

Redis 过期删除策略和内存淘汰策略有什么区别？ | 小林coding | Java面试学习

 xiaolincoding.com/redis/module/strategy.html

小林coding

Redis 过期删除策略和内存淘汰策略有什么区别？

大家好，我是小林。

Redis 的「内存淘汰策略」和「过期删除策略」，很多小伙伴容易混淆，这两个机制虽然都是做删除的操作，但是触发的条件和使用的策略都是不同的。

今天跟大家理一理，「内存淘汰策略」和「过期删除策略」。

发车！



过期删除策略

Redis 是对 key 设置过期时间的，因此需要有相应的机制将已过期的键值对删除，而做这个工作的就是过期键值删除策略。

如何设置过期时间？

先说一下对 key 设置过期时间的命令。设置 key 过期时间的命令一共有 4 个：

- `expire <key> <n>`：设置 key 在 n 秒后过期，比如 `expire key 100` 表示设置 key 在 100 秒后过期；
- `pexpire <key> <n>`：设置 key 在 n 毫秒后过期，比如 `pexpire key2 100000` 表示设置 key2 在 100000 毫秒（100 秒）后过期。

- `expireat <key> <n>` : 设置 key 在某个时间戳（精确到秒）之后过期，比如 `expireat key3 1655654400` 表示 key3 在时间戳 1655654400 后过期（精确到秒）；
- `pexpireat <key> <n>` : 设置 key 在某个时间戳（精确到毫秒）之后过期，比如 `pexpireat key4 1655654400000` 表示 key4 在时间戳 1655654400000 后过期（精确到毫秒）

当然，在设置字符串时，也可以同时对 key 设置过期时间，共有 3 种命令：

- `set <key> <value> ex <n>` : 设置键值对的时候，同时指定过期时间（精确到秒）；
- `set <key> <value> px <n>` : 设置键值对的时候，同时指定过期时间（精确到毫秒）；
- `setex <key> <n> <value>` : 设置键值对的时候，同时指定过期时间（精确到秒）。

如果你想查看某个 key 剩余的存活时间，可以使用 `TTL <key>` 命令。

```
# 设置键值对的时候，同时指定过期时间位 60 秒
> setex key1 60 value1
OK
```

```
# 查看 key1 过期时间还剩多少
> ttl key1
(integer) 56
> ttl key1
(integer) 52
```

如果突然反悔，取消 key 的过期时间，则可以使用 `PERSIST <key>` 命令。

```
# 取消 key1 的过期时间
> persist key1
(integer) 1

# 使用完 persist 命令之后，
# 查下 key1 的存活时间结果是 -1，表明 key1 永不过期
> ttl key1
(integer) -1
```

如何判定 key 已过期了？

每当我们对一个 key 设置了过期时间时，Redis 会把该 key 带上过期时间存储到一个**过期字典**（expires dict）中，也就是说「过期字典」保存了数据库中所有 key 的过期时间。

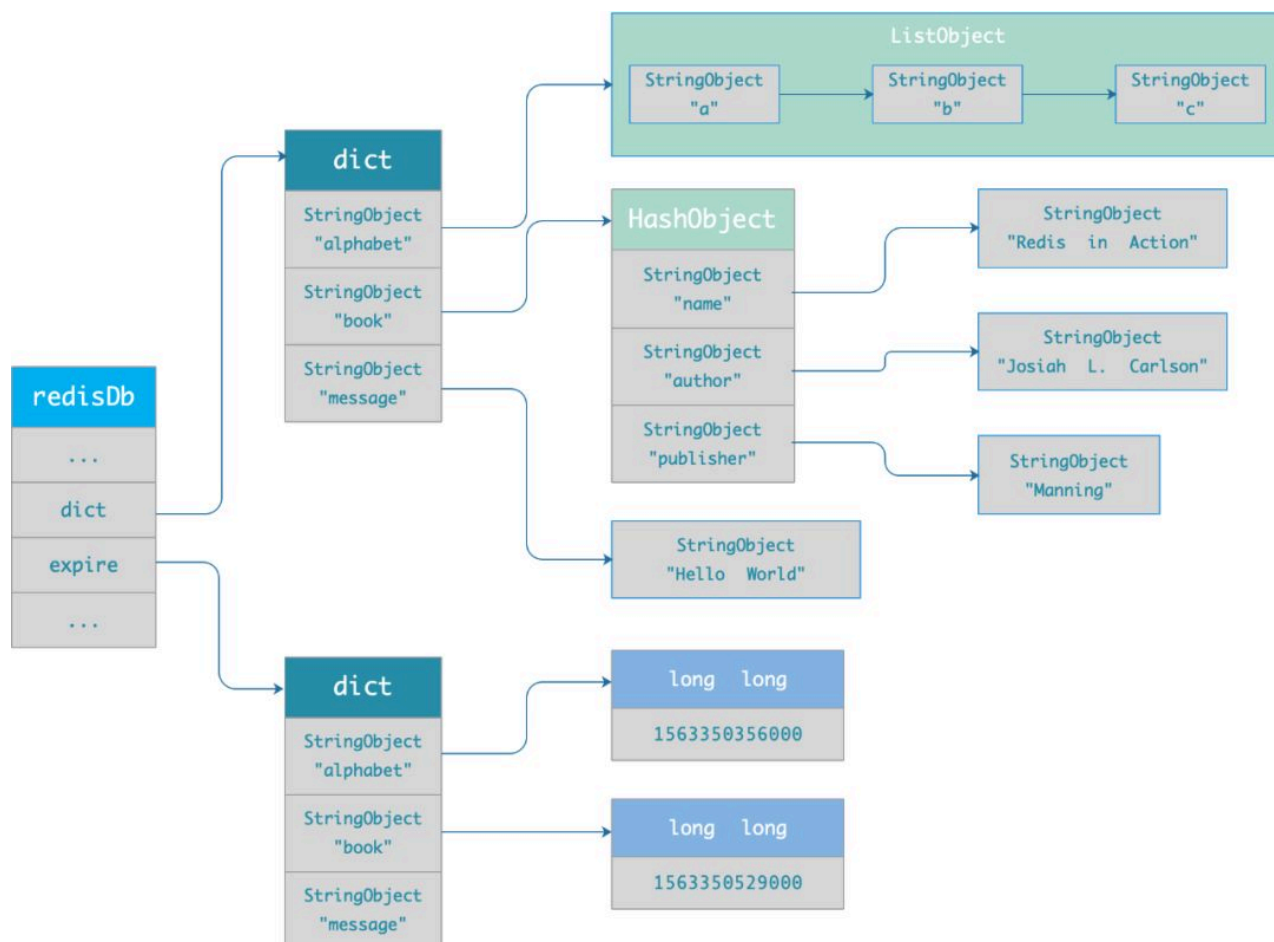
过期字典存储在 redisDb 结构中，如下：

```
typedef struct redisDb {
    dict *dict; /* 数据库键空间，存放着所有的键值对 */
    dict *expires; /* 键的过期时间 */
    ....
} redisDb;
```

