

2.2 磁盘比内存慢几万倍？

大家如果想自己组装电脑的话，肯定需要购买一个 CPU，但是存储器方面的设备，分类比较多，那我们肯定不能只买一种存储器，比如你除了要买内存，还要买硬盘，而针对硬盘我们还可以选择是固态硬盘还是机械硬盘。

相信大家都知道内存和硬盘都属于计算机的存储设备，断电后内存的数据是会丢失的，而硬盘则不会，因为硬盘是持久化存储设备，同时也是一个 I/O 设备。

但其实 CPU 内部也有存储数据的组件，这个应该比较少人注意到，比如**寄存器**、**CPU L1/L2/L3 Cache**也都是属于存储设备，只不过它们能存储的数据非常小，但是它们因为靠近 CPU 核心，所以访问速度都非常快，快过硬盘好几个数量级别。

问题来了，**那机械硬盘、固态硬盘、内存这三个存储器，到底和 CPU L1 Cache 相比速度差多少倍呢？**

在回答这个问题之前，我们先来看看「**存储器的层次结构**」，好让我们对存储器设备有一个整体的认识。

存储器的层次结构

我们想象中一个场景，大学期末准备考试了，你前去图书馆临时抱佛脚。那么，在看书的时候，我们的大脑会思考问题，也会记忆知识点，另外我们通常也会把常用的书放在自己的桌子上，当我们要找一本不常用的书，则会去图书馆的书架找。

就是这么一个小小的场景，已经把计算机的存储结构基本都涵盖了。

我们可以把 CPU 比喻成我们的大脑，大脑正在思考的东西，就好比 CPU 中的**寄存器**，处理速度是最快的，但是能存储的数据也是最少的，毕竟我们也不能一下同时思考太多的事情，除非你练过。

我们大脑中的记忆，就好比 **CPU Cache**，中文称为 CPU 高速缓存，处理速度相比寄存器慢了一点，但是能存储的数据也稍微多了一些。

CPU Cache 通常会分为 **L1、L2、L3 三层**，其中 L1 Cache 通常分成「数据缓存」和「指令缓

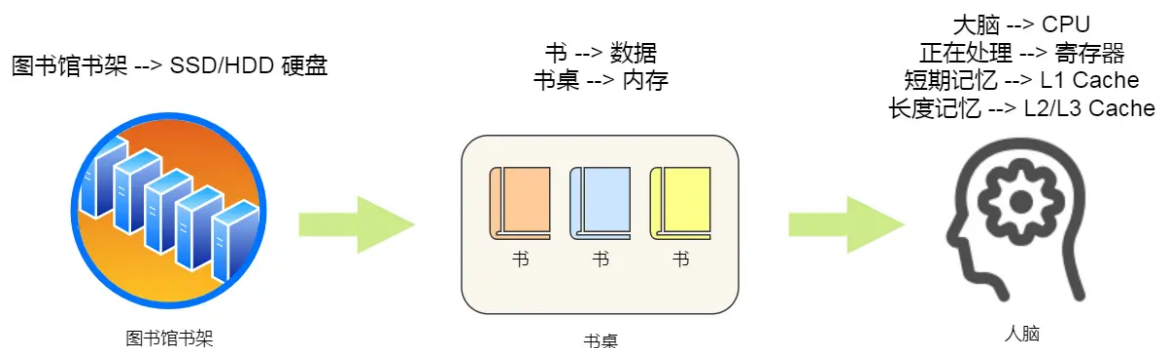
[目录](#)[侧边栏](#)[夜间](#)[技术群](#)[资料](#)[支持我](#)[上一篇](#)[下一篇](#)

[首页](#) [图解网络](#) [图解系统](#) [图解 MySQL](#) [图解 Redis](#) [学习路线](#) [网站动态](#) [Github](#)

寄存器和 CPU Cache 都是在 CPU 内部，跟 CPU 挨着很近，因此它们的读写速度都相当的快，但是能存储的数据很少，毕竟 CPU 就这么丁点大。

知道 CPU 内部的存储器的层次分布，我们放眼看看 CPU 外部的存储器。

当我们大脑记忆中没有资料的时候，可以从书桌或书架上拿书来阅读，那我们桌子上的书，就好比**内存**，我们虽然可以一伸手就可以拿到，但读写速度肯定远慢于寄存器，那图书馆书架上的书，就好比**硬盘**，能存储的数据非常大，但是读写速度相比内存差好几个数量级，更别说跟寄存器的差距了。



