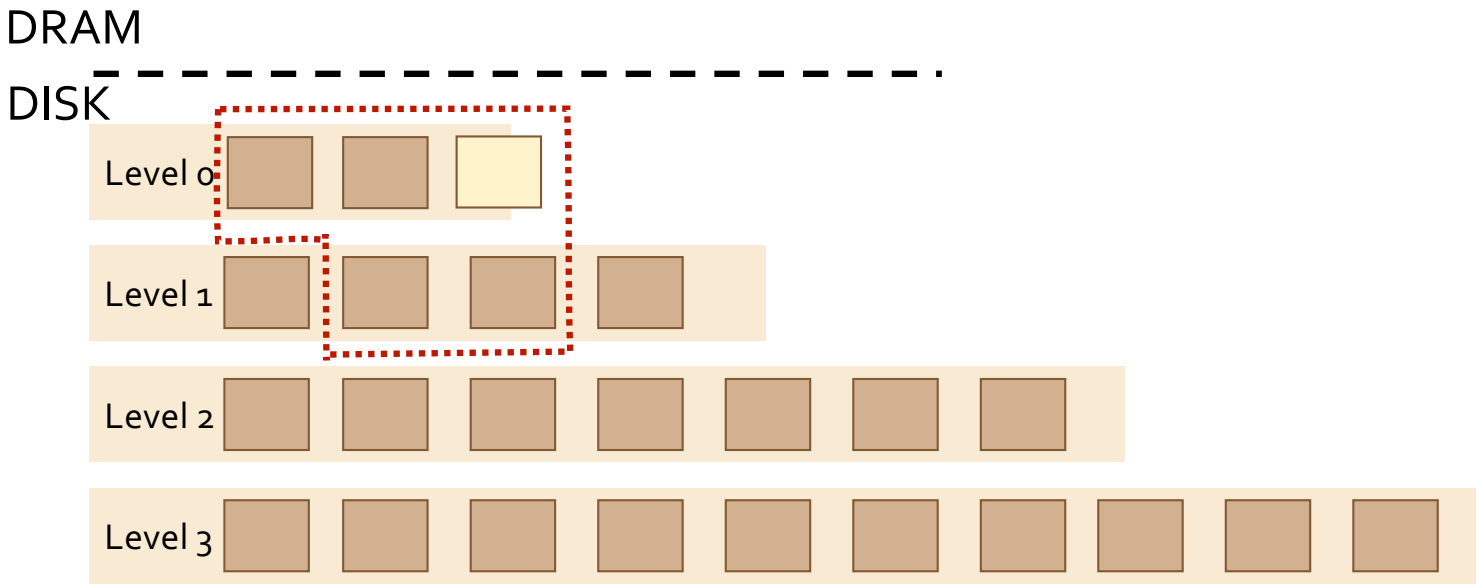

memtable
转换成SSTable，写到文件
DRAM
DISK
Level 0
文件数达到阈值，继续触发Compaction
Level 1
Level 2
Level 3