过期字典数据结构结构如下：

- 过期字典的 key 是一个指针，指向某个键对象；
- 过期字典的 value 是一个 long long 类型的整数，这个整数保存了 key 的过期时间；

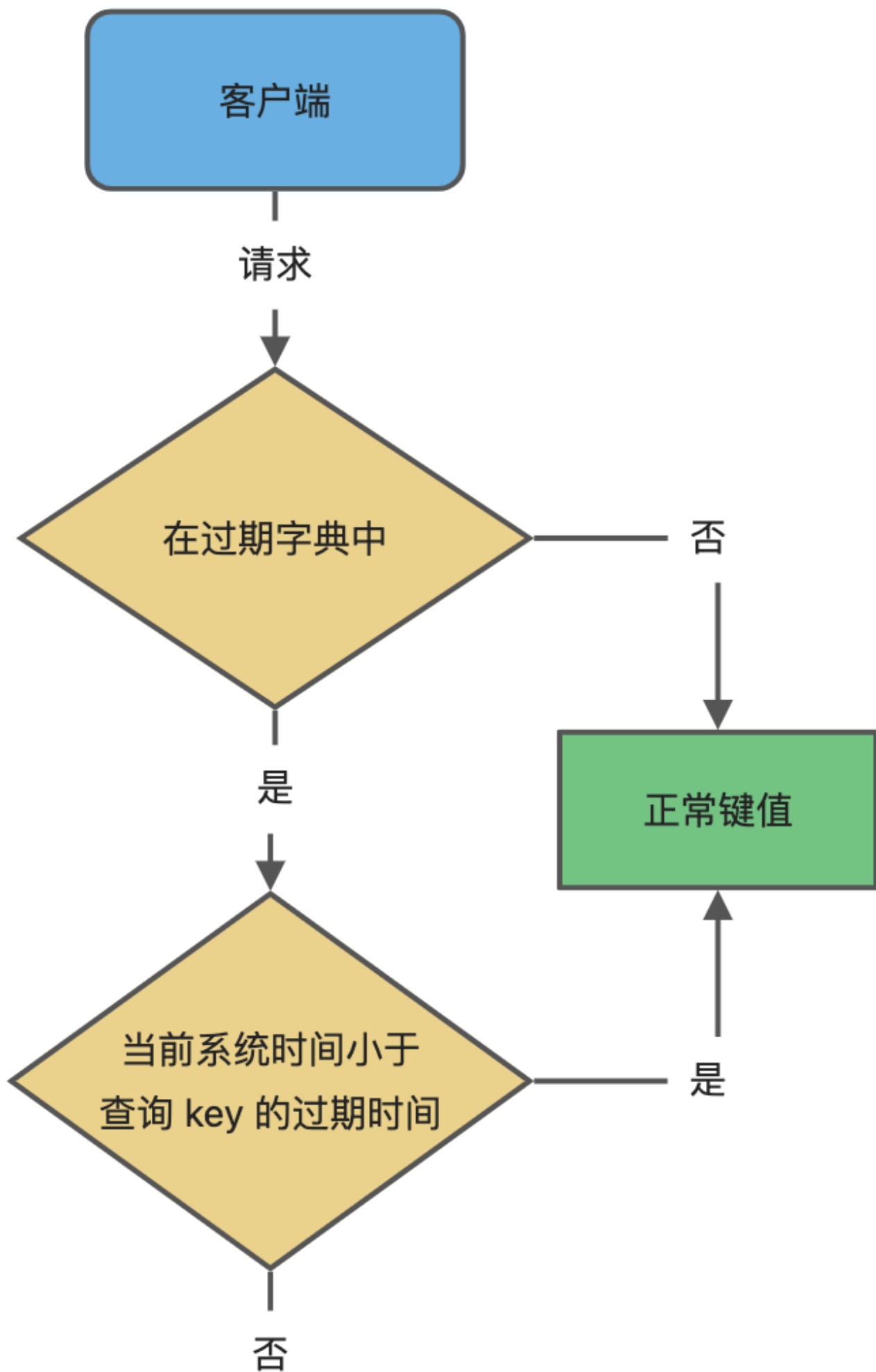
过期字典的数据结构如下图所示：

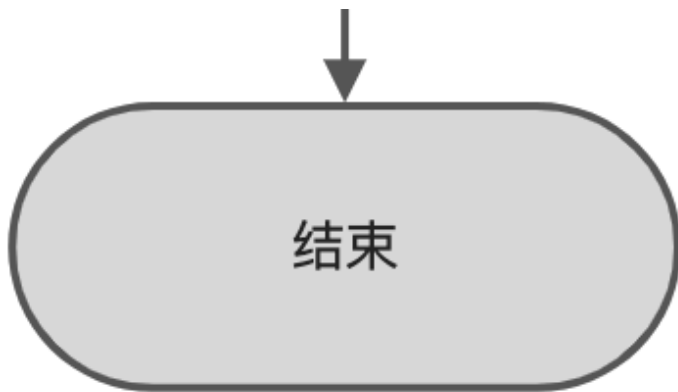


字典实际上是哈希表，哈希表的最大好处就是让我们可以用 $O(1)$ 的时间复杂度来快速查找。当我们查询一个 key 时，Redis 首先检查该 key 是否存在于过期字典中：

- 如果不在，则正常读取键值；
- 如果存在，则会获取该 key 的过期时间，然后与当前系统时间进行比对，如果比系统时间大，那就没有过期，否则判定该 key 已过期。

过期键判断流程如下图所示：





过期删除策略有哪些？

在说 Redis 过期删除策略之前，先跟大家介绍下，常见的三种过期删除策略：

- 定时删除；
- 惰性删除；
- 定期删除；

接下来，分别分析它们的优缺点。

定时删除策略是怎么样的？

定时删除策略的做法是，在设置 **key** 的过期时间时，同时创建一个定时事件，当时间到达时，由事件处理器自动执行 **key** 的删除操作。

定时删除策略的优点：

可以保证过期 **key** 会被尽快删除，也就是内存可以被尽快地释放。因此，定时删除对内存是最友好的。

定时删除策略的缺点：

