

# 基于新应用趋势的计算机系统结构研究的新方向

李大志<sup>1</sup> 张晓红<sup>1,2</sup>

(1. 上海师范大学 上海 200234 2. 山西师范大学 山西 临汾 041004)

【摘要】: 以 RISC 技术和分层存储器为主要特征的计算机系统结构在科学计算与数值处理领域获得了很大成功,但是新的应用要求和技术困难使得现有的体系结构很难适应未来的计算需要。本文分析了现有的体系结构与以多媒体处理和个人移动计算机为主要内容的应用趋势的不协调性,并探讨了一种新的计算机系统结构 Vector IRAM 的发展方向。

【关键词】: 超标量;流水线;指令级并行;高速缓存;主存;编译;多媒体;个人移动计算机;Vector IRAM

## 1. 引言

多媒体应用已经在越来越多系统中使用,如掌上计算机、笔记本电脑、网络路由器等。这些应用为计算机体系结构的设计提出了具有高实时性、低功耗、高带宽的需求的新挑战,其中体系结构调整是适应这种需求的一种主要途径。

计算机体系结构研究的核心内容是计算机软硬件界面,具体表现为指令系统。现代计算机的两种主要体系结构是 CISC 体系和 RISC 体系。其中 RISC 是近 20 年的研究主流。而随着计算机应用的普及,RISC 结构也出现了许多与以多媒体处理和个人移动计算机为主要内容的应用趋势的不协调。为了消除这些不协调,未来计算机体系结构将会向什么方向发展呢?

## 2. 计算机体系结构发展的现状

在过去的 20 年里,计算机系统结构研究的最主要成就无疑是 RISC 技术的完善。RISC 取代 CISC 成为工作站和服务器的主流技术。RISC 计算机以超标量、流水线、乱序执行、预取指令/数据、分支预测和指令取消等硬件技术和相应的基于编译器的优化技术为核心,利用指令级并行,在高端工作站和服务器领域占据了绝对的统治地位。

计算机的一个重要性能是速度,一般用执行程序的时间来测量其速度。一个程序的执行时间等于指令数乘以每条指令的执行时间,每条指令的执行时间等于每条指令执行的周期数乘以每周期的时间。在 RISC 的简单指令中,大多数指令可以在单周期内完成。随着半导体生产工艺的提高和 RISC 技术的完善,CPU 的运算性能已得到极大的加强。

现在,多媒体、面向对象数据库、Web 服务器等的大量应用使得内存要求的增加与 CPU 的高速发展的不相适应成为许多应用领域的瓶颈,并且这一制约效果还在继续增大。这一事实说明,如果不能解决内存系统的性能瓶颈问题,单纯地提高机器主频和算术逻辑功能是不够的。在许多尖端研究项目和主要硬件设备厂商的研究部门,内存系统研究成为取代 CPU 设计的新热点。当前计算机存储器系统的分层设计技术(缓存技术)适当的缓解了 CPU 与内存访问速度的差异。目前的 0.18 微米 CPU 制造工艺可以达到百万级晶体管集成度。根据美国半导体工业协会(SIA)的预测,在未来十年内晶体管集成度将达到 10 亿级。这种分层设计的存储器系统在 10 亿级晶体管集成度的环境中将不能很好地应用,对 CPU 运算能力将会造成更大的浪费。

对于外存而言,David Patterson 等的 RAID(冗余廉价磁盘技术)使磁盘系统的可靠性和磁道查找速度都得到很大提高,已成为所有领域的磁盘组织标准。随着 RAID 技术的应用和 I/O 领域的其它进步,以及 DBMS 系统查询和更新优化措施的采用,一直被认为主要受磁盘制约的数据库应用,逐渐也受内存系统制约。

## 3. 未来的计算需要

随着计算机网络和多媒体应用的普及和发展,对计算机系统结构的发展出现了新的要求,主要表现为以下几个方面:

### 1) 多媒体应用

首先,诸如录像播放、语音处理等多媒体应用的基本要求是具有最短的实时响应时间。如程序可能发生页错误、除零溢出、

分支预测等异常,它们使得响应时间不可预测。一般采用的方法是终止并刷新当前指令窗口和指令乱序缓冲区的所有指令,进行中断处理。现有的计算机系统目标主要是通过流水作业技术尽可能大的提高系统的吞吐量,最新的一些高性能超标量处理器都设计了非常大的指令窗口和指令乱序缓冲区,这样刷新指令窗口和指令乱序缓冲区的开销就会更大。这种设计已经不适应未来个人移动计算所需的性能特点。

