

基于计算机声卡的多通道数据采集系统

种兰祥, 阎 丽, 张首军

(西北大学 电子科学系, 陕西 西安 710069)

摘要:运用 LabVIEW 开发系统,在配置有 4 块声卡的计算机上,实现了同时进行 4 个通道的并行数据采集,解决了在同一时间坐标中显示多个具有独立时钟的波形问题,从而构成了一个多通道数据采集系统。实验结果表明:该系统能够正确采集声卡设计频率范围内的信号,可用于在该频段需要数据采集与一般分析的领域。

关键词:数据采集;采样精度;采样频率;采样通道;声卡;LabVIEW;DMA

中图分类号:TP334.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274 X (2002)06-0629-04

数据采集系统是将特定的物理信号真实地进行记录,以供人们进一步分析研究的电子系统。通常运用计算机进行数据采集时需要传感器(对非电量而言)、信号调理器、插入式数据采集板和相应的控制软件。其中数据采集板是核心部件,其采样频率、采样精度和通道数等直接影响着采集到的信号的质量和数量。商用的数据采集板具有较大的通用性,一般像 12 位采样精度、数据采集频率是 200 kHz,8 路采样通道能够满足多种应用需要,但其价格昂贵,与一台普通计算机的价格相当甚至更高,在具体的应用场合,有些功能可能并不使用。普通声卡,具有 16 位的量化精度、数据采集频率是 44 kHz,特别是运用多个声卡组成多通道的数据采集系统,可以满足特定应用范围内数据采集的需要,个别性能指标还优于商用数据采集板,而价格却为商用数据采集板的十几分之一甚至几十分之一。

1 多通道声卡数据采集系统的实现

目前声卡都使用专用芯片。在一块声卡上,有晶振、AD/DA 转换芯片和数字信号处理芯片及其他辅助电路。因此,它可以作为数据采集卡使用,不过被采信号的频率被限制在音频范围之内。PC'98 规范的实施,使声卡从 ISA 总线向 PCI 总线转换^[1]。PCI 数据总线是 32 位、时钟频率为 33 MHz 的数据

总线,支持突发通信,最高数据传输率达 132 MB/s,是 ISA 总线的 22 倍^[2],完全满足声卡在 16 位的最高采样精度和数据采集频率 44.1 kHz 下的 705.6 kb 的数据传输要求。每个 PCI 设备有一个独立的配置空间,使用系统的中断、I/O 和地址空间,而且主板上的 PCI 总线并不是每根线都相连^[3]。这样,PCI 总线的使用,解决了声卡与系统交换数据的瓶颈问题,同时也就充分发挥 DSP 芯片的性能和功能。其中,特别重要的是,声卡是用 DMA 方式进行数据传送的,这样就极大地降低了对 CPU 的占用率。正是利用这一点,在一台单 CPU 的普通计算机上配置多块声卡,多块声卡并行工作,一块声卡提供一个输入通道,从而构成一个多通道数据采集硬件系统。

利用声卡的 DMA 方式进行数据采集,软件控制是关键。首先要设定每个通道的采样频率、采样位数、缓冲区大小等,然后再使用声卡进行数据采集工作。声卡将采集到的数据通过 DMA 传送到内存中指定的缓冲区,当缓冲区满后,再通过查询或中断机制通知 CPU 执行显示程序显示缓冲区数据的波形,实际上是将缓冲区数据转移到显示缓存中,或者再把数据存储到磁盘,供以后分析研究使用,可周而复始。然而,多个声卡并行进行数据采集工作,每个声卡具有自己的晶振,时钟不能同步,在一个程序中,对它们进行控制管理,基于控制流的传统文本编程语言难以完成。

收稿日期:2001-12-25

基金项目:西北大学科研基金资助项目(OONW34)

