

文章编号:1000-582X(2004)07-0021-03

基于 DSP 技术的虚拟式 FFT 频谱分析仪*

吴宏钢,秦树人

(重庆大学机械工程学院测试中心,重庆 400030)

摘要:虚拟仪器已经成为仪器发展的一个重要方向,目前已在众多领域获得了广泛应用。FFT 频谱分析是机械工程、故障诊断等诸多领域所广泛采用的分析方法。但传统 FFT 频谱分析仪存在着不易更新、价格昂贵等缺点,虚拟式 FFT 频谱分析仪的产生摆脱了传统 FFT 分析仪的多种限制,为 FFT 分析仪的广泛应用铺平了道路。DSP 技术在虚拟仪器中的应用更为虚拟仪器发展提供了广阔前景。作者在深入研究 DSP 处理系统的基础上,开发了基于 DSP 技术以及 PCI 总线的虚拟式 FFT 频谱分析仪,设计新颖,实用性强,进一步展示了虚拟仪器在仪器发展中的重要地位。

关键词:虚拟仪器; DSP; PCI 总线; FFT; 频谱分析仪

中图分类号:TH 7

文献标识码:A

1 虚拟仪器概念和特点

虚拟仪器是虚拟技术在仪器仪表领域中的一个重要应用。它是日益发展的计算机硬件、软件和总线技术在向其他技术领域密集渗透的过程中,与测试技术、仪器仪表技术密切结合,共同孕育出的一项新的成果。20 世纪 80 年代,NI 公司首先提出了虚拟仪器的概念,认为虚拟仪器是由计算机硬件资源、模块化仪器硬件和用于数据分析、过程通讯及图形用户界面的软件组成的测控系统,是一种由计算机操纵的模块化仪器系统。虚拟仪器是以计算机作为仪器统一的硬件平台,充分利用计算机独具的运算、存储、回放、调用、显示以及与文件管理等基本智能化功能,同时把传统仪器的专业化功能和面板控件软件化,使之与计算机结合起来融为一体,这样便构成了一台从外观到功能都完全与传统硬件仪器一致,同时又充分享用计算机智能资源的全新的仪器系统^[1]。由于仪器的专业化功能和面板控件都是由软件形成,因此国际上把这类新型的仪器称为“虚拟仪器”。

2 DSP 在虚拟仪器中的应用

在 PC 虚拟仪器领域,采用高速 DSP 和局部总线的结构将成为 PC 虚拟仪器的主流结构^[2]。虚拟仪器作为仪器发展的新阶段,虽然它的专业化功能和面板控件都是以软件形式所表现出来,但其处理的事情仍

需要硬件设备来完成。目前,虚拟仪器主要处理由数据采集卡所采集到的数字信号,对其进行分析、运算和显示。数据的处理是由软件控制计算机系统,借助 CPU 来完成。当系统运行在 WINDOWS 等多任务操作系统时,特别是在处理如 FFT 等大容量、高精度的运算时,CPU 资源会造成严重不足,这给虚拟仪器的应用带来一定的不便。

DSP 芯片是专门用于数字信号处理的芯片,它能独立于 CPU 单独运行,同时又有丰富的接口处理功能。更为重要的是,DSP 芯片对数字信号的处理由其装载的程序控制,开发人员可根据实际的需求自行开发程序,然后再将程序装载入芯片,从而达到数字信号处理的目的^[3]。虚拟仪器能借助 DSP 处理系统,将采集来的数据在 DSP 中进行预处理,然后再将数据传递给软件部分,这样不但没有增加系统的负担,相反,可以让系统资源用更多的时间来处理其他事情。

3 频谱分析仪的应用和发展

频谱分析是信号分析处理中常用的分析方法,主要是在频域上对信号进行处理、分析以及显示。目前,频谱分析在生产实践与科学研究中获得了日益广泛的应用。例如,在声纳系统中,为了寻找海洋水面舰艇或

* 收稿日期:2004-04-20

作者简介:吴宏钢(1975-),男,江苏靖江人,重庆通信学院讲师,重庆大学硕士研究生,主要从事 DSP 系统开发和虚拟仪器的研究。

潜艇,需要对噪声信号进行频谱分析,以提取有用信息,判断舰艇运动速度、方向、位置、大小等;又如,对飞机、轮船、汽车、汽轮机、电机、机床等主体或部件进行实际运行的频谱分析,可以提供设计数据和检验设计效果,或者寻找振源和诊断故障,以便及时排除潜在故障因素,保证安全运行等^[4]。