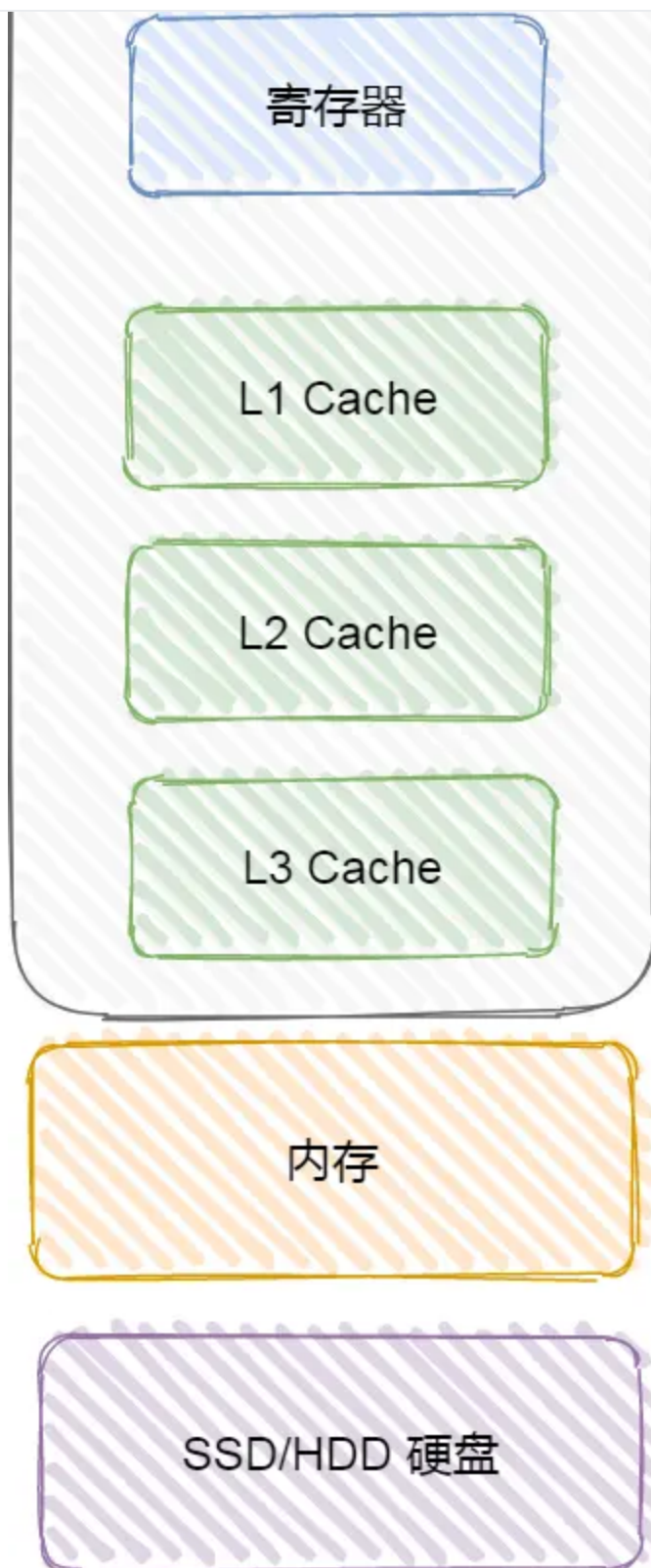
我们从图书馆书架取书，把书放到桌子上，再阅读书，我们大脑就会记忆知识点，然后再经过大脑思考，这一系列过程相当于，数据从硬盘加载到内存，再从内存加载到 CPU 的寄存器和 Cache 中，然后再通过 CPU 进行处理和计算。

对于存储器，它的速度越快、能耗会越高、而且材料的成本也是越贵的，以至于速度快的存储器的容量都比较小。

CPU 里的寄存器和 Cache，是整个计算机存储器中价格最贵的，虽然存储空间很小，但是读写速度是极快的，而相对比较便宜的内存和硬盘，速度肯定比不上 CPU 内部的存储器，但是能弥补存储空间的不足。