作者简介:种兰祥(1960-),男,陕西合阳人,西北大学副教授,主要从事测量的网络化与数据处理方面的研究。

LabVIEW 是美国 NI 公司推出的一个面向仪器控制的、具有数据计算与分析、波形显示与打印等功能的虚拟仪器开发平台,采用数据流控制的 G 语言编程,可生成高速度高效率的执行代码^[4]。这里,尤其是基于数据流控制的 G 语言自然具备开发并行执行程序的特点,使得 LabVIEW 成为一个多任务、多线程的开发系统^[5]。本文在 LabVIEW 环境下,将 4 个独立声卡的控制与管理集中在一个应用程序中,借助硬件驱动程序对声卡的采样频率、采样位数、缓冲区大小等分别进行控制,根据用户的需要调整波形显示,设有错误处理功能,从而构成一个四

通道声卡数据采集软件系统。其中,每个声卡的控制与管理、数据采集与处理程序完全独立且并行运行。图 1 为四通道数据采集系统中的 0 通道的 time waveform 0 的部分原代码。作为实验,本文又对 0 通道的数据输入增加了频率测量、最大值和最小值测量、波形数据存储功能,1 通道增加了波形再显示功能,可以不同长的帧和任意长的延迟显示通过其他通道存储的数据波形。为了实现快速写盘,并存储尽量多的数据而占用尽量少的空间,程序采用了二进制文件形式存储波形数据。

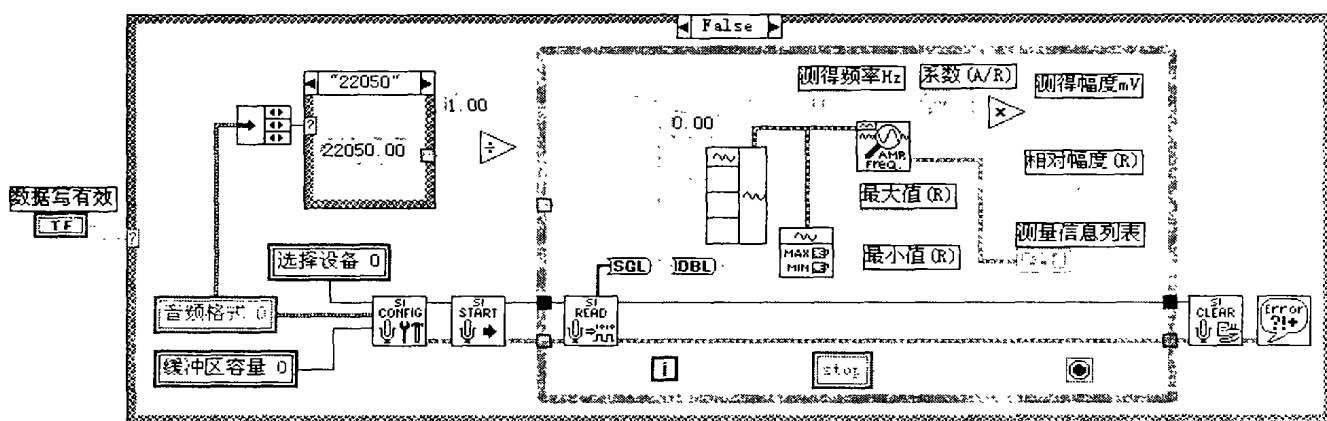


图 1 四声卡四通道数据采集系统中 waveform 0 的部分 G 代码

Fig. 1 The partial G code of waveform 0 in four channels data acquisition system with four sound cards

2 不同通道波形叠加显示问题及解决

使用双通道示波器,将被测电路的输入信号和输出信号波形同时显示出来,则有利于比较研究。对于这些相关信号,使用多路数据采集系统采集时,同样需要把它们显示在一个时间轴上。这对于专用数据采集板来说容易实现。因为一个数据采集板只有一个时钟,所有通道共享一个采样频率。所标称的最高采样频率是指当用一个通道采集数据时可达到的采样率。如果同时有 4 个通道进行数据采集,则每个通道的采样率为最高采样率的 1/4,4 个通道循环使用时钟,并保持同步。此时,要叠加显示 4 个通道的波形,只要简单定义一个 $n \times 4$ 的矩阵,一个通道占据一列, n 为要在一帧上显示的来自一个通道的样本数。将该矩阵转置后送入图形显示模块,图形显示模块则在时间轴上每增加 1 就打出 4 个点,这样就在一个时间坐标中显示出 4 根曲线,等到缓冲区满后再显示下一帧。然而,多声卡多通道系统即使运用同一采样频率(如 44 kHz)。因每个声卡有自己的晶

