

RISC、CISC

技术比较与研究

施志林 江苏渔业船舶检验局 226006

摘要

主要叙述了当代RISC、CISC主流技术及RISC、CISC的主要特征,并对RISC处理机和CISC处理机的关键技术进行了系统比较与研究。

关键词

RISC; CISC; 指令集

在计算机指令系统的优化发展过程中,出现过两个截然不同的优化方向:CISC技术和RISC技术。20世纪60年代至80年代,那时的程序员最大的苦恼就是程序的编译(将高级语言转换到汇编语言再到机器语言的过程)。为了减轻程序员的负担,也为了减少雇员,人们就将原来要由多条指令才能完成的任务变为由一条指令完成,而执行这些复杂指令的计算机就叫CISC(Complex Instruction Set Computer,复杂指令集计算机)。CISC在执行这些指令时,通过设置一些功能复杂的指令,把一些原来由软件实现的、常用的功能改用硬件的指令系统实现,以此来提高计算机的执行速度。现在看来,RISC确实符合那个时代的需要将软件的复杂性移向硬件,方便了程序的编译,也减少了当时还很昂贵的存储设备的开支。但是随着计算机技术的发展,指令数目也随之增加,使复杂指令集变得更复杂。人们还发现,复杂指令集中使用率为80%的功能单一的指令仅占总指令数的20%,还有些过于复杂的指令几乎没人使用。而且存储技术也逐渐成熟,价格日趋合理。另一种优化方法是在20世纪80年代才发展起来的,RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令集计算机)开始走红起来。RISC和CISC最大的不同在于其指令的简单,用多个指令完成复杂指令集中一个指令所能完成的任务。RISC技术的精华就是通过简化计算机指令功能,使指令的平均执行周期减少,从而提高计算机的工作主频,同时大量使用通用寄存器来提高子程序执行的速度。虽然程序执行的步骤多了,但整个程序执行的速度比CISC系统明显加快。所以一般RISC计算

机的速度是同等CISC计算机的3倍左右。当然,实际上现在CISC和RISC的划分已经不是很清楚了,因为在很多CISC计算机中也已经采用了RISC的思想,如流水线技术等。

1 CISC技术的主要特点

随着计算机科学、电子学等相关学科的技术进步,为满足实际应用的需要,同时照顾到兼容性、系列机、支持高级语言等诸多因素,微处理器的功能越来越强大,结构越来越复杂。这就是传统的CISC技术。CISC技术的发展使微处理器的功能更加完善,支持高级语言的能力越来越强,处理特殊问题的效率也越高,程序与指令之间的距离越来越近。但是硬件更加复杂,冗余设计逐渐增加,不但浪费资源,而且使得系统复杂化。

目前的CISC技术具有以下特点:

1.1 指令系统复杂 随着机器的更新换代,指令条数不断增加,指令种类不断丰富,寻址方式不断扩充,特殊指令越来越多,这就使指令系统越来越复杂。

1.2 指令结构复杂 随着指令条数的增加,使指令的结构形式越来越长,包括的内容越来越多。

1.3 指令的执行时间长 指令结构复杂,就需要更多的时间分析解释,更多的机器周期完成规定的功能。

1.4 CPU结构复杂 指令复杂,功能强大,使CPU需要有更多的电路部件支持相应的功能,更快更完善地完成指令规定的任务。

1.5 微程序控制 指令条数多,形式复杂,硬件译码难以实现。

1.6 CPU面积大、功耗大 CPU包含越来越多的电路,因此,占用越来越大的面积,消耗越来越多的能量。

2 RISC技术的主要特点

2.1 精心选择指令,优化指令系统。确定指令系统时,为做到精简,选取使用频度最高的一些简单指令,以及很有用又不复杂的指令。同时,采用简单的指令格式、固定的指令字长和简单的寻址方式,让指令的执

行尽可能安排在一个周期内完成。

2.2 采用加载(load)、存储(store)结构只允许加载(load)、存储(store)指令执行存储器操作,其余指令均对寄存器操作。大大增加通用寄存器的数量以提高速度。由于内存的速度较慢,CPU需要等待指令载入到寄存器,上面说过,不允许CPU出现空闲,因此提早载入指令也是增加运算速度的一种方法。至于储存结果的时候,CPU可以同时载入下一条要执行的指令。