存储器通常可以分为这么几个级别：

[目录](#)[侧边栏](#)[夜间](#)[技术群](#)[资料](#)[支持我](#)[上一篇](#)[下一篇](#)



- 寄存器;
- CPU Cache;
 1. L1-Cache;



目录



侧边栏



夜间



技术群



资料



支持我



上一篇



下一篇

- 内存；
- SSD/HDD 硬盘

寄存器

最靠近 CPU 的控制单元和逻辑计算单元的存储器，就是寄存器了，它使用的材料速度也是最快的，因此价格也是最贵的，那么数量不能很多。

存储器的数量通常在几十到几百之间，每个寄存器可以用来存储一定的字节（byte）的数据。比如：

- 32 位 CPU 中大多数寄存器可以存储 4 个字节；
- 64 位 CPU 中大多数寄存器可以存储 8 个字节。

寄存器的访问速度非常快，一般要求在半个 CPU 时钟周期内完成读写，CPU 时钟周期跟 CPU 主频息息相关，比如 2 GHz 主频的 CPU，那么它的时钟周期就是 1/2G，也就是 0.5ns（纳秒）。

CPU 处理一条指令的时候，除了读写寄存器，还需要解码指令、控制指令执行和计算。如果寄存器的速度太慢，则会拉长指令的处理周期，从而给用户的感觉，就是电脑「很慢」。

CPU Cache

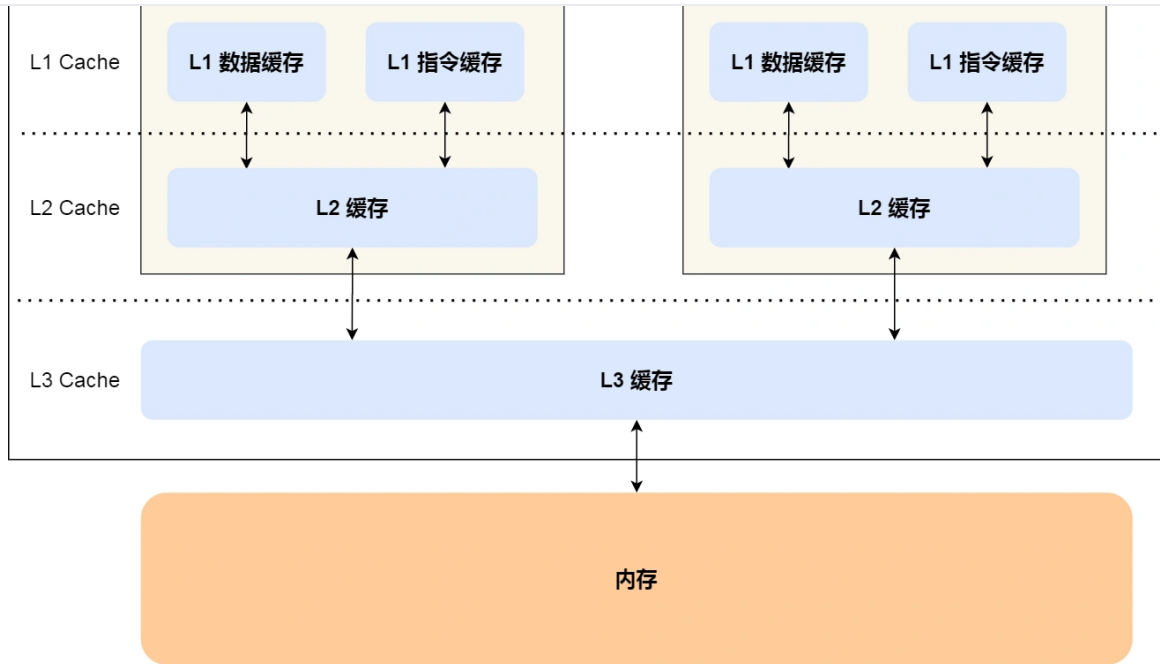
CPU Cache 用的是一种叫 **SRAM**（*Static Random-Access Memory*，**静态随机存储器**）的芯片。