在过期 **key** 比较多的情况下，删除过期 **key** 可能会占用相当一部分 CPU 时间，在内存不紧张但 CPU 时间紧张的情况下，将 CPU 时间用于删除和当前任务无关的过期键上，无疑会对服务器的响应时间和吞吐量造成影响。所以，定时删除策略对 CPU 不友好。

惰性删除策略是怎么样的？

惰性删除策略的做法是，不主动删除过期键，每次从数据库访问 **key** 时，都检测 **key** 是否过期，如果过期则删除该 **key**。

惰性删除策略的优点：

因为每次访问时，才会检查 **key** 是否过期，所以此策略只会使用很少的系统资源，因此，惰性删除策略对 CPU 时间最友好。

惰性删除策略的缺点：

如果一个 key 已经过期，而这个 key 又仍然保留在数据库中，那么只要这个过期 key 一直没有被访问，它所占用的内存就不会释放，造成了一定的内存空间浪费。所以，惰性删除策略对内存不友好。

定期删除策略是怎么样的？

定期删除策略的做法是，每隔一段时间「随机」从数据库中取出一定数量的 key 进行检查，并删除其中的过期key。

定期删除策略的优点：

通过限制删除操作执行的时长和频率，来减少删除操作对 CPU 的影响，同时也能删除一部分过期的数据减少了过期键对空间的无效占用。

定期删除策略的缺点：

- 内存清理方面没有定时删除效果好，同时没有惰性删除使用的系统资源少。
- 难以确定删除操作执行的时长和频率。如果执行的太频繁，定期删除策略变得和定时删除策略一样，对CPU不友好；如果执行的太少，那又和惰性删除一样了，过期 key 占用的内存不会及时得到释放。