Compaction

1. 先统计 Level 0 层中所有 SSTable 所覆盖的键的区间
然后在 Level 1 层中找到与此区间有交集的所有 SSTable 文件。

memtable

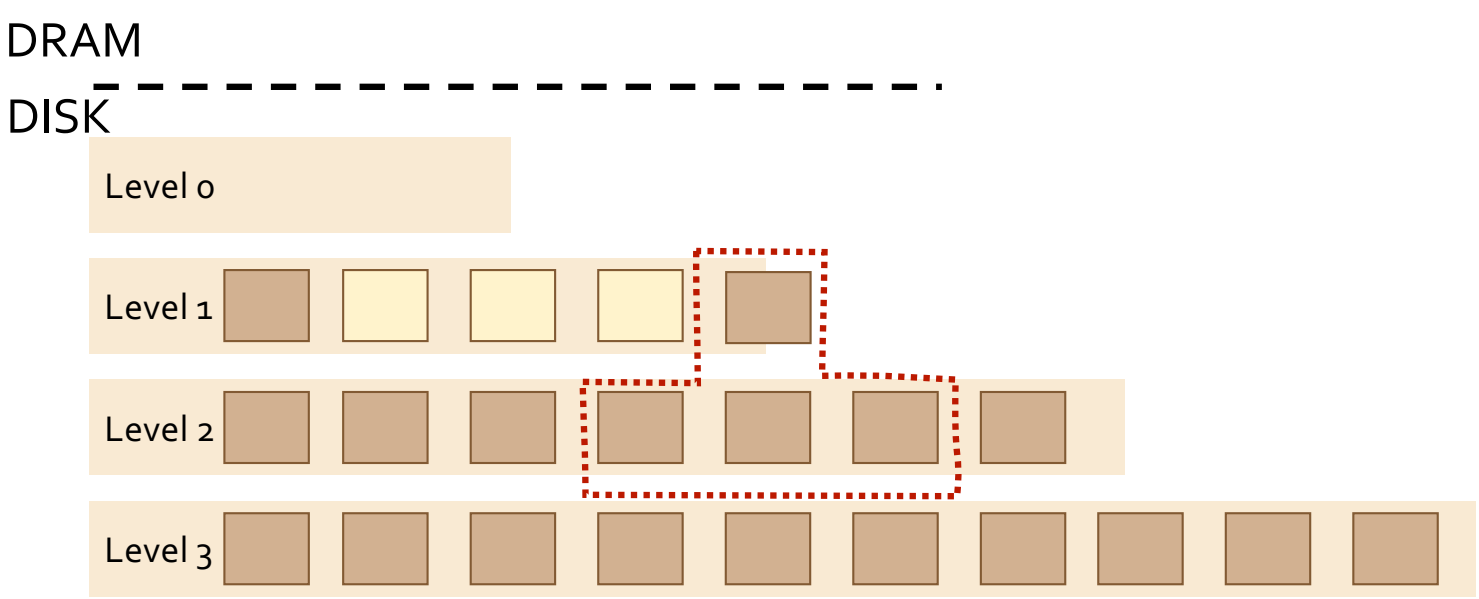
2. 将涉及到的文件读到内存，进行归并排序，
并生成SSTable文件写回下一层（Level 1）



Compaction

memtable

2. 若下一层依然超出阈值，选取文件，继续向更下一层做compaction

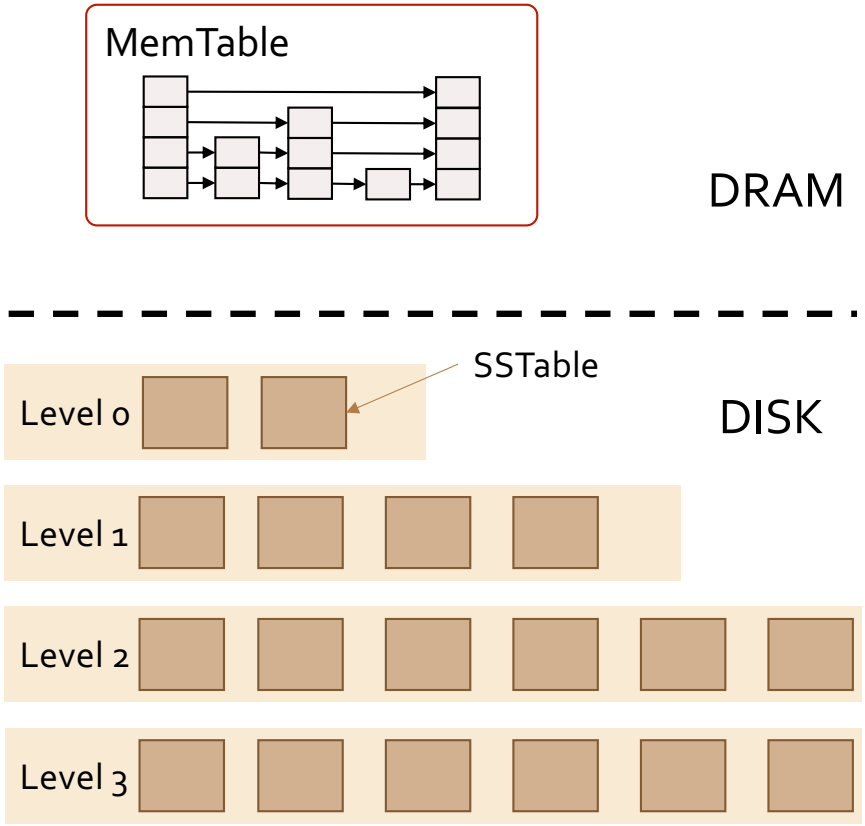


DELETE(K)

