

基于 AC6111 的虚拟仪器设计

王正友¹, 刘志龙², 王兴和², 缪 华³

(1. 南京工程高等职业学校信息工程系, 江苏 南京 211135)
(2. 南京师范大学物理科学与技术学院, 江苏 南京 210023)
(3. 解放军国际关系学院教育技术中心, 江苏 南京 210039)

[摘要] 虚拟仪器技术是利用高性能的模块化硬件, 结合灵活高效的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用. 以 AC6111 为数据采集模块, 在 LabView 虚拟仪器开发平台环境下研制开发信号采集和频谱分析系统, 利用可视化技术将丰富的计算机资源与数据采集硬件结合起来, 完成具有图形界面的虚拟仪器, 成功实现对输入信号的采集、分析、显示和数据存储等功能, 其性能得到实验验证.

[关键词] AC6111, LabView, 虚拟仪器, 信号采集和分析

[中图分类号] TP273 [文献标志码] A [文章编号] 1672-1292(2013)03-0027-05

Virtual Instrument Design Using AC6111 Acquisition Module

Wang Zhengyou¹, Liu Zhilong², Wang Xinghe², Miao Hua³

(1. Department of Information Engineering, Nanjing Engineering Vocational College, Nanjing 211135, China)
(2. School of Physics and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)
(3. Center of Educational Technology, PLA Institute of International Relations, Nanjing 210039, China)

Abstract: Based on high-performance data acquisition modular hardware, virtual instrument is designed for automatic measurement in testing applications with high-efficiency flexible software. The conception, composition, classification and characteristics of virtual instruments are firstly introduced in detail, and the development environment and the corresponding feature of LabView are also presented. Based on the functions of the AC6111 data acquisition module, a virtual instrument is designed for waveform collection and spectrum analysis by using the LabView platform. Applying the friendly graphical interface of visualization technology, the functions of the AC6111 hardware are combined with computer resources to extend the virtual instrument design. The functions of data acquisition, signal analysis, waveform display and data storage are realized and the performance is also testified by the experimental measurements.

Key words: AC6111, LabView, virtual instrument, signal acquisition and analysis

仪器技术发展至今, 经历了模拟仪器、数字化仪器、智能仪器及单台仪器、层叠式仪器系统阶段. 随着电子技术、计算机技术和数字信号处理技术的迅猛发展, 以及它们在测量和测控领域中的广泛应用, 新的测试理论、测试方法和仪器不断出现. 仪器的概念及其设计理论正发生着巨大的变化, 虚拟仪器^[1-3]受到了越来越多的关注.

虚拟仪器是一种以全新的理念设计和发展的仪器, 它是 20 世纪 90 年代开始发展起来的一项新技术. 虚拟仪器技术利用模块化硬件, 结合灵活高效的软件来完成各种自动测试、过程控制、仪器设计、数据分析和自动化的应用^[4-6]. 灵活高效的软件能帮助创建自定义的用户界面, 其基本思想就是在设计或测试系统中尽可能用软件代替硬件, 即“软件就是仪器”, 在通用计算机平台上, 根据用户需求来定义和设计仪器的测试功能, 其实质是充分利用计算机的新技术来实现和扩展传统仪器的功能. 这种测试仪器的硬件功能软件化, 给测试仪器带来了深刻的变化, 因此虚拟仪器代表了当前测试仪器发展的方向之一. 虚拟仪器的诞生是一场具有巨大历史意义的技术革命, 对仪器制造业和测试技术界, 对科学实验与科学仪器、分析仪器、

收稿日期: 2013-05-20.
基金项目: 国家自然科学基金(11274176).
通讯联系人: 王正友, 副教授, 研究方向: 电子技术和计算机软件设计. E-mail: njwzhy@163.com

尖端仪器等,产生巨大而深远的影响,使科学实验告别庞大、繁重和昂贵的传统仪器的模拟、数字、智能三个时代,迎来小巧、轻便、低成本、自动化、智能化、多功能的第四个时代.