Redis 过期删除策略是什么？

前面介绍了三种过期删除策略，每一种都有优缺点，仅使用某一个策略都不能满足实际需求。

所以，Redis 选择「惰性删除+定期删除」这两种策略配和使用，以求在合理使用 CPU 时间和避免内存浪费之间取得平衡。

Redis 是怎么实现惰性删除的？

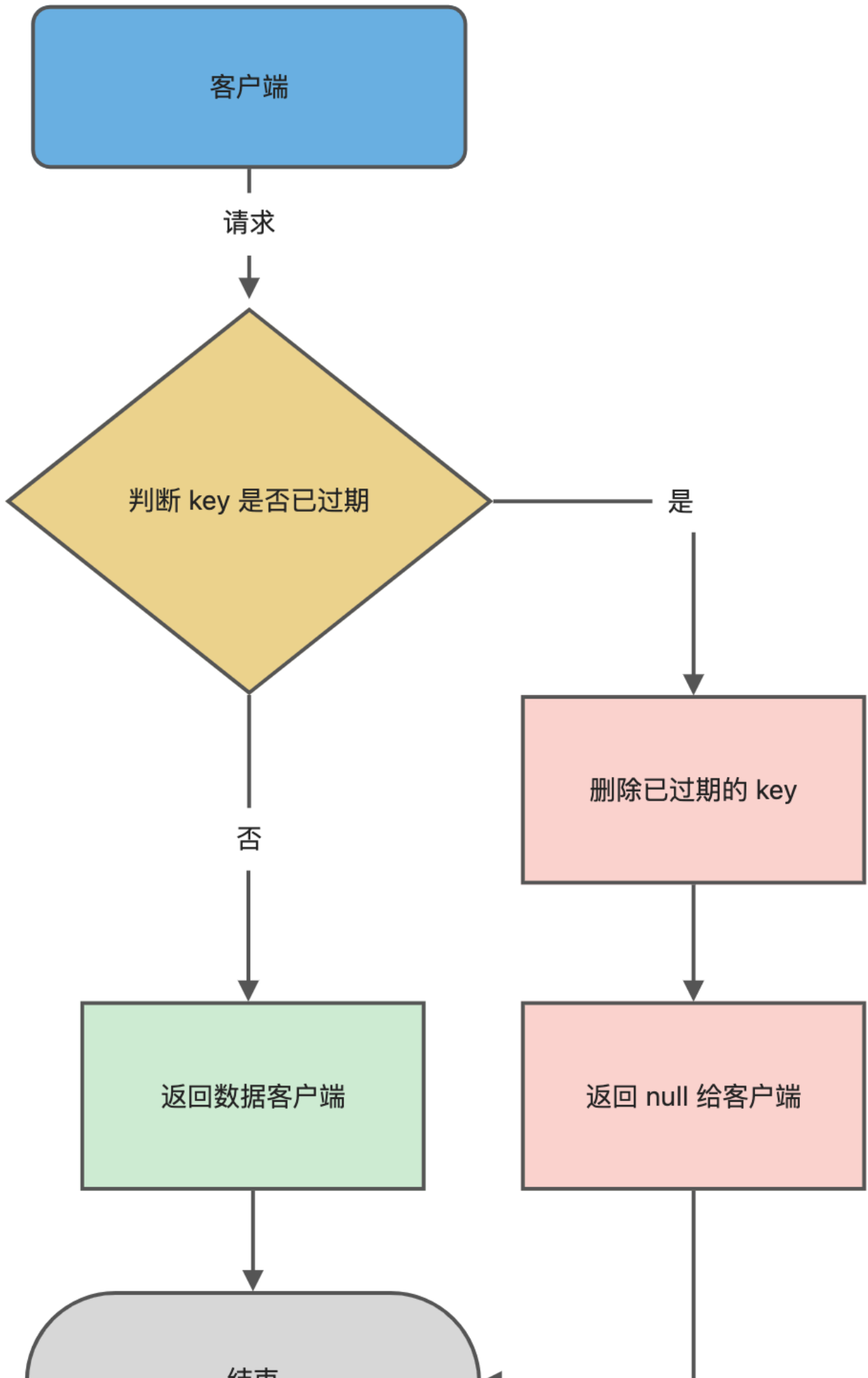
Redis 的惰性删除策略由 db.c 文件中的 `expireIfNeeded` 函数实现，代码如下：

```
int expireIfNeeded(redisDb *db, robj *key) {
    // 判断 key 是否过期
    if (!keyIsExpired(db, key)) return 0;
    ....
    /* 删除过期键 */
    ....
    // 如果 server.lazyfree_lazy_expire 为 1 表示异步删除，反之同步删除；
    return server.lazyfree_lazy_expire ? dbAsyncDelete(db, key) :
                                         dbSyncDelete(db, key);
}
```

Redis 在访问或者修改 key 之前，都会调用 `expireIfNeeded` 函数对其进行检查，检查 key 是否过期：

- 如果过期，则删除该 key，至于选择异步删除，还是选择同步删除，根据 `lazyfree_lazy_expire` 参数配置决定（Redis 4.0版本开始提供参数），然后返回 null 客户端；
- 如果没有过期，不做任何处理，然后返回正常的键值对给客户端；

惰性删除的流程图如下：





Redis 是怎么实现定期删除的？

再回忆一下，定期删除策略的做法：**每隔一段时间「随机」从数据库中取出一定数量的 key 进行检查，并删除其中的过期key。**

1、这个间隔检查的时间是多长呢？

在 Redis 中，默认每秒进行 10 次过期检查一次数据库，此配置可通过 Redis 的配置文件 `redis.conf` 进行配置，配置键为 `hz` 它的默认值是 `hz 10`。

特别强调下，每次检查数据库并不是遍历过期字典中的所有 key，而是从数据库中随机抽取一定数量的 key 进行过期检查。

2、随机抽查的数量是多少呢？

我查了下源码，定期删除的实现在 `expire.c` 文件下的 `activeExpireCycle` 函数中，其中随机抽查的数量由 `ACTIVE_EXPIRE_CYCLE_LOOKUPS_PER_LOOP` 定义的，它是写死在代码中的，数值是 20。