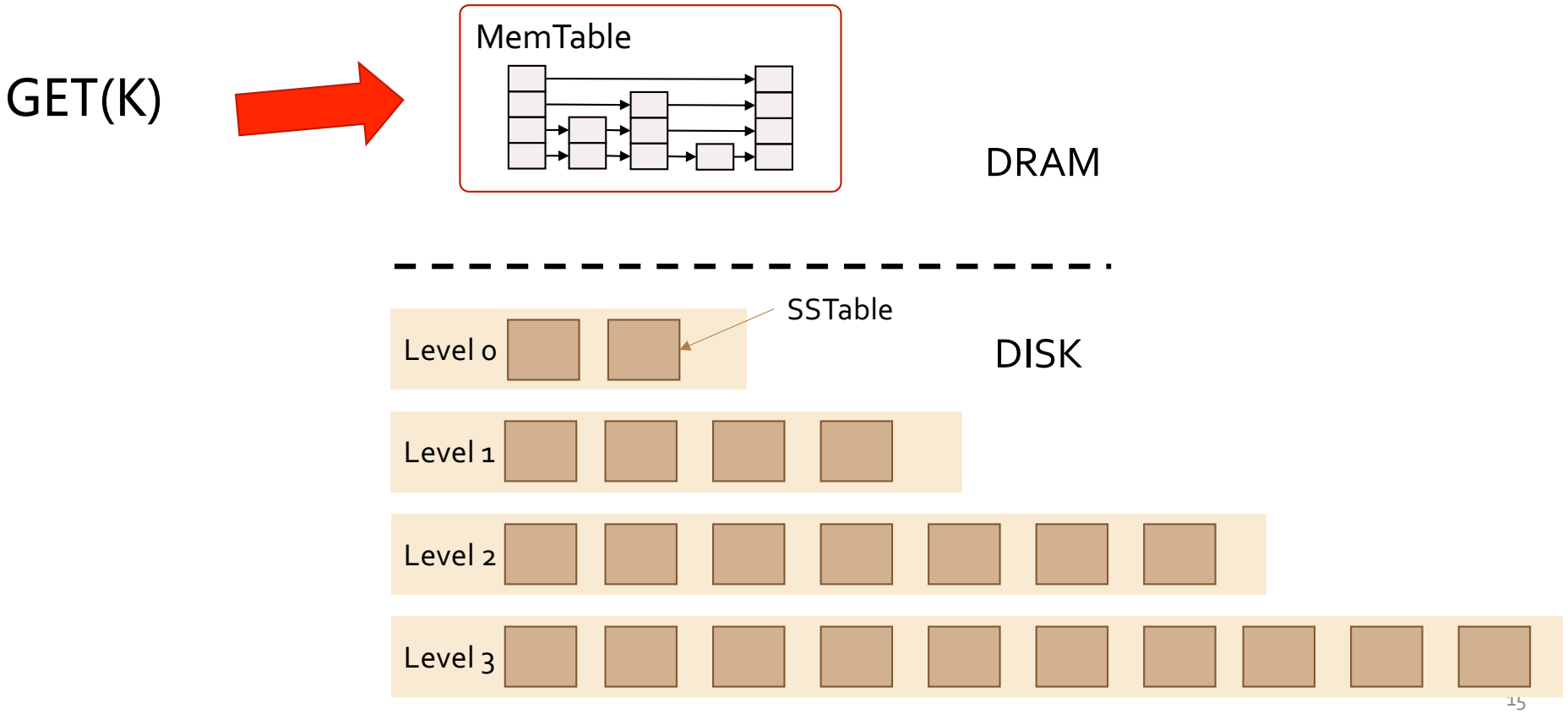
1. 删除 MemTable 中的对应键值对
2. 插入一个特殊的键值，标记 Key 被删除