自 1986 年问世以来,世界各国的工程师和科学家们都已将 LabView^[7] 这一开发工具用于产品设计周期的各个环节,从而大大改善了产品质量、缩短了产品投放市场的时间,从而提高了产品开发和生产效率.使用集成化的虚拟仪器环境与现实世界的信号相连,分析数据以获取实用信息,共享信息成果,有助于提高生产效率.虚拟仪器的出现,像 PC 机出现一样会影响到各行各业,影响全人类的社会活动,包括教学、科学研究、国防和工农业生产,甚至进入家庭的自动化管理.目前,HP、NI 等大批的仪器制造厂家正在从传统的模式化仪器转向研发生产 VI 仪器,新兴的 VI 仪器生产厂家不断涌现.NI 和 COINV 正在形成规模生产,大批的 VI 仪器成为目前的主流测试仪器^[8,9].可以说,基于信号处理技术的高技术虚拟仪器正在进入主流平台,产业化正在形成,前景光明.

本设计以 AC6111 数据采集模块为核心,在 LabView 虚拟仪器开发平台上,利用可视化技术将丰富的计算机资源与数据采集硬件结合起来,设计了一种信号采集和分析系统,通过友好的图形界面操作计算机,成功实现对输入信号的采集、分析、显示和数据处理等功能,完成虚拟仪器的基本功能.

1 虚拟仪器系统设计

如图 1 所示,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、过程通信及图形用户界面的软件组成的测控系统,是一种计算机操纵的模块化仪器系统.虚拟仪器的发展有两种方式,一种是将计算机装入仪器,实现智能化、微型化和嵌入式;另一种方式是将仪器装入计算机,以通用的计算机硬件及操作系统为依托,实现各种仪器功能.虚拟仪器中的硬件关键^[10-12]主要用于解决信号的调理以及输入、输出问题,而软件主要用于实现对数据的读取、分析和处理、显示以及对硬件的控制等功能.

虚拟仪器是基于计算机的测量设备,其硬件计算机及 I/O 接口设备主要完成输入信号的采集、放大、模/数转换及数/模转换盒信号输出控制等.不同的总线有其相应的 I/O 接口硬件设备.根据仪器的三大功能,设计仪器必须解决好设备接口问题,因此虚拟仪器软件由应用程序和 I/O 接口仪器驱动程序组成,其中应用程序是实现虚拟面板功能的软件程序,I/O 接口仪器驱动程序完成特定硬件设备的扩展、驱动与通信.虚拟仪器可以在相同的硬件平台下,通过不同测试功能软件模块的组合,实现功能完全不同的各种仪器.因此软件是虚拟仪器的核心,体现了测试技术与计算机技术深层次的结合.目前的虚拟仪器软件开发平台常用基于文本编程语言开发工具和基于图像化编程语言开发工具.

1.1 AC6111 功能和硬件设计

AC6111 是一款中速度通用 A/D 板,广泛应用于电力谐波、记录测量、医疗仪器、震动信号采集、频谱分析,采用 PCI 总线支持即插即用,无需任何跳线和开关设置,具有 16 路模拟输入、2 路 12 位 D/A 输出、16 路可编程开关量、1 路 16 位计数器,采集转换支持多种触发形式.AC6111 采用大规模可编程门阵列设计,数据采集模块实时采集外部输入数据,通过 PCI 总线接口传送至计算机.计算机通过软件编程处理,结合图形界面从而完成对信号的显示、数据处理(包括频率、幅值等)、频谱分析等,能够满足采集外部输入信号并与计算机交互的要求.同时,AC6111 支持包括 Win98/Win2000/Win XP/Vista 在内的多种操作系统,支持包括 MFC、Visual C++、Visual Basic、LabView 在内的多种软件编程语言,使以图形界面操作计算机并组成虚拟仪器成为可能.