2.3 不用微码技术 由于RISC的设计采用简单、合理的指令系统和简化的寻址方式,所以排除了微代码设计技术,也即不采用微码只读存储器(ROM),而是直接在硬件中执行指令,这意味着省去了将机器指令转化为原始微码这一中间步骤,也就减少了执行一条指令所需的机器周期个数,节省了芯片的空间,使得可以利用省下来的芯片空间扩展微处理器功能。

2.4 大寄存器堆 RISC微处理器中大量的计算都在ALU高速寄存器中执行,由编译器产生、分配和优化寄存器的使用,从而简化了流水线结构和使指令周期将到最小,同时又不访问内存,允许调用的嵌套执行,但这也增加了ALU周期中的寄存器存取时间和一些选址机构,因此在任务变换中需要较高的开销。

2.5 采用高速缓存(cache)结构 采用高速缓存结构,这样可保证指令不间断地传送给CPU运算器,采用硬连线控制在CPU内设置了一定大小的cache,以扩展存储器的带宽,满足CPU频繁取指需求,一般有两个独立cache,分别存放“指令+数据”,即指令高速缓存和数据高速缓存。因此可将存储器存取周期插入到使用高速缓存和工作寄存器的流水线存取操作中。

2.6 高效的流水线操作 当前不论什么结构的微处理器都毫无例外地采用了流水线技术,以达到高速执行指令的能力。CISC微处理器执行指令时效率低,甚至有时会执行过程处于短暂的停滞状态。例如:当处理器遇到一条执行时间比预定时间要长的指令,它必须延长这个指令的操

作,这样就阻止其他指令在流水线中正常执行流水操作,直到这条指令的完成,这种状态除了降低了执行指令效率外,还迫使设计者将微处理器的微结构在硬件设计上设计得更加复杂,以便对付这些问题。而在 RISC 微处理器设计中,它具有对指令执行时间的预测能力,因此它能使流水线在高效率状态下运行。

2.7 延迟转移 由于数据从存储器到寄存器存在二者速度差,转移指令要进行入口地址的计算,这使 CPU 执行速度大大受限,因此,RISC 技术为保证流水线高速运行,在它们之间允许加一条不相关的可立即执行的指令,以提高速度。

2.8 硬连线控制 采用少量、简单、固定的硬连线控制逻辑替代微码以实现减少指令系统,保证短周期、单周期执行指令,但不能处理复杂指令,除在特定状态机或使用垂直微码外,不能处理多个 LOAD / STORE 指令。

2.9 采用寄存器窗口技术 为了简单地支持高级语言,RISC 设计者把大寄存器堆分成多个重叠寄存器窗口,用以在执行高级语言中的过程调用和返回子程序的直接转换参数,这样就减少了调用和返回访问主存所消耗的计算时间。在 RISC 机器中,复杂指令是用子程序来实现的,因此 RISC 程序的调用数量必然大大超过 CISC 程序中的调用数量。采用重叠寄存器窗口技术可以大大减少调用和返回子程序访问的次数。

2.10 优化编译程序 编译程序能够分析数据流和控制流,并在这个基础上调整指令的执行顺序,巧妙安排寄存器的用法。在 RISC 的设计中,内存访问和条件转移都可能出现与流水线相关的问题,而优化编译器可以替代用复杂、昂贵的硬件来解决的难题,例如,在访问内存引起的时间延迟,可以通过合理利用寄存器使之达到最小影响程度。当一个寄存器的内容要为随后的运算所利用,而又无需从内存取时,优化编译程序可以识别出这种状态来,当遇到这样一条指令,访问内存不可回避时,编译程序能够重新排列这些指令,使得微处理器在等待把数据调入寄存器的这个时间里其他有效工作照常执行,并不需要等待取数据时间。类似的,一个优化编译程序也可以通过“延迟转移”的方法来处理无法预测的条件转移。这个技术也是重新安排指令序列,当处理器在判断转移条件时,允许在条件转移后面的指令先执行。虽然流水线和优化编译程序并不是 RISC 技术所独有的,但是这个技术