振,时钟不能同步,甚至频率可能还有差异。所以,在同一时间段内,不同通道采集到的样本数的多少可能不同,如果要在同一时间轴上显示出 4 个波形,在同一时间段内,把每一个通道采集到的数据放在一个一维数组中,每一个数组再构成一个群。这 4 个群作为 4 个元素再构成一个一维数组,这样可对少的样本数进行平均插值,最后如同显示单个数据采集板 4 个通道的数据波形一样以帧的形式显示出来。这样处理就能允许每个通道采集到的样本数是可变的,但这要占用 CPU 资源。作为实验,本文将 waveform2 和 waveform3 放在一个时间轴上显示出来,如图 2 所示。

3 数据采集系统的实验测试与分析

声卡的设计目标是采集人耳能听见的音频信号,隔掉了直流,也不接收 22 kHz 以上频率部分。为了得到有意义的实验结果,本文选用台湾固伟的 GFG8216A 函数信号发生器作为标准信号源,泰克公司的 TDS220 实时数字存储示波器作为标准测试

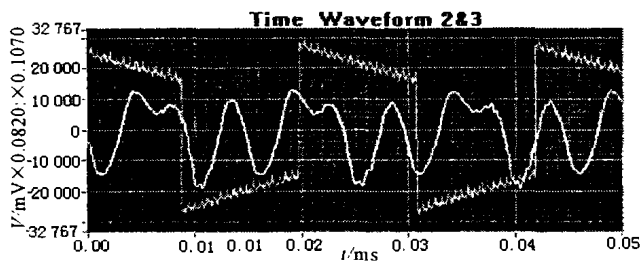


图 2 多个非同步采集的信号波形的叠加显示

Fig. 2 The overlaid display of multiple signals asynchronous sampled

仪器进行对照测试。计算机配置为 P III 667 MHz/128 MB 内存。图 3 是系统测试到的 4 个波形显示界

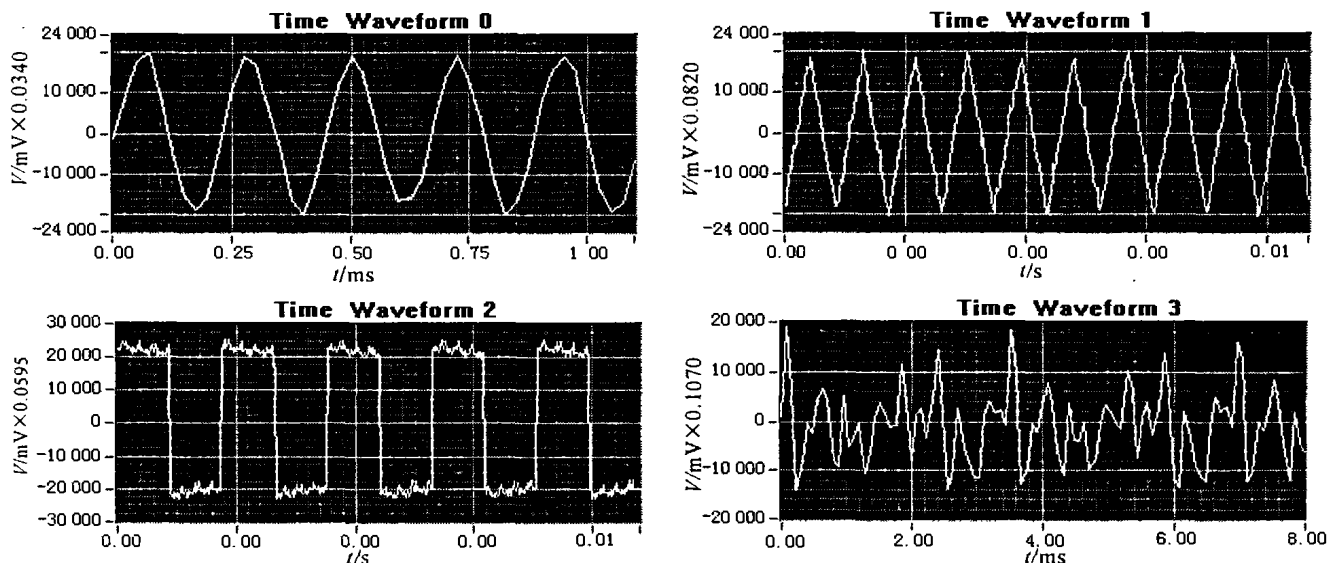


图 3 波形显示界面

Fig. 3 Waveform display interface

表 1 输入信号测得值对照

Tab. 1 The contrast of input value and measured value

| | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 频率与电压 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 输入频率/Hz | 20.06 | 23.98 | 26.11 | 28.01 | 30.46 | 35.01 | 40.32 | 50.02 | 60.13 | 80.65 | 100.8 |
| 测得频率/Hz | 20.038 | 24.050 | 26.013 | 28.023 | 30.269 | 35.213 | 40.229 | 50.530 | 60.190 | 80.555 | 100.545 |
| 输入电压/mV | 640 | 660 | 660 | 660 | 650 | 630 | 650 | 660 | 650 | 640 | 660 |
| 测得电压/mV | 354.670 | 424.744 | 451.597 | 474.682 | 496.523 | 531.732 | 556.177 | 587.422 | 604.423 | 622.944 | 631.404 |