其次,多媒体应用要求系统对连续媒体数据类型处理的支持,而目前对一个连续的输入流将其处理结果连续地输出到 I/O 设备,数据使用之后立即丢弃,重用很少。且多媒体处理的数据单位一般是 8 位至 16 位的像素和语音片段,与传统系统的基本运算单位 32 位或 64 位的长字节是不匹配的。

再次,三维图像处理和语音处理等多媒体应用中数据集重用性很低,但是数据量极大,需要很大的内存带宽,以提供所需的数据集。现有的内存总线带宽远远不能满足这种需求。

### (2) 硬件限制

个人移动计算对计算机的重量和尺寸有较高的要求,不能太大。目前桌面计算的 CPU/内部 Cache、外部 Cache 和主存部分来自占用一块芯片,这不可避免的增大了 Mobile PC 的体积和重量。但是,现有的系统结构大量采用乱序执行、数据预取、长总线等高能耗的技术。按照 SIA 的预测,10 亿级晶体管集成度下的 CPU 功率将达到 1000w,高出期望功率 300 倍。这样高的功率,需要很好的冷却装置,要求计算机的体积也不能太小。这实际上是计算机发展的一个难题。

## 4. Vector IRAM 体系结构

Vector IRAM 是由 U. of California at Berkeley 的教授提出用于满足移动式个人计算环境需求的体系结构。Vector IRAM 主要设计思想:进行向量处理,将逻辑单元和 DRAM 集成在同一个芯片上。前者解决多媒体处理的需求;后者解决便携系统对功耗、大小和重量要求。

Vector IRAM 包含一个 256 位媒体向量处理器和 8 条流水线的向量执行单元紧耦合,每条流水线支持多媒体数据类型和 DSP 函数的并行操作,96M 的 DRAM 作为主存,以及连接向量运算单元与 DRAM 的交换器。

我们知道,同样面积的芯片,DRAM 可以比 Cache 的存储容量高 30 至 50 倍,而能量消耗为 Cache 的 1/10。为了增加内存系统的访问速度,现代处理器芯片上用于 Cache 和基于 Cache 的内存访问优化逻辑已经占到整个处理器芯片的 70%~80%面积和 80%~90%的晶体管总量。同时 DRAM 容量保持每年 60%的高速增长。Vector IRAM 的向量运算单元不使用 Cache,这不仅使我们有足够的空间用于增加片上内存容量或向量运算单元的功能,而且更易于实现实时响应。也是面向连续媒体数据处理所作的改进。

同时,在 Vector IRAM 中,处理器与内存通过交换器直接相连,2x25.6GB/s 内存带宽应该可以满足未来许多年的数据传输问题。DRAM 芯片的三维结构能保证其极大的内部带宽潜力,当它不再受传统的内存总线引脚限制,可以为向 (下转第 122 页)

### 3.1 软件模块介绍

本系统软件采用模块化方法设计,各模块及功能大致如下:

(1) 初始化模块。对所有使用到的中间继电器 M, 定时器 T 和数据寄存器 D 进行初始化处理。对一些需要初值的参量赋值。

(2) 温度采集模块。将温度模块采集到的数字量进行处理,得到现场的温度值。

(3) 增管,减管判断模块。通过与用户设定值的比较,判断何时增减电热管及相关逻辑。

(4) 电热管投切逻辑模块。根据增减电热管的判断结果和目前电热管的运行状态,来决定哪一组电热管应该投入或切断。一般遵循的是“先投先切”的原则,尽量做到各组电热管的加热时间一致。

(5) 报警处理模块。处理各种报警信息。

(6) 通讯模块。通过电话线与调制解调器的连接,实现程序的远程监控与维护,另外还能在报警故障是通过发送短信的方式,提醒维护人员,作到真正的自动化。

以上是对 PLC 的模块设计,另外人机界面的设计大致就是显示报警界面和现场各参数及状态的显示。

软件系统流程框图如图 4。

### 3.2 系统的控温方法:

锅炉出水温度的调节主要是通过电热管的状态来实现。根据电热管是系统的开关量输出,本课题采用了分段控制方式。

分段控制方式的主体思想是偏差控制,即当参数实际采集值和用户设定值之间存在偏差时,系统通过调节某些量来减小偏差,直至实际采集值等于用户设定值为止。但在实际应用中,由于系统误差的存在,实际采集值不可能正好等于用户设定值,因此只要偏差存在,系统就产生某些动作,如开启电加热丝,这样容易造成控制系统的振荡,