该标记同样会被 Compaction，

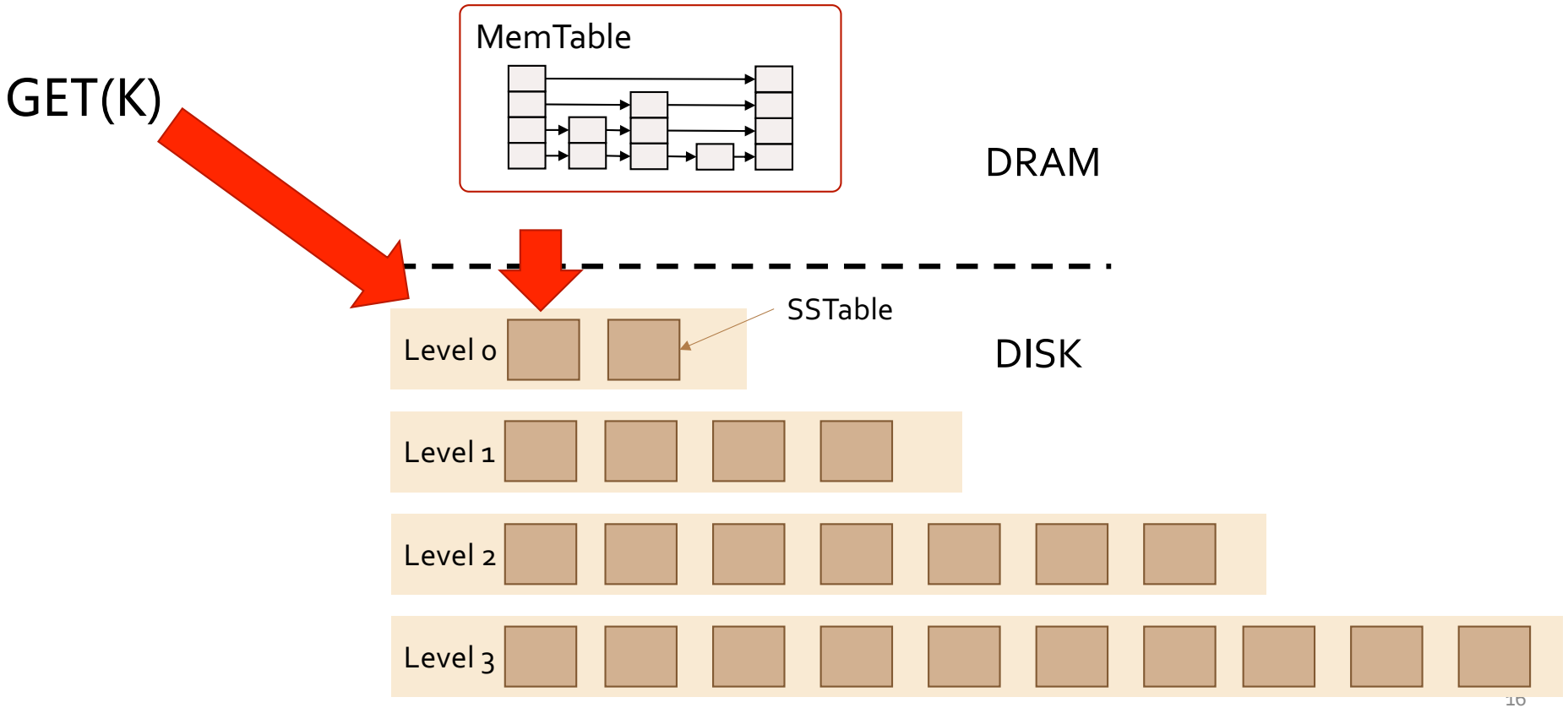
