

## 处理器体系结构

现代微处理器可以称得上是人类创造出的最复杂的系统之一。一块手指甲大小的硅片上，可以容纳一个完整的高性能处理器、大的高速缓存，以及用来连接到外部设备的逻辑电路。从性能上来说，今天在一块芯片上实现的处理器已经使 20 年前价值 1000 万美元、房间那么大的超级计算机相形见绌了。即使是在像手机、导航系统和可编程恒温器这样的日常设备中的嵌入式处理器，也比早期计算机开发者所能想到的强大得多。

到目前为止，我们看到的计算机系统只限于机器语言程序级。我们知道处理器必须执行一系列指令，每条指令执行某个简单操作，例如两个数相加。指令被编码为由一个或多个字节序列组成的二进制格式。一个处理器支持的指令和指令的字节级编码称为它的指令集体系结构 (Instruction-Set Architecture, ISA)。不同的处理器“家族”，例如 Intel IA32 和 x86-64、IBM/Freescale Power 和 ARM 处理器家族，都有不同的 ISA。一个程序编译成在一种机器上运行，就不能在另一种机器上运行。另外，同一个家族里也有很多不同型号的处理器。虽然每个厂商制造的处理器性能和复杂性不断提高，但是不同的型号在 ISA 级别上都保持着兼容。一些常见的处理器家族 (例如 x86-64) 中的处理器分别由多个厂商提供。因此，ISA 在编译器编写者和处理器设计人员之间提供了一个概念抽象层，编译器编写者只需要知道允许哪些指令，以及它们是如何编码的；而处理器设计者必须建造出执行这些指令的处理器。

本章将简要介绍处理器硬件的设计。我们将研究一个硬件系统执行某种 ISA 指令的方式。这会帮助你更好地理解计算机是如何工作的，以及计算机制造商们面临的技术挑战。一个很重要的概念是，现代处理器的实际工作方式可能跟 ISA 隐含的计算模型大相径庭。ISA 模型看上去应该是顺序指令执行，也就是先取出一条指令，等到它执行完毕，再开始下一条。然而，与一个时刻只执行一条指令相比，通过同时处理多条指令的不同部分，处理器可以获得更高的性能。为了保证处理器能得到同顺序执行相同的结果，人们采用了一些特殊的机制。在计算机科学中，用巧妙的方法在提高性能的同时又保持一个更简单、更抽象模型的功能，这种思想是众所周知的。在 Web 浏览器或平衡二叉树和哈希表这样的信息检索数据结构中使用缓存，就是这样的例子。

你很可能永远都不会自己设计处理器。这是专家们的任务，他们工作在全球不到 100 家的公司里。那么为什么你还应该了解处理器设计呢？

- 从智力方面来说，处理器设计是非常有趣而且很重要的。学习事物是怎样工作的有其内在价值。了解作为计算机科学家和工程师日常生活一部分的一个系统的内部工作原理 (特别是对很多人来说这还是个谜)，是件格外有趣的事情。处理器设计包括许多好的工程实践原理。它需要完成复杂的任务，而结构又要尽可能简单和规则。
- 理解处理器如何工作能帮助理解整个计算机系统如何工作。在第 6 章，我们将讲述存储器系统，以及用来创建很大的内存映像同时又有快速访问时间的技术。看看处理器端的处理器——内存接口，会使那些讲述更加完整。