与 RISC 技术结合要比与 CISC 技术结合更加有效。

RISC 虽然在一定程度上弥补了 CISC 的不足,但是它并不完善,存在许多问题,还需要不断的改进。在目前这种情况下可以采取一些折中的方案,如在 RISC 处理器的内部装一个将 CISC 指令代码转换成 RISC 指令代码的部件,使其能执行 CISC 复杂的指令。现在大家使用的 Pentium 级以后的 intel 和 AMD 的 CPU 实际上都是这种工作方式。

3 RISC 系统和 CISC 系统相比具有的特点

3.1 指令系统 RISC 指令等长,指令执行周期数大多为 1,这一点没有了 CISC 中的复杂的寻址模式,提高了取指令和译码的效率。RISC 对不常用的功能,通过组合指令来完成。虽然执行效率较低,但可以通过流水线等技术来弥补这方面的不足。而 CISC 计算机的指令系统复杂,指令执行周期数平均为 4,有专用的指令来完成特定的工作。

3.2 程序设计 RISC 程序设计复杂,需要多条指令支持,不易设计;而 CISC 则程序设计简单,效率较高。

3.3 RISC 处理器的集成规模相对 CISC 处理器较小。RISC 微处理器结构简单,布局紧凑,包含较少的单元电路,面积小、功耗低;而 CISC 微处理器电路单元复杂,功能强大,因此面积大、功耗也大。

3.4 RISC 技术能更好地支持现代处理器技术,如并行处理,虽然 RISC 有这些优点,但它至今还未完全取代 CISC,这是因为:

3.4.1 由于指令简单,运行程序时需要较多的存储器来存储指令;而且 RISC 对存储器操作有限制,但 CISC 机器的存储器操作指令多,效率高。

3.4.2 将复杂性移回到了软件。

3.4.3 目前多数软件仅能在 CISC 系统中运行。支持 RISC 系统的应用软件和系统软件太少(如 Windows 系列中只有 Windows NT 能在 RISC 系统中运行)。

第一、二点随着存储器的降价和编译技术的发展,已经得到解决。第三点则需要软件商的支持。

比较 RISC 和 CISC 技术的目的,不是为了严格地区分它们,而是要将它们取长补短,有效地结合起来,设计出更加高效的机器。

4 总结与展望

RISC 技术并不仅仅是简单指令系统,CISC 技术也并不只是复杂指令系统。它们各自都有丰富的内容,在它们之间也没有绝对的分界线。它们都是要寻求机器的高性能,只是实现的方法不同而已。

目前,RISC 技术已形成了两种技术风格:一是使传统流水线更深的超流水线风格,二是每个时钟让多条指令进入流水线的超标量风格。RISC 技术已经在某些领域取得了令人瞩目的成就,对 CISC 技术构成了强有力的冲击。各具特色的 RISC 芯片不断涌现,并在许多领域已显示出其固有的特色。因此,可以说 RISC 技术极具生命力。但由于 CISC 技术有一定的历史基础,市场占有率高,因此不能简单地谁比谁好。应该说它们将会在激烈的竞争中互相取长补短,不断完善。这无疑会对计算机科学技术的发展产生积极的影响。

参考文献

- [1] D. Tabak. RISC Systems, Research Studies Press, UK and Wiley, NY. 1990
- [2] 何德书等. RISC 结构——现代计算机发展的最新技术. 电子工业出版社. 1992
- [3] 俞时权. 32 位微计算机系统. 上海交通大学出版社, 1990
- [4] R. Weiss. "RISC Processors: The New Wave in Computer Systems" Computer Design, May 15. 1987
- [5] Charles E. Robert. A RISC Processor for Embedded Applications with ASIC, IEEE Micro. 1991
- [6] 毕庶本. 64 位和 32 位高档微机系统设计. 山东科学技术出版社. 1994; 3
- [7] 周帆, 潘福美. 32 位微型计算机原理与应用. 北京气象出版社. 1995, 8-34
- [8] Gerry Kane et al. MIPS RISC Architecture. Prentice-Hall Inc., 1992
- [9] 王惠通等. RISC 技术和工作站发展与展望. 计算机工程与应用. 1990; (9)
- [10] 计算机系统结构. 清华大学出版社

作者简介

施志林, 男, 1963 年 1 月生, 2002 年 10 月毕业于江苏广播电视大学。现工作于江苏渔业船舶检验局, 工程师。