直到最后一层才可以被删除



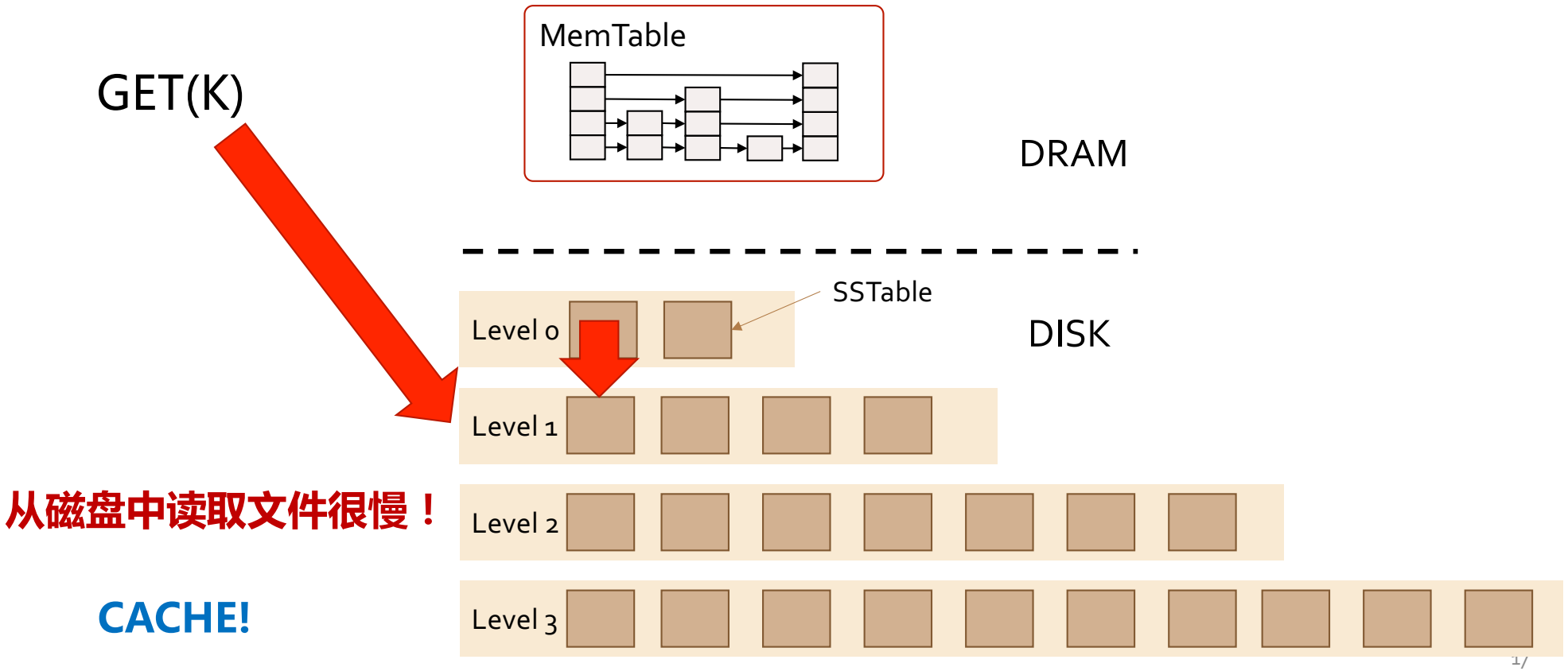
GET(K)