如图 2 所示,AC6111 采用双板的 PCI 插板格式,输入输出采用 DB25 接头,16 路输入,支持通道扫描和伪同时采样(同步采保)扫描模式.支持 16 路单端/8 路差分输入,12 位 400 kHz 的 A/D 转换器,多通道

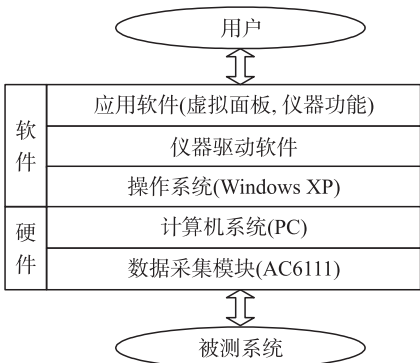


图 1 虚拟仪器数据采集系统结构

Fig.1 Structure of the virtual instrument data acquisition System

采集速度可以达到最大采样速度. 模拟输入通道支持自动扫描模式, 可以设置任意起始、截止通道. 输入量程可在 5 V、10 V、±5 V、±10 V 范围内程控, 启动模式也分软件、外部硬件触发, 触发可选择上升、下降边沿有效. AD 接口采用 4 kword 的 FIFO, 支持大容量数据采集, 这就使得本设计的数据采集、存储和分析成为可能. 通过 AC6111 的硬件结构可以看出, 16 路信号由同步切换开关选择, 输入信号经过信号调理和量程选择后送给 AD 进行信号采样, 所得到的数据送给 XC95288 门阵列实现数据的临时保存, 经过 PLX9052 完成 PCI 总线的数据传输, 实现信号的高速检测. 由于 AC6111 中使用同一个 AD, 因此在单路信号采集时的采样频率最大值为 400 kHz, 而 16 路数据采集时信号的最大采样频率只能做到 $400\text{ kHz}/16 = 25\text{ kHz}$.

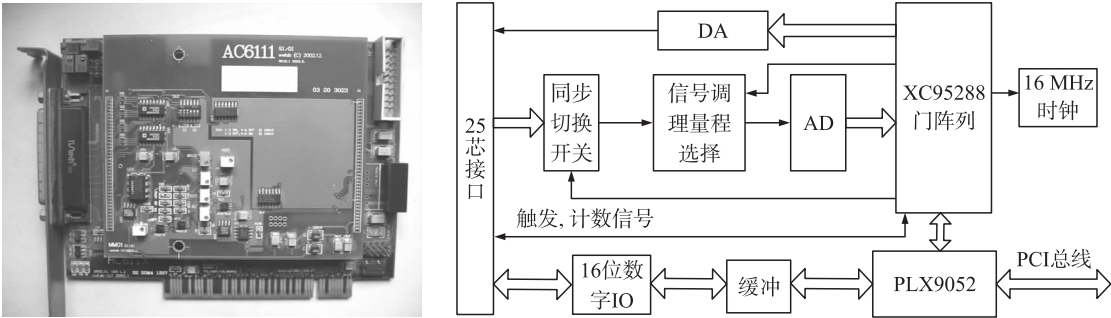


图 2 AC6111 板卡照片和硬件结构
Fig. 2 Mainboard picture and hardware structure of AC6111

1.2 基于 AC6111 的虚拟仪器 LabView 软件设计

在虚拟仪器的设计中, 利用 AC6111 的 AD 功能完成设定长度的波形的采集和分析, 每一次数据采集过程分为初始化、AD 采样、AD 数据分析、停止采样和关闭设备五部分.

图 3 给出 AC6111 实现数据采集的流程图. 初始化中, 数组 AD_KFIFO 用于存放输入信号经过板卡 AD 转换后得到的数据, 并经由 ADDData (in) 交后续部分进行数据分析和处理. hDevice 为板卡驱动句柄, 在设备初始化成功后, 返回 AC6111 板卡驱动句柄为 error=0.

为调试方便, 用 AIN0 作为采样通道 (单通道数据采集); 令内置函数参量 gain=2 设置 AD 的输入量程为 -5 V ~ +5 V; 令内置函数参数 sammode=0 设置采样模式为 normal 普通扫描模式; 令内置函数参数 trsl=0 设置触发模式为软件启动一次采样过程; 令内置函数参数 trpol=0 设置触发输入极性为外部触发上升边沿有效; 系统激励使用板卡内部时钟上升沿有效, 通过令 clksl=0 和 clkpol=0 设置时钟模式; 通过 tdata 可设置采样频率, 在前面板上可根据实际输入信号的频率通过 sample rate 修改此值, 从而使板卡的 AD 转换效率较高的运作.