早期的频谱分析仪实质上是一台扫频接收机,输入信号与本地振荡信号在混频器变频后,经过一组并联的不同中心频率的带通滤波器,使输入信号显示在一组带通滤波器限定的频率轴上。由于带通滤波器由电感、电容等多种无源、有源元件构成,频谱分析仪显得很笨重,而且频率分辨率不高。随着电子电路技术的发展,出现了以傅立叶变换为基础的现代频谱分析仪,这类频谱分析仪以电子电路来实现傅立叶变换,从而实现频谱分析。但是,这类频谱分析仪仍然是以硬件电路来实现的传统意义上的频谱分析仪,他们有着自身无法克服的缺点:复杂性、封闭性和昂贵性等。

随着计算机技术的发展和普及,虚拟仪器技术应用到频谱分析仪中,克服了传统硬件化频谱分析仪自身无法克服的缺点^[5]。

4 虚拟式 FFT 频谱分析仪的系统设计

4.1 基于 DSP 的数据采集卡的开发

FFT 分析要求首先对被分析的信号进行数字采样,然后再进行 FFT 运算。在系统中,信号的采样和 FFT 计算全部在数据采集卡上实现。为了保证时域信号和 FFT 处理后的数据能实时传递给系统 CPU,采集卡与主机之间采用 PCI 接口。

根据系统要求和实际条件,采集卡的结构框图 1 如下:

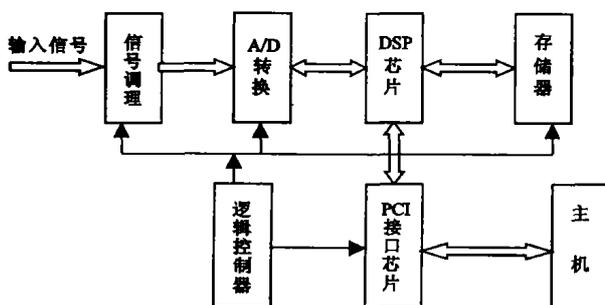


图 1 基于 DSP 的数据采集处理卡系统框图

4.1.1 信号调理

信号调理模块实现信号的输入缓冲、放大和滤波。在系统中,信号的缓冲由集成运放组成同相跟随器来实现。放大器采用 TI 公司的可编程放大器 PAG103U,放大倍数的改变由 DSP 和逻辑控制器共同实现,该设计中,可

对 4 输入通道信号分别进行放大倍数控制。调理模块中的滤波器为低通滤波,主要用于对信号进行抗混叠滤波,以确保信号的有效 FFT 分析。

4.1.2 A/D 转换

A/D 转换是进行数字采样的主要方式,其采样率和分辨率是系统设计的主要要求。在设计中,A/D 芯片采用 MAX125,单通道最高采样率可达 250 kS/S,输出为 14 位并行输出,比较电压为 $\pm 5V$ 。

4.1.3 DSP 芯片

DSP 是该系统进行 FFT 运算的处理器,它的精度和速度在很大程度上决定了 FFT 分析仪的性能。考虑到 FFT 运算中实时性和精度方面的要求,设计时选用 TMS320VC33 浮点型 DSP 芯片。

4.1.4 存储器

存储器可用于存放大量的表格数据和一些临时数据。因为 DSP 在做 FFT 运算时要用到大量正弦及其他数据表格,而通常固化 DSP 程序的闪存和 DSP 的数据交换较慢,为保证 FFT 的运算速度,可在 FFT 运算前,将表格数据存储于 DSP 外的高速存储器内。

4.1.5 逻辑控制器

逻辑控制器是协调各模块间互相通信和联系的核心,设计中采用了 ALTERA 公司的 EPM7128SLC84 型 CPLD。既保证了地址译码等信号传递的速度,又符合集成设计的要求。

4.1.6 PCI 接口芯片

PCI 接口芯片是联系局部总线和 PCI 总线的纽带,PCI 总线有着严格的电气规范和时序要求,采用接口芯片可以减少电路设计的工作量,特别对于在实现 5V 板同 3.3V DSP 的数据传递时,采用可同时兼容这两种电压的接口芯片还省去了转换电路的设计。

数据采集处理卡工作时,各主要模块间通过控制器后的基本控制流程图如图 2。

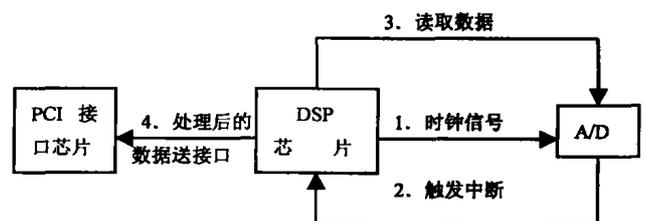


图 2 各主要模块工作流程图

4.2 虚拟式 FFT 频谱分析仪软件设计

该系统软件包括两个方面: DSP 软件的设计和应用程序的设计。

4.2.1 DSP 软件的设计

DSP 软件由 DSP 主程序和中断服务程序组成。

DSP 主程序主要完成以下任务:读入用户设置的采样频率参数,并根据这个参数初始化时钟,以产生正确的采样时间信号;读入采样通道参数并用它初始化 MAX125;读入用户放大倍数,设置可编程放大器;