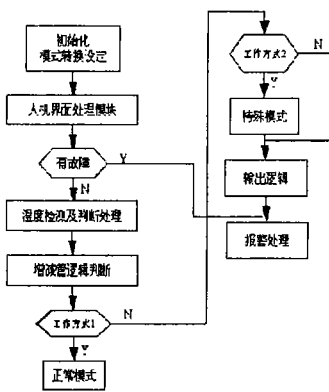


图4 软件流程图

外围设备频繁启停,简短其使用寿命,更可能引发事故。

因此,本课题引入了回差的概念,即给用户设定值一个可以接受的波动范围,在次范围内都可近似认为达到了用户要求。例如:

用户设定炉水温度为 T, 回差为 h, 则:

$$\begin{cases} T_1 = T + h \\ T_2 = T - h \end{cases}$$

T1 是炉水温度设定上限

T2 是炉水温度设定下限

锅炉在正常运行时,电加热丝状态根据用户炉水温度设定值,回差和炉水温度进行控制。以某一电加热丝为例:当炉水温度低于下限时,投入电热丝,迅速加热;当炉水温度高于上限,切断电加热丝;当炉水温度位于两者之间时,保持原来的状态。如此周而复,使炉水温度不断在回差范围内波动,为供热系统提供稳定的热源。

由于回差的引入,把温度控制范围分为了三段,因而增加了控制手段,提高了控制精度和准确度,电加热丝的开关不是在一个温度点上,避免了频繁启停电热丝。

回差设定的大小,直接关系到电加热丝的启停的频繁度,因此有时为保护电加热丝,可在精度允许的范围内,适当加大回差。

### 4. 结束语

本系统自投入试运行以来,基本能满足用户的要求,运行稳定可靠。其全中文操作界面直观友好,操作简便,图形按钮是用户操作方便。PLC 提供的标准通讯端口,可实现远程通讯与监控。楼宇系统可对每一台锅炉进行监控,各台锅炉之间也可进行联网通讯和监控,实现了全自动化运行和无人值守。

### 参考文献:

- 王永华,陈建华,基于 S7-200PLC 的高性能电热锅炉控制系统,仪表技术与传感器,2002
- 易钊,多功能绿色环保锅炉智能控制系统 2002.6
- 王富勇,浅谈电热锅炉技术及其应用与发展,电站辅机,2003.9
- 刘玉柱,浅谈电热锅炉技术,呼伦贝尔学院学报,2002.7
- 三菱 FX 系列编程手册

(上接第 33 页)

量处理提供源源不断的数据流。

Vector IRAM 把 CPU 与 DRAM 芯片集成在一起,并对 CPU 做了大幅度的简化设计,所以其体积和重量是相当小的。

### 5. 结束语

对于主要面向多媒体和个人移动计算 Vector IRAM,其简单的标量 CPU 的整数运算能力不如桌面工作站。而且由于集成的 DRAM 总量与交易处理和文件服务的要求相差较大,Vector IRAM 无法与多处理器分布式共享内存系统相抗衡。所以,Vector IRAM 在传统的应用领域没有性能方面的优势。

但是,基于个人移动计算的多媒体处理的应用,是未来若干年计算的主要应用模式。应用需求推动计算机研究的发展。而 Vector IRAM 的主要优势是:高存储器带宽、减少能源(减少片外总线高阻驱动)、管脚少,所以可以将更多的管脚用于 I/O(更高的 I/O 带宽)、片上存储器,能将处理器-存储器时延减少 5-10 倍,带宽增加 5-20 倍。Vector IRAM 的这些优势正是未来多媒体处理和个人移动计算必备的基本要素,有很好的应用前景。

### 参考文献:

- 郑纬民,汤志忠 计算机系统结构[M].北京:清华大学出版社,1998
- 新一代计算机系统结构.中国图象图形学报,第 366 期,第 2 卷
- Jeffrey L.Whitten,Lonnie D.Bentley,Kevin C.Dittman 系统分析与设计方法,高等教育出版社,2001
- 李学干,苏东庄 计算机系统结构[M].西安:西安电子科技大学出版社,1998
- Introduction on Novel Memory-on-chip Architectures. Lecture on High Performance Processor Architecture. Fall 2005
- W.J.Armstrong, R.L.Arndt, D.C.Boutcher, R.G.Kovacs, D.Larson, K.A. Lucke, N.Nayar, R.C.Swanberg. Advanced virtualization capabilities of POWER5 systems
- J.A.Kahle, M.N.Day, H.P.Hofstee, C.R.Johns, T.R.Maeurer, D.Shippy. Introduction to the Cell multiprocessor
- 高三红,吕勇,刘国胜.计算机体系结构发展趋势分析.飞行器测控学报,第 22 卷 第 2 期
- (美)亨尼西等著,郑纬民等译.计算机系统结构——量化研究方法.电子工业出版社