图 4 给出数据处理程序. 内部函数从前面数组 AD_KFIFO 中读取满 1 024 个值之后, 通过 ADDData (out) 一方面送至坐标图绘制波形, 另一方面经过动态数据类型处理送至 Filter 进行滤波. 本设计中滤波器采用了无限长冲激响应 (IIR) 滤波器, 拓扑结构为五阶的 Butterworth 低通滤波器^[13], 截止频率为 10 kHz, 并滤除信号中的直流成分. 滤波之后的信号由坐标图绘制滤波后的波形, 同时送至频谱测量模块进行频谱分析. 频谱分析采用快速傅里叶变换 (FFT)^[14] 对输入信号进行实时的频谱分析, 并将分析结果送至坐标图绘制输入信号的频谱图. 为实时高速地数据采集和分析, 每 100 ms 执行一次上述过程, 即该程序会从数组 AD_KFIFO 中读取 1 024 个输入信号采样值, 并执行后续一系列数据处理.

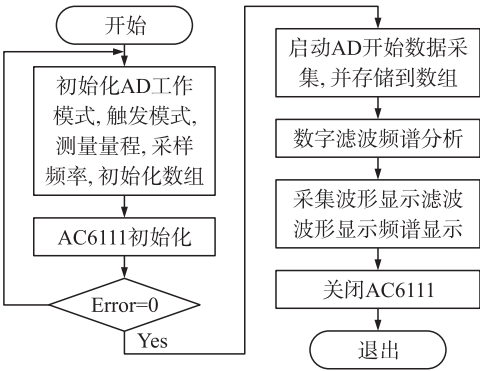


图 3 AC6111 数据采集和频谱分析流程图
Fig. 3 Flow chart of data acquisition and spectrum analysis with AC6111

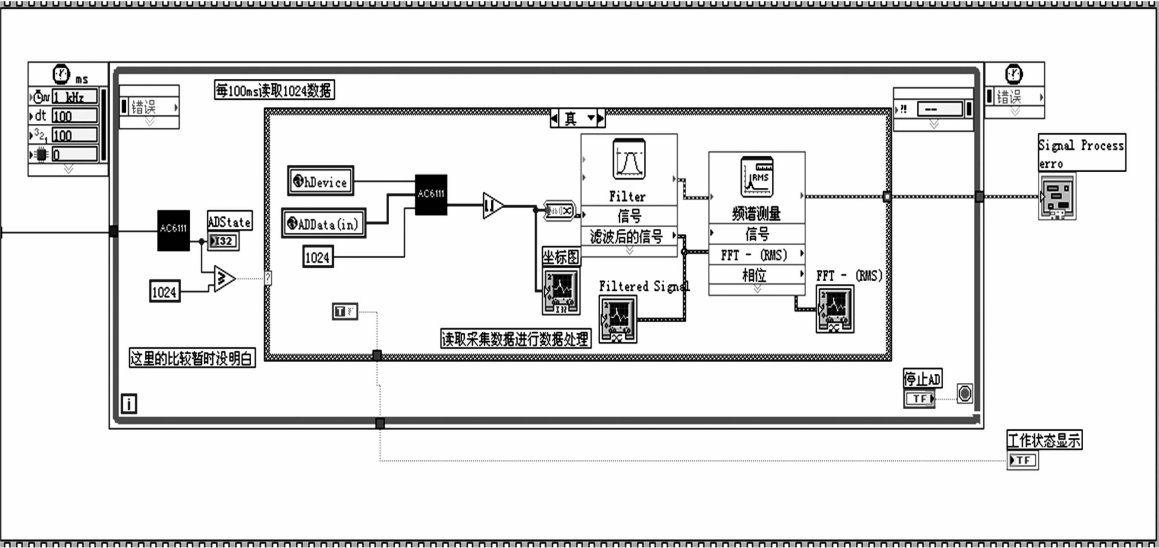


图 4 数据处理 VI 程序

Fig. 4 VI program of data processing

2 实验测量结果

为了验证所设计数据采集系统的性能,通过专用信号源 (Agilent 33250A) 输出不同频率和幅度的信号, 并通过 AC6111 进行信号采集和频谱分析,比较其性能. 首先输入频率 100 Hz、幅度 5V_{pp} 的正弦信号,系统测量显示的波形如图 5 所示. 由于设定的采样频率为 1 000 Hz,采集的数据显示为如图 5(左)所示的十周期正弦波,经滤波和去直流后的波形如图 5(中)所示,可以看出其电压在±2.5 V 之间,和信号源的输出设定一致. 从图 5(右)所示的频谱图可以看出,信号的能量完全集中于 100 Hz 处,没有其他频率的信号.