SRAM 之所以叫「静态」存储器，是因为只要有电，数据就可以保持存在，而一旦断电，数据就会丢失了。

在 SRAM 里面，一个 bit 的数据，通常需要 6 个晶体管，所以 SRAM 的存储密度不高，同样的物理空间下，能存储的数据是有限的，不过也因为 SRAM 的电路简单，所以访问速度非常快。

CPU 的高速缓存，通常可以分为 L1、L2、L3 这样的三层高速缓存，也称为一级缓存、二级缓存、三级缓存。

[目录](#)[侧边栏](#)[夜间](#)[技术群](#)[资料](#)[支持我](#)[上一篇](#)[下一篇](#)

[首页](#) [图解网络](#) [图解系统](#) [图解 MySQL](#) [图解 Redis](#) [学习路线](#) [网站动态](#) [Github](#)[目录](#)[侧边栏](#)[夜间](#)[技术群](#)[资料](#)[支持我](#)[上一篇](#)[下一篇](#)

L1 高速缓存

L1 高速缓存的访问速度几乎和寄存器一样快，通常只需要 2~4 个时钟周期，而大小在几十 KB 到几百 KB 不等。

每个 CPU 核心都有一块属于自己的 L1 高速缓存，指令和数据在 L1 是分开存放的，所以 L1 高速缓存通常分成**指令缓存**和**数据缓存**。

在 Linux 系统，我们可以通过这条命令，查看 CPU 里的 L1 Cache 「数据」缓存的容量大小：

```
$ cat /sys/devices/system/cpu/cpu0/cache/index0/size
```

32K

sh

而查看 L1 Cache 「指令」缓存的容量大小，则是：

```
$ cat /sys/devices/system/cpu/cpu0/cache/index1/size
```

32K

sh

L2 高速缓存

[首页](#) [图解网络](#) [图解系统](#) [图解 MySQL](#) [图解 Redis](#) [学习路线](#) [网站动态](#) [Github](#)

不等，访问速度则更慢，速度在 10~20 个时钟周期。

在 Linux 系统，我们可以通过这条命令，查看 CPU 里的 L2 Cache 的容量大小：

```
$ cat /sys/devices/system/cpu/cpu0/cache/index2/size
256K
```

sh

L3 高速缓存

L3 高速缓存通常是多个 CPU 核心共用的，位置比 L2 高速缓存距离 CPU 核心 更远，大小也会更大些，通常大小在几 MB 到几十 MB 不等，具体值根据 CPU 型号而定。

访问速度相对也比较慢一些，访问速度在 20~60 个时钟周期。

在 Linux 系统，我们可以通过这条命令，查看 CPU 里的 L3 Cache 的容量大小：

```
$ cat /sys/devices/system/cpu/cpu0/cache/index3/size
3072K
```

sh

内存

内存用的芯片和 CPU Cache 有所不同，它使用的是一种叫作 **DRAM** (*Dynamic Random Access Memory*，**动态随机存取存储器**) 的芯片。

相比 SRAM，DRAM 的密度更高，功耗更低，有更大的容量，而且造价比 SRAM 芯片便宜很多。

DRAM 存储一个 bit 数据，只需要一个晶体管和一个电容就能存储，但是因为数据会被存储在电容里，电容会不断漏电，所以需要「定时刷新」电容，才能保证数据不会被丢失，这就是 DRAM 之所以被称为「动态」存储器的原因，只有不断刷新，数据才能被存储起来。

DRAM 的数据访问电路和刷新电路都比 SRAM 更复杂，所以访问的速度会更慢，内存速度大概在 200~300 个时钟周期之间。

SSD/HDD 硬盘

SSD (*Solid-state disk*) 就是我们常说的固态硬盘，结构和内存类似，但是它相比内存的优



目录



侧边栏



夜间



技术群



资料



支持我



上一篇



下一篇

[首页](#) [图解网络](#) [图解系统](#) [图解 MySQL](#) [图解 Redis](#) [学习路线](#) ▾ [网站动态](#) [Github](#) [🔗](#)

当然，还有一款传统的硬盘，也就是机械硬盘（*Hard Disk Drive, HDD*），它是通过物理读写的方式来访问数据的，因此它访问速度是非常慢的，它的速度比内存慢 10W 倍左右。