也就是说，数据库每轮抽查时，会随机选择 20 个 key 判断是否过期。

接下来，详细说说 Redis 的定期删除的流程：

1. 从过期字典中随机抽取 20 个 key；
2. 检查这 20 个 key 是否过期，并删除已过期的 key；
3. 如果本轮检查的已过期 key 的数量，超过 5 个（20/4），也就是「已过期 key 的数量」占比「随机抽取 key 的数量」大于 25%，则继续重复步骤 1；如果已过期的 key 比例小于 25%，则停止继续删除过期 key，然后等待下一轮再检查。

可以看到，定期删除是一个循环的流程。

那 Redis 为了保证定期删除不会出现循环过度，导致线程卡死现象，为此增加了定期删除循环流程的时间上限，默认不会超过 25ms。

针对定期删除的流程，我写了个伪代码：

```

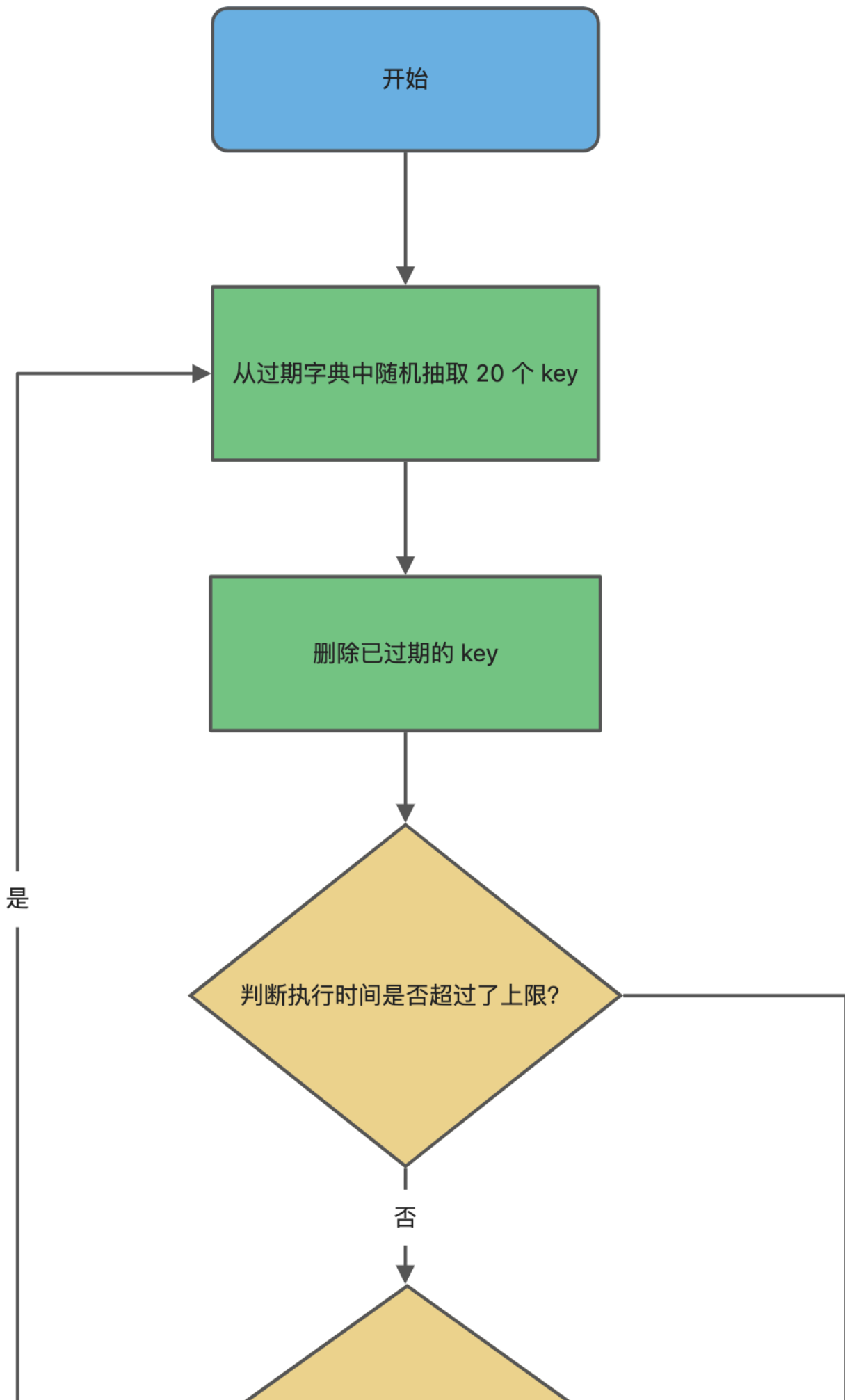
do {
    //已过期的数量
    expired = 0;
    //随机抽取的数量
    num = 20;
    while (num-->0) {
        //1. 从过期字典中随机抽取 1 个 key
        //2. 判断该 key 是否过期，如果已过期则进行删除，同时对 expired++
    }

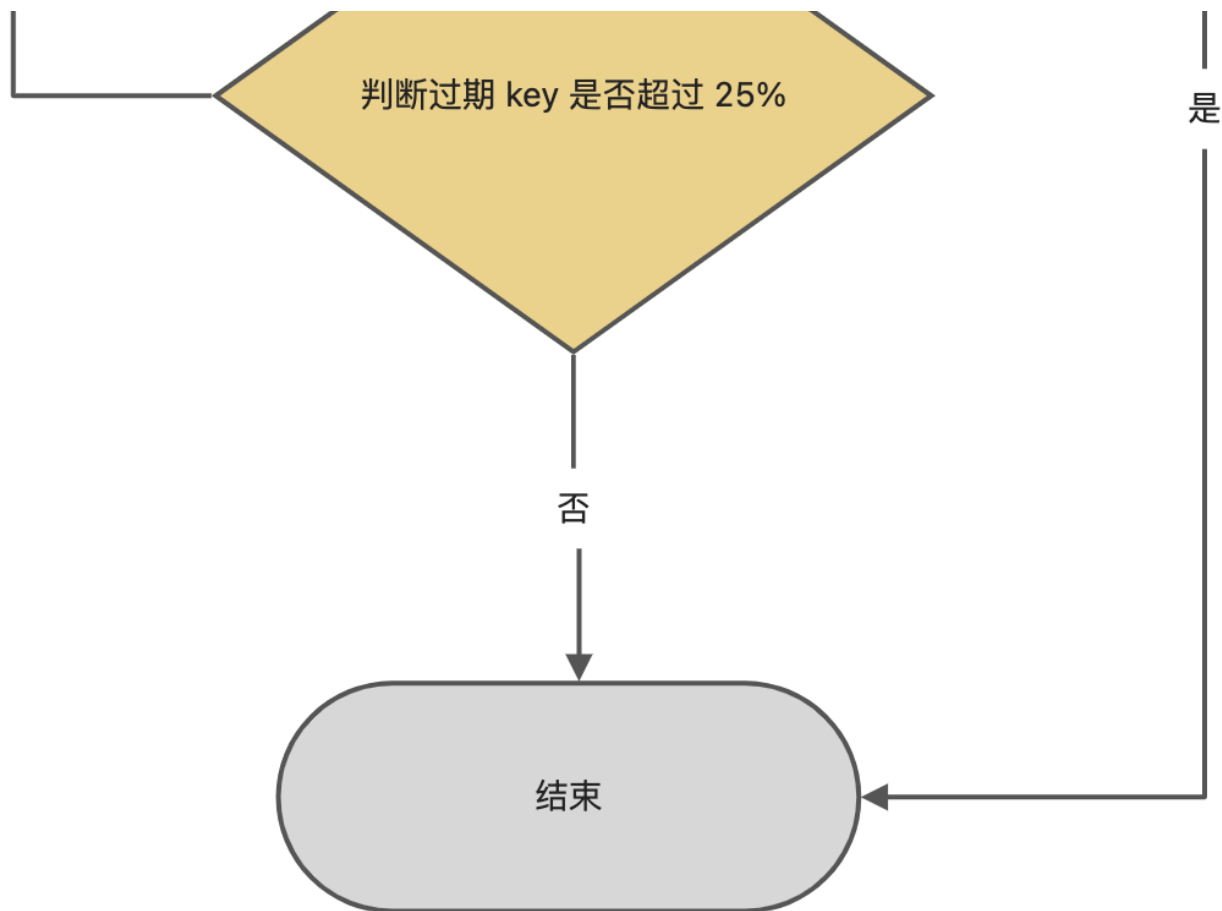
    // 超过时间限制则退出
    if (timelimit_exit) return;

    /* 如果本轮检查的已过期 key 的数量，超过 25%，则继续随机抽查，否则退出本轮检查 */
} while (expired > 20/4);

