



岁寒

(<https://lvwenhan.com/>) 任何事情，从现在开始做，都不晚！

性能之殇（二）-- 分支预测、流水线与多核 CPU

2018-11-13 / 阅读数：16284 / 分类：操作系统 (<https://lvwenhan.com/sort/36>)

CPU 硬件为了提高性能，逐步发展出了指令流水线（分支预测）和多核 CPU，本文我们就将简单地探讨一下它们的原理和效果。

指令流水线

在一台纯粹的图灵机中，指令是一个一个顺序执行的。而现实世界的通用计算机所用的很多基础算法都是可以并行的，例如加法器和乘法器，它们可以很容易地被切分成可以同时运行的多个指令，这样就可以大幅提升性能。

指令流水线，说白了就是 CPU 电路层面的并发。

Intel Core i7 自 Sandy Bridge（2010）架构以来一直都是 14 级流水线设计。基于 Cedar Mill 架构的最后一代奔腾4，在 2006 年就拥有 3.8GHz 的超高频率，却因为其长达 31 级的流水线而成了为样子货，被 AMD 1GHz 的芯片按在地上摩擦。

RISC机器的五层流水线示意图

下图形象的展示了流水线式如何提高性能的。



缺点

指令流水线通过硬件层面的并发来提高性能，却也带来了一些无法避免的缺点。

- 1. 设计难度高，一不小心就成为了高频低能的奔四
- 2. 并发导致每一条指令的执行时间变长
- 3. 优化难度大，有时候两行代码的顺序变动就可能导致数倍的性能差异，这对编译器提出了更高的要求
- 4. 如果多次分支预测失败，会导致严重的性能损失

分支预测

指令形成流水线以后，就需要一种高效的调控来保证硬件层面并发的效果：最佳情况是每条流水线里的十几个指令都是正确的，这样完全不浪费时钟周期。而分支预测就是干这个的：

分支预测器猜测条件表达式两路分支中哪一路最可能发生，然后推测执行这一路的指令，来避免流水线停顿造成的时间浪费。但是，如果后来发现分支预测错误，那么流水线中推测执行的那些中间结果全部放弃，重新获取正确的分支路线上的指令开始执行，这就带来了十几个时钟周期的延迟，这个时候，这个 CPU 核心就是完全在浪费时间。

幸运的是，当下的主流 CPU 在现代编译器的配合下，把这项工作做得越来越好了。

还记得那个让 Intel CPU 性能跌 30% 的漏洞补丁吗，那个漏洞就是 CPU 设计的时候，分支预测设计的不完善导致的。

多核 CPU

多核 CPU 的每一个核心拥有自己独立的运算单元、寄存器、一级缓存、二级缓存，所有核心共用同一条内存总线，同一段内存。

多核 CPU 的出现，标志着人类的集成电路工艺遇到了一个严酷的瓶颈，没法再大规模提升单核性能，只能使用多个核心来聊以自慰。实际上，多核 CPU 性能的提升极其有限，远不如增加一点点单核频率提升的性能多。

优势

多核 CPU 的优势很明显，就是可以并行地执行多个图灵机，可以显而易见地提升性能。只不过由于使用同一条内存总线，实际带来的效果有限，并且需要操作系统和编译器的密切配合才行。

题外话：AMD64 技术可以运行 32 位的操作系统和应用程序，所用的方法是依旧使用 32 位宽的内存总线，每计算一次要取两次内存，性能提升也非常有限，不过好处就是可以使用大于 4GB 的内存了。大家应该都没忘记第一篇文章中提到的冯·诺依曼架构拥有 CPU 和内存通信带宽不足的弱点。（注：AMD64 技术是和 Intel 交叉授权的专利，i7 也是这么设计的）

劣势

多核 CPU 劣势其实更加明显，但是人类也没有办法，谁不想用 20GHz 的 CPU 呢，谁想用这八核的 i7 呀。

1. 内存读写效率不变，甚至有降低的风险
2. 操作系统复杂度提升很多倍，计算资源的管理复杂了太多了
3. 依赖操作系统的进步：微软以肉眼可见的速度，在这十几年间大幅提升了 Windows 的多核效率 and 安全性：XP 只是能利用，7 可以自动调配一个进程在多个核心上游走，2008R2 解决了依赖 CPU0 调度导致死机的 bug（中国的银行提的 bug 哦），8 可以利用多核心启动，10 优化了杀进程依赖 CPU0 的问题。