由于 SSD 的价格快接近机械硬盘了，因此机械硬盘已经逐渐被 SSD 替代了。

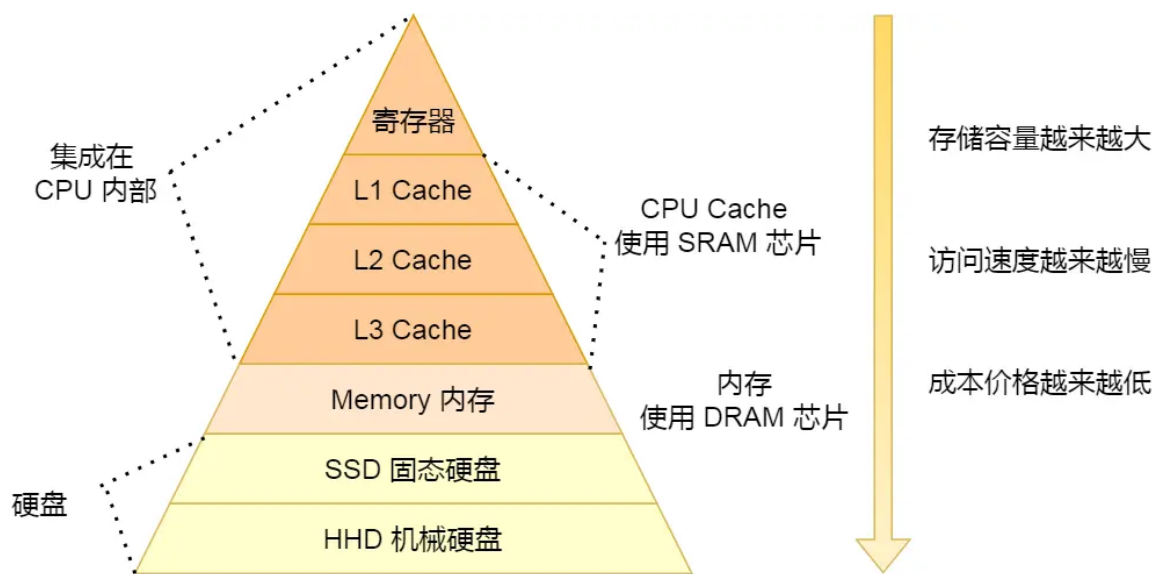
存储器的层次关系

现代的一台计算机，都用上了 CPU Cache、内存、到 SSD 或 HDD 硬盘这些存储器设备了。

其中，存储空间越大的存储器设备，其访问速度越慢，所需成本也相对越少。

CPU 并不会直接和每一种存储器设备直接打交道，而是每一种存储器设备只和它相邻的存储器设备打交道。

比如，CPU Cache 的数据是从内存加载过来的，写回数据的时候也只写回到内存，CPU Cache 不会直接把数据写到硬盘，也不会直接从硬盘加载数据，而是先加载到内存，再从内存加载到 CPU Cache 中。



所以，**每个存储器只和相邻的一层存储器设备打交道，并且存储设备为了追求更快的速度，所需的材料成本必然也是更高，也正因为成本太高，所以 CPU 内部的寄存器、L1\L2\L3 Cache 只好用较小的容量，相反内存、硬盘则可用更大的容量，这就我们今天所说的存储器层次结构。**

另外，当 CPU 需要访问内存中某个数据的时候，如果寄存器有这个数据，CPU 就直接从寄存器取数据即可，如果寄存器没有这个数据，CPU 就会查询 L1 高速缓存，如果 L1 没有，则

[目录](#)[侧边栏](#)[夜间](#)[技术群](#)[资料](#)[支持我](#)[上一篇](#)[下一篇](#)