```

定期删除的流程如下：





内存淘汰策略

前面说的过期删除策略，是删除已过期的 key，而当 Redis 的运行内存已经超过 Redis 设置的最大内存之后，则会使用内存淘汰策略删除符合条件的 key，以此来保障 Redis 高效的运行。

如何设置 Redis 最大运行内存？

在配置文件 `redis.conf` 中，可以通过参数 `maxmemory <bytes>` 来设定最大运行内存，只有在 Redis 的运行内存达到了我们设置的最大运行内存，才会触发内存淘汰策略。不同位数的操作系统，`maxmemory` 的默认值是不同的：

- 在 64 位操作系统中，`maxmemory` 的默认值是 0，表示没有内存大小限制，那么不管用户存放多少数据到 Redis 中，Redis 也不会对可用内存进行检查，直到 Redis 实例因内存不足而崩溃也无作为。
- 在 32 位操作系统中，`maxmemory` 的默认值是 3G，因为 32 位的机器最大只支持 4GB 的内存，而系统本身就需要一定的内存资源来支持运行，所以 32 位操作系统限制最大 3 GB 的可用内存是非常合理的，这样可以避免因为内存不足而导致 Redis 实例崩溃。

Redis 内存淘汰策略有哪些？

Redis 内存淘汰策略共有八种，这八种策略大体分为「不进行数据淘汰」和「进行数据淘汰」两类策略。

1、不进行数据淘汰的策略

noeviction (Redis3.0之后，默认的内存淘汰策略)：它表示当运行内存超过最大设置内存时，不淘汰任何数据，这时如果有新的数据写入，会报错通知禁止写入，不淘汰任何数据，但是如果没用数据写入的话，只是单纯的查询或者删除操作的话，还是可以正常工作。

2、进行数据淘汰的策略

针对「进行数据淘汰」这一类策略，又可以细分为「在设置了过期时间的数据中进行淘汰」和「在所有数据范围内进行淘汰」这两类策略。

在设置了过期时间的数据中进行淘汰：

- **volatile-random**：随机淘汰设置了过期时间的任意键值；
- **volatile-ttl**：优先淘汰更早过期的键值。
- **volatile-lru** (Redis3.0 之前，默认的内存淘汰策略)：淘汰所有设置了过期时间的键值中，最久未使用的键值；
- **volatile-lfu** (Redis 4.0 后新增的内存淘汰策略)：淘汰所有设置了过期时间的键值中，最少使用的键值；

在所有数据范围内进行淘汰：

- **allkeys-random**：随机淘汰任意键值；
- **allkeys-lru**：淘汰整个键值中最久未使用的键值；
- **allkeys-lfu** (Redis 4.0 后新增的内存淘汰策略)：淘汰整个键值中最少使用的键值。

如何查看当前 Redis 使用的内存淘汰策略？

可以使用 `config get maxmemory-policy` 命令，来查看当前 Redis 的内存淘汰策略，命令如下：

```
127.0.0.1:6379> config get maxmemory-policy
1) "maxmemory-policy"
2) "noeviction"
```

可以看出，当前 Redis 使用的是 **noeviction** 类型的内存淘汰策略，它是 Redis 3.0 之后默认使用的内存淘汰策略，表示当运行内存超过最大设置内存时，不淘汰任何数据，但新增操作会报错。

如何修改 Redis 内存淘汰策略？

设置内存淘汰策略有两种方法：

- 方式一：通过“`config set maxmemory-policy <策略>`”命令设置。它的优点是设置之后立即生效，不需要重启 Redis 服务，缺点是重启 Redis 之后，设置就会失效。
- 方式二：通过修改 Redis 配置文件修改，设置“`maxmemory-policy <策略>`”，它的优点是重启 Redis 服务后配置不会丢失，缺点是必须重启 Redis 服务，设置才能生效。

LRU 算法和 LFU 算法有什么区别？

LFU 内存淘汰算法是 Redis 4.0 之后新增内存淘汰策略，那为什么要新增这个算法？那肯定是为了解决 LRU 算法的问题。

接下来，就看看这两个算法有什么区别？Redis 又是如何实现这两个算法的？

| 什么是 LRU 算法？

LRU 全称是 Least Recently Used 翻译为**最近最少使用**，会选择淘汰最近最少使用的数据。

传统 LRU 算法的实现是基于「链表」结构，链表中的元素按照操作顺序从前往后排列，最新操作的键会被移动到表头，当需要内存淘汰时，只需要删除链表尾部的元素即可，因为链表尾部的元素就代表最久未被使用的元素。

Redis 并没有使用这样的方式实现 LRU 算法，因为传统的 LRU 算法存在两个问题：

- 需要用链表管理所有的缓存数据，这会带来额外的空间开销；
- 当有数据被访问时，需要在链表上把该数据移动到头端，如果有大量数据被访问，就会带来很多链表移动操作，会很耗时，进而会降低 Redis 缓存性能。

| Redis 是如何实现 LRU 算法的？

Redis 实现的是一种**近似 LRU 算法**，目的是为了更好的节约内存，它的实现方式是在 **Redis 的对象结构体中添加一个额外的字段，用于记录此数据的最后一次访问时间**。

当 Redis 进行内存淘汰时，会使用**随机采样的方式来淘汰数据**，它是随机取 5 个值（此值可配置），然后**淘汰最久没有使用的那个**。

Redis 实现的 LRU 算法的优点：

- 不用为所有的数据维护一个大链表，节省了空间占用；
- 不用在每次数据访问时都移动链表项，提升了缓存的性能；

但是 LRU 算法有一个问题，**无法解决缓存污染问题**，比如应用一次读取了大量的数据，而这些数据只会被读取这一次，那么这些数据会留存在 Redis 缓存中很长一段时间，造成缓存污染。

因此，在 Redis 4.0 之后引入了 LFU 算法来解决这个问题。

| 什么是 LFU 算法？

LFU 全称是 Least Frequently Used 翻译为**最近最不常用**，LFU 算法是根据数据访问次数来淘汰数据的，它的核心思想是“如果数据过去被访问多次，那么将来被访问的频率也更高”。

所以，LFU 算法会记录每个数据的访问次数。当一个数据被再次访问时，就会增加该数据的访问次数。这样就解决了偶尔被访问一次之后，数据留存在缓存中很长一段时间的问题，相比于 LRU 算法也更合理一些。

Redis 是如何实现 LFU 算法的？

LFU 算法相比于 LRU 算法的实现，多记录了「数据的访问频次」的信息。Redis 对象的结构如下：

```
typedef struct redisObject {  
    ...  
  
    // 24 bits, 用于记录对象的访问信息  
    unsigned lru:24;  
    ...  
} robj;
```