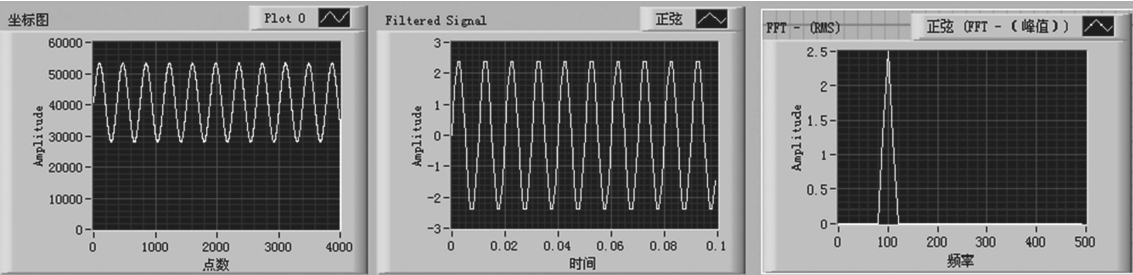


图 5 100 Hz 正弦波的测量结果(测量波形(左),滤波波形(中),频谱图(右))

Fig. 5 Measurement results for sine wave at the frequency of 100 Hz(measured waveform,filtered waveform and corresponding spectrum)

将信号源的输出信号设定为输入 5 kHz、5V_{pp} 的方波信号,用以进行数据采集高频谐波的能力分析. 设定采样频率为 10 kHz,所采集到的波形和频谱如图 6 所示. 将采集到的如图 6(左)所示的信号经过滤波后所得波形如图 6(中)所示,可以清晰看到周期为 1 ms 的方波,经频谱分析后得到如图 6(右)所示的频谱图,可以看出方波信号包含 1、3 和 5 kHz 3 个频率的信号,且谐波成分随着频率的升高逐渐降低,完全符合方波信号的谐波分布规律.

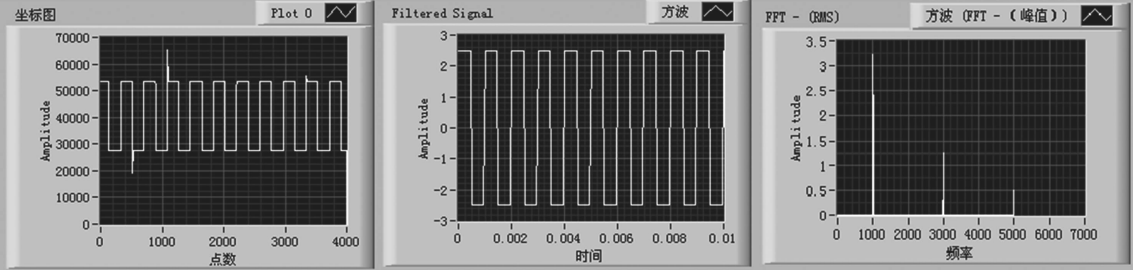


图 6 1 kHz 方波的测量结果(测量波形(左),滤波波形(中),频谱图(右))

Fig. 6 Measurement results for square wave at the frequency of 1 kHz(measured waveform,filtered waveform and corresponding spectrum)

3 结论

本设计以 AC6111 为数据采集模块,在 LabView 虚拟仪器开发平台上,利用可视化技术将丰富的计算机资源与数据采集硬件结合起来,设计虚拟仪器数据采集系统,通过友好的图形界面操作计算机,成功地实现了对输入信号的采集、分析、显示和数据处理等功能.实验测量证明,系统具有良好的稳定性和实时性,能够完成 100 kHz 以内信号的采集和频谱分析,为 AC6111 在虚拟仪器中的实际应用开拓新方向.本设计为实验室的数据采集和分析提供了一种简单便捷的信号处理方法,可以作为科研或实验应用的前级系统,具有良好的应用价值.