目录



侧边栏



夜间



技术群



资料



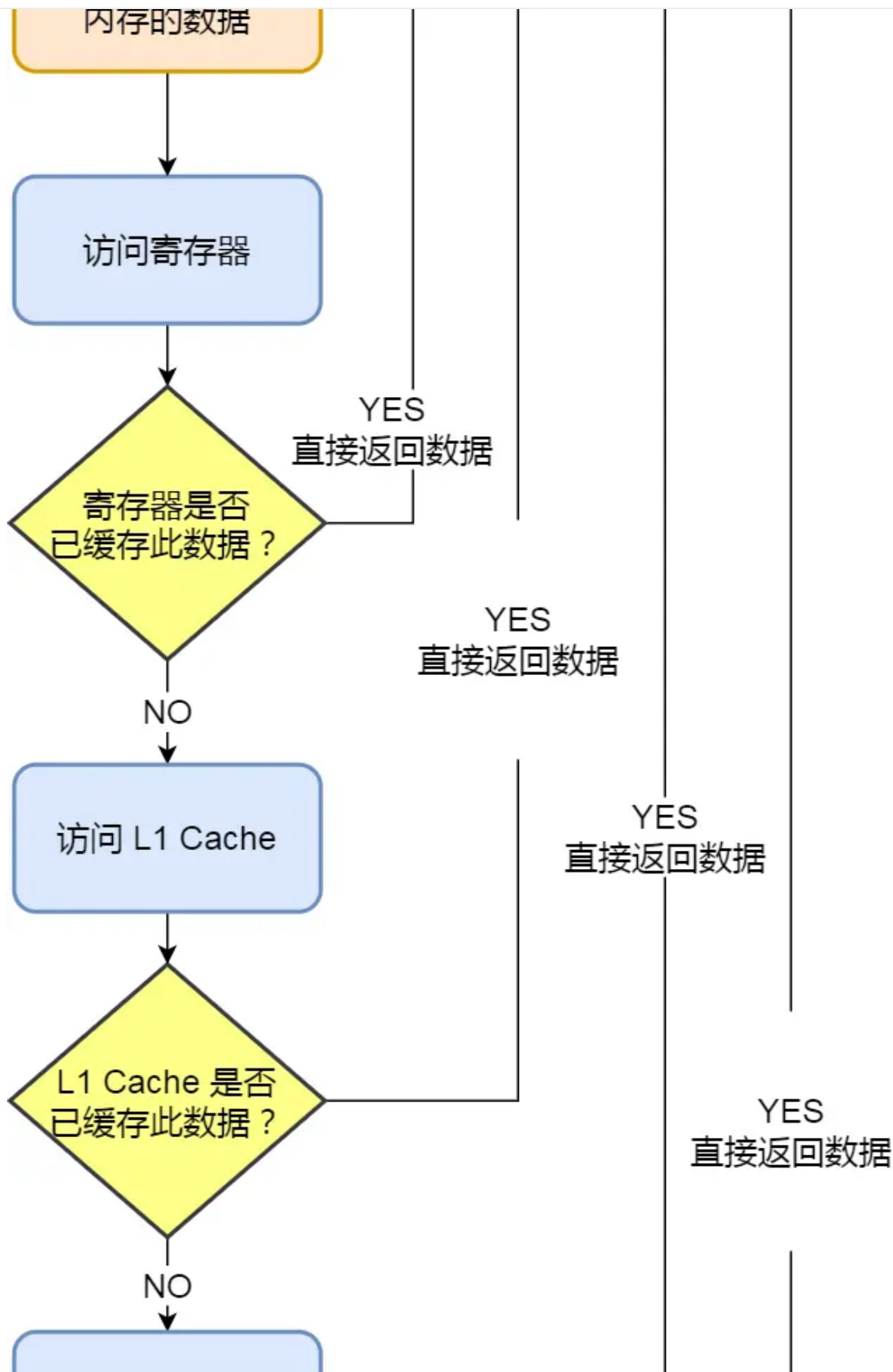
支持我



上一篇



下一篇



目录



侧边栏



夜间



技术群



资料



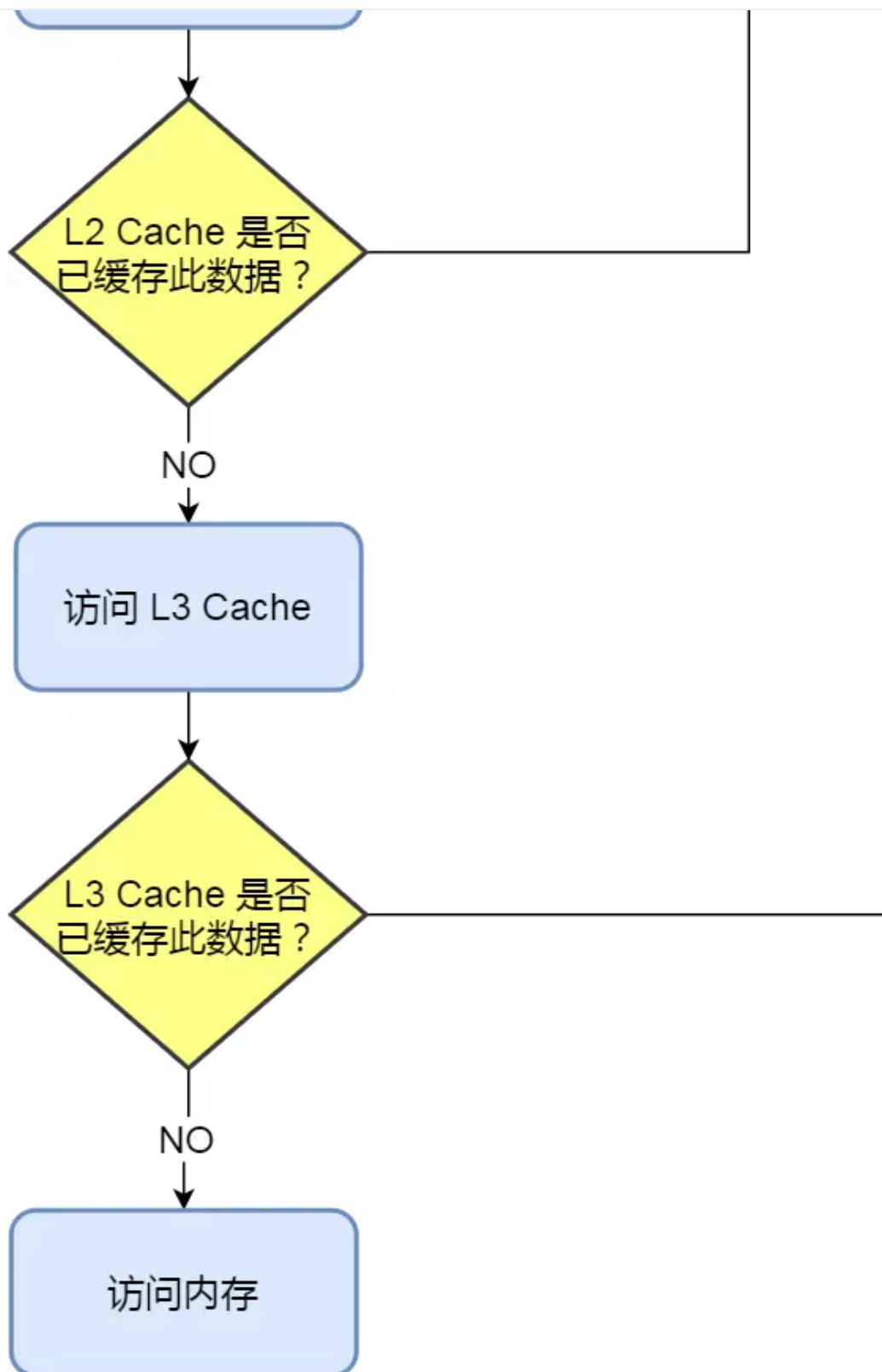
支持我



上一篇



下一篇



所以，存储层次结构也形成了**缓存**的体系。

[目录](#)[侧边栏](#)[夜间](#)[技术群](#)[资料](#)[支持我](#)[上一篇](#)[下一篇](#)

存储器之间的实际价格和性能差距

前面我们知道了，速度越快的存储器，造价成本往往也越高，那我们就以实际的数据来看看，不同层级的存储器之间的性能和价格差异。

下面这张表格是不同层级的存储器之间的成本对比图：

存储器	硬件介质	单位成本 (美元/MB)	随机访问延时
L1 Cache	SRAM	7	1ns
L2 Cache	SRAM	7	4ns
Memory	DRAM	0.015	100ns
Disk	SSD (NAND)	0.0004	150μs
Disk	HDD	0.00004	10ms

