

## 香山高性能处理器：一个新的科技平台实践

高剑林

(腾讯公司蓬莱实验室 广东深圳 518057)

计算机行业的发展历程,早期一般是理论创新阶段,成熟后进入以商业化应用为标志的技术扩散阶段。早期的理论创新以图灵完备和冯·诺依曼体系为代表,而商业化产品则从大型机、小型机到个人计算机,后又发展到移动手机产品。大规模的产品应用彻底改变了社会的信息传播方式,大大提升了人类获得信息和处理信息的能力,产生了巨大的经济效益和社会效益。

这个复杂的演进过程,是理论创新和技术产品相互促进的过程。技术产品的出现依赖于理论创新,但它也反作用于理论创新。从实际的历程看,没有先进技术产品的区域和国家,往往也很难做出开创性的理论创新,引领理论的发展。比如大名鼎鼎的冯·诺依曼体系,其过程是冯·诺依曼本人参与 ENIAC 计算机的建设,总结了工业界的实践成果而提出的理论创新,而这个理论创新也对后续的计算机技术产生了深远的影响,促进了计算机体系架构的演进。

基于对计算机发展历史的总结,有必要提出重型科技平台的概念。重型科技平台应该具备 2 个特征:一是平台应该是全面而且先进的,即应该全面包括当前主流的前沿理论和先进技术,是一个完备的技术平台;二是开放的,可以基于平台开展各种理论探索,方便研究工作。欣喜地看到,包云岗研究员及其团队所开发的香山开源高性能 RISC-V 处理器项目具备成为重型科技平台的潜质。

目前虽已有多款基于 RISC-V 指令的开源 CPU 实现,但是这些 CPU 性能不高,主要针对 IoT 领域,不具备现代超标量处理器的典型特征。香山处理器作为目前性能最高的开源 CPU,填补了该领域的空白。包云岗研究员团队撰写的文章“香山开源高性能 RISC-V 处理器设计与实现”中主要介绍了两代香山处理器设计的微架构细节和设计思路,总结了开发过程的挑战和经验,该文的贡献和意义主要有以下 3 点:

1. 香山开源处理器在微架构层面,采用高性能的分支预测算法,大大提升了分支预测的准确率。采用高并发的流水线设计,使用 6 路并行译码电路,设计 256 深度的 ROB,具备现代化超标量处理器的乱序执行单元。该文不但分享了香山微架构设计的细节,更指出了为什么这么设计,突出高性能通用处理器设计过程中的难点和常见的优化思路。通过对设计理念和优化思路进行归纳与总结,使读者易于理解设计思路,也给读者带来启发。

2. 香山开源处理器采用了敏捷迭代的设计方法。香山采用的 Chisel 语言极大提升了开发效率。在开发过程中产生了一系列敏捷设计工具,解决了敏捷开发过程中的众多难题。这些设计工具可以降低处理器的设计门槛,推动更多的工程师和学术研究人员参与其中,并推陈出新继续发展。

3. 香山项目采用联合开发模式。香山联合开发模式的理念是代码开源、平台开放,不仅开源设计源代码和文档,还开源各类开发基础设施,实现开发平台的开放,做到赋能开发。这种新型的开发模式可以引导后续的科技平台采用类似模式,发扬光大。

香山处理器项目的价值与意义是多个维度的。作为处理器平台,香山具备现代超标量处理器的典型特征,建立了一个体系结构的科技平台,学术研究人员可以基于此进一步优化性能,尝试各种创新思路,而产业界可以做进一步的工程化和商业化设计,推进产品的研发。另一个方面,香山项目在芯片设计敏捷开发的探索具备学术价值和实践价值。当前 EDA 工具还不能普遍支持芯片研发的敏捷迭代,如果 EDA 工具开发商加入这个趋势,可能将开创芯片设计的新流程和新模式,开启芯片敏捷设计的新时代。

### 评述专家:



高剑林, 腾讯公司蓬莱实验室总监。主要研究方向为存储系统、芯片设计。

### 亮点论文:

王凯帆, 徐易难, 余子濠, 唐丹, 陈国凯, 陈熙, 勾凌睿, 胡轩, 金越, 李乾若, 李昕, 蔺嘉炜, 刘彤, 刘志刚, 王华强, 王海喆, 张传奇, 张发旺, 张林隼, 张紫飞, 张梓悦, 赵阳洋, 周耀阳, 邹江瑞, 蔡晔, 郇丹丹, 李祖松, 赵继业, 何伟, 孙凝晖, 包云岗。  
香山开源高性能 RISC-V 处理器设计与实现 [J]. 计算机研究与发展, 2023, 60(3): 476-493. DOI: 10.7544/issn1000-1239.202221036