中断服务程序主要用来响应 A/D 所产生的中断,在设计中,中断服务的任务主要是读取 A/D 转换后的数据,并判断其是否达到 FFT 点数,如没达到则返回,反之,进行 FFT 运算,并将数据传递给接口芯片。

4.2.2 应用程序的实现

应用程序是实现人机交换的控制软件,数据结果的显示以及输入参数的改变都是在此完成的,要求应用程序既要有很好的稳定性,又要易于操作。系统的应用程序以及采集卡的驱动程序都是在 VC++ 的基础上编写出来的,具有很好的稳定性和可移植性^[6]。图 3 是基于 DSP 技术的虚拟式 FFT 频谱分析仪面板图。

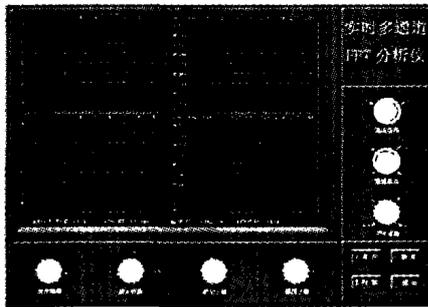


图3 虚拟式实时多通道 FFT 频谱分析仪界面

5 系统应用示例

系统设计完成后,在多台 PC 机和 WIN98 和 WIN2000 两种环境下,都能很好地运行和操作,符合设计目的和要求。图 4 是两通道同时对一三角波采样和 FFT 分析的结果显示。

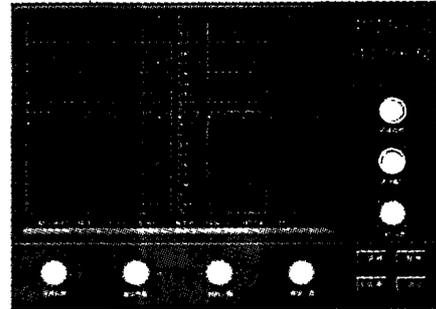


图4 虚拟式实时多通道 FFT 频谱分析仪应用示例图

6 结论

DSP 技术引入到虚拟仪器系统中,使得虚拟仪器的性能突破了通用计算机的限制,并为虚拟仪器广泛代替传统硬件平台仪器在实时性和精确性上提供了保证。现代计算机提供的 PCI 等高速数据接口,进一步拓宽了基于 DSP 的数据采集卡的数据传输带宽。可以预见,随着 DSP 技术的发展和它在虚拟仪器中的应用,虚拟仪器必将加快它的步伐而在仪器行业中大放异彩。

参考文献:

- [1] 秦树人,张思复,汤宝平,等. 集成测试技术与虚拟仪器[J]. 中国机械工程,1999,10(1):77-80.
- [2] 刘阳,郭修焯. 基于 PC 总线虚拟仪器的关键技术及发展前景[J]. 电子技术应用,1996,16(3):93-95.
- [3] 王念旭. DSP 基础与应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000.
- [4] 卢文祥,杜润生. 机械工程测试·信息·信号分析[M]. (第二版). 北京:华中科技大学出版社,1999.
- [5] 万相奎,秦树人,尹爱军. 虚拟式多通道温度测试仪[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2002,25(4):11-13.
- [6] 吴宏钢,秦树人,王娅仙. 利用高速数据卡开发通信测试仪[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2003,26(8):8-9.

Virtual FFT Spectrum Analyzer Based on DSP Technology

WU Hong-gang, QIN Shu-ren

(Testing Center, College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Virtual Instrument has become an important direction of instrument development, now it has been widely used in many fields. FFT analysis is a widely used method in mechanical engineering, fault detection and many other fields. However, the traditional FFT analyzer is expensive and is not easy to upgraded. The birth of virtual FFT Spectrum Analyzer gets rid of the limit of traditional FFT analyzer, and paves the way for the application of FFT analyzer. The uses of DSP technology make the future broadened of Virtual Instrument. This article, based on the deep study of DSP system, designs a virtual FFT Spectrum analyzer based on DSP technology. The design is new and of great practicality, which indicates the important role of Virtual Instrument in the development of instruments.

Key words: virtual Instrument; DSP; PCI bus; FFT; spectrum analyzer

(编辑 成孝义)