Redis 对象头中的 lru 字段，在 LRU 算法下和 LFU 算法下使用方式并不相同。

在 **LRU 算法**中，Redis 对象头的 24 bits 的 lru 字段是用来记录 key 的访问时间戳，因此在 LRU 模式下，Redis 可以根据对象头中的 lru 字段记录的值，来比较最后一次 key 的访问时间长，从而淘汰最久未被使用的 key。

在 **LFU 算法**中，Redis 对象头的 24 bits 的 lru 字段被分成两段来存储，高 16bit 存储 ldt (Last Decrement Time)，低 8bit 存储 logc (Logistic Counter)。



- ldt 是用来记录 key 的访问时间戳；
- logc 是用来记录 key 的访问频次，它的值越小表示使用频率越低，越容易淘汰，每个新加入的 key 的 logc 初始值为 5。

注意，logc 并不是单纯的访问次数，而是访问频次（访问频率），因为 **logc 会随时间推移而衰减的**。

在每次 key 被访问时，会先对 logc 做一个衰减操作，衰减的值跟前后访问时间的差距有关系，如果上一次访问的时间与这一次访问的时间差距很大，那么衰减的值就越大，这样实现的 LFU 算法是根据**访问频率**来淘汰数据的，而不只是访问次数。访问频率需要考虑 key 的访问是多长时间段内发生的。key 的先前访问距离当前时间越长，那么这个 key 的访问频率相应地也就会降低，这样被淘汰的概率也会更大。

对 logc 做完衰减操作后，就开始对 logc 进行增加操作，增加操作并不是单纯的 + 1，而是根据概率增加，如果 logc 越大的 key，它的 logc 就越难再增加。

所以，Redis 在访问 key 时，对于 logc 是这样变化的：

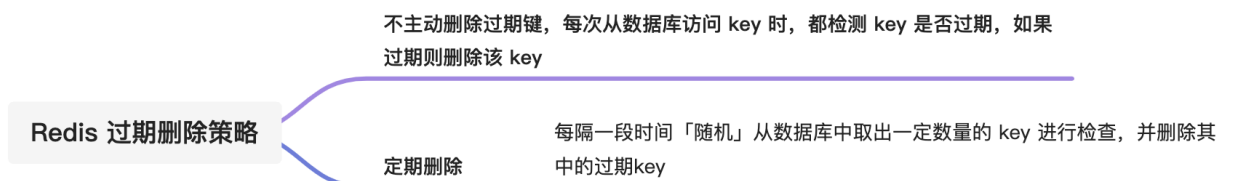
1. 先按照上次访问距离当前的时长，来对 logc 进行衰减；
2. 然后，再按照一定概率增加 logc 的值

redis.conf 提供了两个配置项，用于调整 LFU 算法从而控制 logc 的增长和衰减：

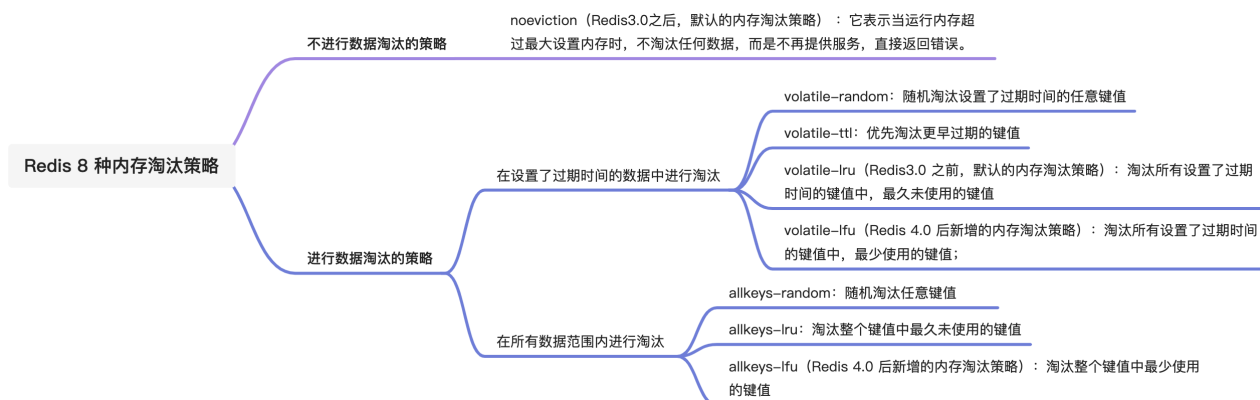
- **lfu-decay-time** 用于调整 logc 的衰减速度，它是一个以分钟为单位的数值，默认值为1，lfu-decay-time 值越大，衰减越慢；
- **lfu-log-factor** 用于调整 logc 的增长速度，lfu-log-factor 值越大，logc 增长越慢。

总结

Redis 使用的过期删除策略是「惰性删除+定期删除」，删除的对象是已过期的 key。



内存淘汰策略是解决内存过大的问题，当 Redis 的运行内存超过最大运行内存时，就会触发内存淘汰策略，Redis 4.0 之后共实现了 8 种内存淘汰策略，我也对这 8 种的策略进行分类，如下：



完！