超线程技术

Intel 的超线程技术是将 CPU 核心内部再分出两个逻辑核心，只增加了 5% 的裸面积，就带来了 15%~30% 的性能提升。

怀念过去

Intel 肯定怀念摩尔定律提出时候的黄金年代，只依靠工艺的进步，就能一两年就性能翻番。AMD 肯定怀念 K8 的黄金一代，1G 战 4G，靠的就是把内存控制器从北桥芯片移到 CPU 内部，提升了 CPU 和内存的通信效率，自然性能倍增。而今天，人类的技术已经到达了一个瓶颈，只能通过不断的提升 CPU 和操作系统的复杂度来获得微弱的性能提升，呜呼哀哉。

不过我们也不能放弃希望，AMD RX VAGA64 显卡拥有 2048 位的显存位宽，理论极限还是很恐怖的，这可能就是未来内存的发展方向。

WRITTEN BY



JohnLui (<https://github.com/johnlui>)

程序员, Swift Contributor

相关日志:

性能之殇（六）-- 现代计算机最亲密的伙伴：局部性与乐观
(<https://lvwenhan.com/操作系统/497.html>)

性能之殇（四）-- Unix 进程模型的局限 (<https://lvwenhan.com/操作系统/495.html>)

性能之殇（七）-- 分布式计算、超级计算机与神经网络共同的瓶颈
(<https://lvwenhan.com/操作系统/498.html>)

软件工程师需要了解的网络知识：从铜线到HTTP（五）—— HTTP 和 HTTPS (<https://lvwenhan.com/操作系统/489.html>)

软件工程师需要了解的网络知识：从铜线到HTTP（四）—— TCP 和 路由器 (<https://lvwenhan.com/操作系统/488.html>)

标签: 性能之殇

(https://lvwenhan.com/tag/%E6%80%A7%E8%83%BD%E4%B9%8B%E6%AE%87))

性能 (<https://lvwenhan.com/tag/%E6%80%A7%E8%83%BD>) CPU

(<https://lvwenhan.com/tag/CPU>) 多核

(<https://lvwenhan.com/tag/%E5%A4%9A%E6%A0%B8>)

← 性能之殇（三） -- 通用电子计算机的胎记：事件驱动
(<https://lvwenhan.com/操作系统/494.html>)
性能之殇（一） -- 天才冯·诺依曼与冯·诺依曼瓶颈 →
(<https://lvwenhan.com/操作系统/492.html>)

评论：



松饼

2021-12-10 16:59

写的很赞！

回复



zhangji

2019-09-27 10:17

任何事情，从现在做，都不晚。是我在您这里收获最大的知识。

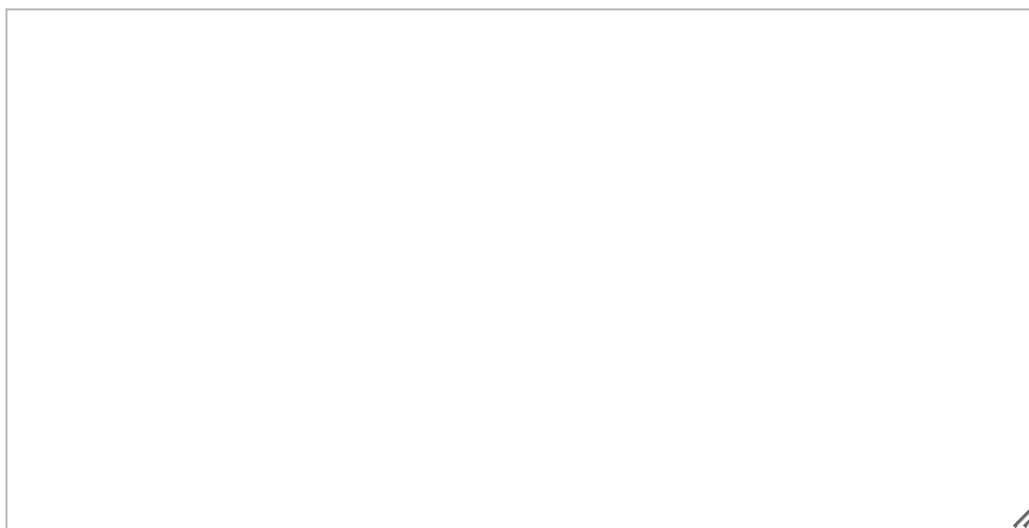
回复

发表评论：

昵称

邮件地址 (选填)

个人主页 (选填)



发表评论

友情链接： #Mukti's Blog (<http://www.feizhaojun.com/>) #住范儿 (<http://www.zhufaner.com/>) #Arron.y
(<http://blog.helloarron.com/>) 京ICP备13030650号-2 (<https://beian.miit.gov.cn>)

© 2011-2022 岁寒 (<https://lvwenhan.com/>) | Powered by Emlog (<http://www.emlog.net/>)