你可以看到 L1 Cache 的访问延时是 1 纳秒，而内存已经是 100 纳秒了，相比 L1 Cache 速度慢了 100 倍。另外，机械硬盘的访问延时更是高达 10 毫秒，相比 L1 Cache 速度慢了 10000000 倍，差了好几个数量级别。

在价格上，每生成 MB 大小的 L1 Cache 相比内存贵了 466 倍，相比机械硬盘那更是贵了 175000 倍。

我在某东逛了下各个存储器设备的零售价，8G 内存 + 1T 机械硬盘 + 256G 固态硬盘的总价格，都不及一块 Intle i5-10400 的 CPU 的价格，这款 CPU 的高速缓存的总大小也就十多 MB。

总结



目录



侧边栏



夜间



技术群



资料



支持我



上一篇



下一篇

存储器处理数据的过程，速度极快，但是容量很小。而 CPU 中的 **L1-L3 Cache** 好比我们大脑中的短期记忆和长期记忆，需要小小花费点时间来调取数据并处理。

我们面前的桌子就相当于**内存**，能放下更多的书（数据），但是找起来和看起来就要花费一些时间，相比 CPU Cache 慢不少。而图书馆的书架相当于**硬盘**，能放下比内存更多的数据，但找起来就更费时间了，可以说是最慢的存储器设备了。

从 寄存器、CPU Cache，到内存、硬盘，这样一层层下来的存储器，访问速度越来越慢，存储容量越来越大，价格也越来越便宜，而且每个存储器只和相邻的一层存储器设备打交道，于是这样就形成了存储器的层次结构。

再来回答，开头的问题：那机械硬盘、固态硬盘、内存这三个存储器，到底和 CPU L1 Cache 相比速度差多少倍呢？

CPU L1 Cache 随机访问延时是 1 纳秒，内存则是 100 纳秒，所以 **CPU L1 Cache 比内存快 100 倍左右**。

SSD 随机访问延时是 150 微秒，所以 **CPU L1 Cache 比 SSD 快 150000 倍左右**。

最慢的机械硬盘随机访问延时已经高达 10 毫秒，我们来看看机械硬盘到底有多「龟速」：

- **SSD 比机械硬盘快 70 倍左右；**
- **内存比机械硬盘快 100000 倍左右；**
- **CPU L1 Cache 比机械硬盘快 10000000 倍左右；**

我们把上述的时间比例差异放大后，就能非常直观感受到它们的性能差异了。如果 CPU 访问 L1 Cache 的缓存时间是 1 秒，那访问内存则需要大约 2 分钟，随机访问 SSD 里的数据则需要 1.7 天，访问机械硬盘那更久，长达近 4 个月。

可以发现，不同的存储器之间性能差距很大，构造存储器分级很有意义，分级的目的是要构造**缓存**体系。

关注作者

新的**技术交流群**已经慢慢人多起来了，群里的大牛真的多，大家交流都很踊跃，也有很多热心分享和回答问题的小伙伴，是你交朋友好地方，更是你上班划水的好入口。

准备入冬了，一起来抱团取暖吧，加群方式很简单，只需要加我的微信二维码，备注「**加群**」即可。

[目录](#)[侧边栏](#)[夜间](#)[技术群](#)[资料](#)[支持我](#)[上一篇](#)[下一篇](#)



扫一扫，关注「小林coding」公众号

认准**小林coding**

每一张图都包含小林的认真
只为帮助大家能更好的理解

- ① 关注公众号回复「**图解**」
获取图解系列 PDF
- ② 关注公众号回复「**加群**」
拉你进百人技术交流群

哈喽，我是小林，就爱图解计算机基础，如果觉得文章对你有帮助，欢迎微信搜索「小林coding」，关注后，回复「网络」再送你图解网络 PDF

上次更新: 7/27/2022, 10:39:42 PM

← [2.1 CPU 是如何执行程序的呢?](#)

[2.3 如何写出让 CPU 跑得更快的代码?](#) →

评论

Powered by [GitHub](#) & [Vssue](#)



登录后才能发表评论 | 支持 Markdown 语法

使用 GitHub 帐号登录后发表评论



目录



侧边栏



夜间



技术群



资料



支持我



上一篇



下一篇

[登录后查看评论](#)



目录



侧边栏



夜间



技术群



资料



支持我



上一篇



下一篇