GET(K)
MemTable
DRAM
SSTable
Level 0
DISK
Level 1
Level 2
Level 3

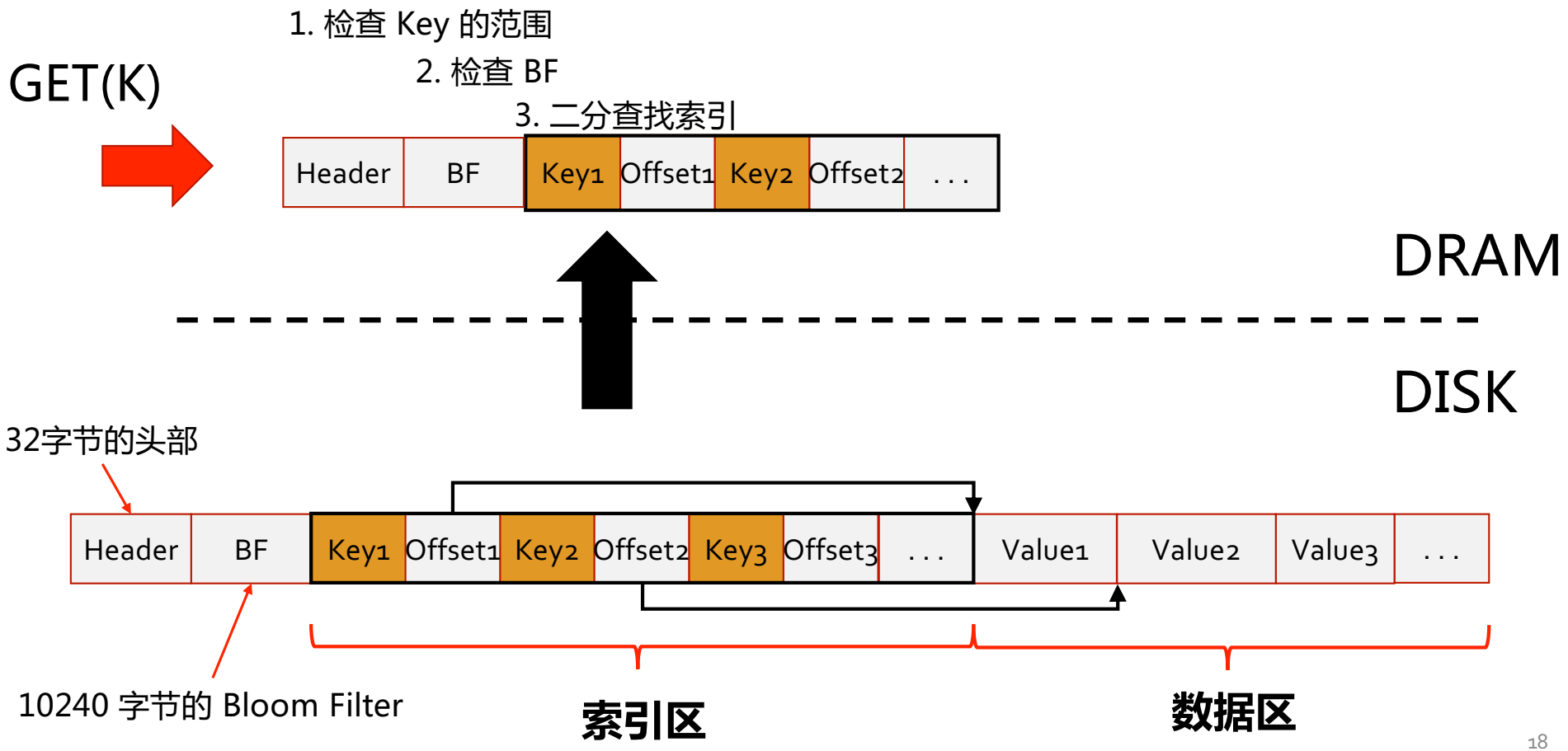
GET(K)


GET(K)
MemTable
DRAM
SSTable
DISK
Level 0
Level 1
Level 2
Level 3

GET(K)


GET(K)
MemTable
DRAM
SSTable
DISK
Level 0
Level 1
Level 2
Level 3
从磁盘中读取文件很慢！
CACHE!

优化：将索引缓存在DRAM中



启动与 Reset 操作

- LSM-KV 在启动时，会检查是否有此前保存下来的 SSTable 文件
- 并读取其中的内容

- 在 reset() 操作被调用时，会清空所有数据
- 在正常退出时，需将 MemTable 中的内容写成 SSTable

代码

- 给出了接口和部分测试代码（正确性测试，和持久化测试）
  - 请查看 README.md 文件，结合PDF文档
  - 请**不要使用绝对路径**，比如”C:/project1/”,”/home/student/proj1”
  - 不要使用 windows/linux 特定的函数和方法
  - 持久化测试可能需要 10G+ 硬盘大小，只要你确定自己没“耍花招”，可以修改其代码，将测试量变小。（我们测试时会使用新的测试）
- 性能测试和瓶颈分析
  - 熟悉软件测试方法和性能瓶颈分析
  - 测试目的：
    - 延迟：表现系统性能
    - 吞吐量：表现系统性能，并表现出 compaction 对性能的影响
  - 根据提供的 LaTeX 模板撰写报告

其他资料

- 请使用 c++14 标准

- 跨平台的文件操作相关函数已经在 utils.h 中给出
  - 主要用于创建/删除目录/删除文件/扫描文件等

- 二进制文件的访问
  - ostream & write(char* buffer, int count);
  - istream & read(char* buffer, int count);
  - 可参考 http://c.biancheng.net/view/302.html
    https://zh.cppreference.com/w/cpp/io/basic_ifstream
    https://zh.cppreference.com/w/cpp/io/basic_ofstream

LSM Tree 键值存储系统

可选的优化方向和方法

- 方向
  - 提升合并速度
  - 提升读写性能
  - 减少写放大
  - 提升可靠性
- 方法
  - 增加 write-ahead-log：保证写到MemTable的数据不会丢失
  - …