[参考文献](References)

- [1] 陈尚松,李智,雷加,等.虚拟仪器回顾与展望[J].国外电子测量技术,2009,28(12):17-26.
Chen Shangsong, Li Zhi, Lei Jia, et al. Review and prospect of virtual instrumentation[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2009, 28(12): 17-26. (in Chinese)
- [2] Viktor Smiesko, Karol Kovac. Virtual instrumentation and distributed measurement systems[J]. Journal of Electronic Engineering, 2004, 1(2): 50-56.
- [3] 曹国华.虚拟仪器及其应用[J].南京师范大学学报:工程技术版,2003,3(1):10-17.
Cao Guohua. Virtual instrument and its applications[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2003, 3(1): 10-17. (in Chinese)
- [4] 张爱平. LabView 入门与虚拟仪器简介[M].北京:电子工业出版社,2004.
Zhang Aiping. Introduction to Visual Instrument and LabView[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2004. (in Chinese)
- [5] 黄松岭,吴静.虚拟仪器设计基础教程[M].北京:清华大学出版社,2008.
Huang Songling, Wu Jing. Basics Tutorial for Virtual Instrument Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008. (in Chinese)
- [6] 杜娟,邱晓晖,赵阳,等.基于 LabVIEW 的数据采集与信号处理系统的设计[J].南京师范大学学报:工程技术版,2010,10(3):7-10.
Du Juan, Qiu Xiaohui, Zhao Yang, et al. Data acquisition and signal processing system based on LabView[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2010, 10(3): 7-10. (in Chinese)
- [7] 刘君华.虚拟仪器编程语言 LabWindows/CVI 教程[M].北京:电子工业出版社,2001.
Liu Junhua. Tutorial of Virtual Instrument Programming Language LabWindows/CVI[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [8] 巴江勇,李燕南.虚拟仪器技术在测控系统中的应用[J].今日科苑,2009,22:132-132.
Ba Jiangyong, Li Yannan. Virtual instrument technology and its application in measurement and control system[J]. Modern Science, 2009, 22: 132-132. (in Chinese)
- [9] 蒋景英,徐可欣,李浩,等.基于 LabView 数据采集分析实验系统的设计[J].实验室科学,2009,6(12):50-52.
Jiang Jingying, Xu Kexin, Li Hao, et al. Design of experimental system for data acquisition and analysis based on LabView[J]. Laboratory Science, 2009, 6(12): 50-52. (in Chinese)
- [10] 张宏乐,傅德莲,刘昊,等.基于 LabView 编程环境的振动信号数据采集分析系统[J].物探装备,2009,19(增刊):25-31,37.
Zhang Hongle, Fu Delian, Liu Hao, et al. The vibrating signal and analysis system based on programmed language LabView[J]. Equipment for Geophysical Prospecting, 2009, 19(Supplement): 25-31, 37. (in Chinese)
- [11] 尹秉奎,徐敏,黄镇昌.基于 LabVIEW 的噪声测试分析仪[J].现代制造工程,2006(9):87-89.
Yin Bingkui, Xu Min, Huang Zhenchang. Virtual instrument for noise measurement and analyzing based on LabView[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2006(9): 87-89. (in Chinese)
- [12] 孙泽文.基于 LabVIEW 软件的数据采集与分析系统设计[J].电工电气,2010(1):16-21.
Sun Zewen. Design of a data acquisition and processing system based on LabView[J]. Electrotechnics Electric, 2010(1): 16-21. (in Chinese)
- [13] 赵阳,李世锦,孟照娟,等.传导性 EMI 噪声的模式分离与噪声抑制问题探讨[J].南京师范大学学报:工程技术版,2004,4(4):1-4.
Zhao Yang, Li Shijin, Meng Zhaojuan, et al. Technique of conducted EMI noise separation and noise suppression[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2004, 4(4): 1-4. (in Chinese)
- [14] 吴大正.信号与线性系统分析[M].3版.北京:高等教育出版社,1998.
Wu Dazheng. Signal and Linear System Analysis[M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 1998. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]