| 频率与电压 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 输入频率/Hz | 250.6 | 499.3 | 1 008 | 5 081 | 10 030 | 15 200 | 20 000 | 21 140 | 21 790 | 22 010 | 22 070 |
| 测得频率/Hz | 250.118 | 500.166 | 1 012 | 5 072 | 10 078 | 15 027 | 20 025 | 21 018 | 21 901 | 22 021 | 22 039 |
| 输入电压/mV | 650 | 630 | 650 | 660 | 660 | 660 | 660 | 680 | 680 | 670 | 670 |
| 测得电压/mV | 646.082 | 647.817 | 647.754 | 645.675 | 640.390 | 632.783 | 627.851 | 627.050 | 623.537 | 627.749 | 623.775 |

由表 1 可见,测得的最大电压 647.82 mV 处的

输入频率在 500 Hz 附近。测得的电压为 0.707 ×

面,其纵坐标是 16 位量化精度所表示电压范围,它是一个相对值。由于不同声卡的增益不同,使用时必须先对其进行“定标”。以 0 通道为例,首先输入中间频率为 2.000 kHz、电压为 0.65 V 的正弦波,测得相对幅值为 19 118,得出定标系数 $k=650/19\ 118=0.034\ 0\ \text{mV/格}$,用该系数乘以相对值,便得被测信号的实际幅值,以数字的形式显示出来。然后在保持输入电压不变的条件下改变输入频率,用 TDS220 和采集系统同时测量其频率和电压幅值,结果如表 1 所示。其最大的频率相对误差为 1.13%。当输入频率达到 20 kHz 时,频率和幅值仍能正确测到。在输入频率为 10 kHz 时,波形已有明显的折线。输入频率从 35 Hz 开始向低延伸时,测得电压下降较快。

647.82=458.009 mV 处的输入频率大约在 27 Hz。因此,只要被测信号的频率成分集中在 0.03~22 kHz 范围之内,都可被正确采集。为得到更好的波形,则被测信号的频率成分应主要集中在 0.1~10 kHz 范围之内。从图 3 可看到这一点;waveforme 0 是 5 kHz 的正弦波波形,waveforme 1 是 1 kHz 的三角波波形,waveforme 3 是 500 Hz 的方波波形,waveforme 3 是用口琴演奏的“do”的波形。

4 结 论

基于计算机声卡的多通道数据采集系统具有以下特点:

1) 价格低廉。声卡价格高主要体现在数字处理芯片的性能好。作为数据采集使用时,用的主要是模数转换芯片。因此,较低价格的声卡可满足数据采集使用。

参考文献:

- [1] 冯延晖. 计算机适配卡完全手册[R]. 北京:中国电力出版社,2001.10-11.
- [2] 李贵山,戚德虎. PCI 局部总线开发者指南[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1997.6-10.
- [3] 汤晓安. PCI 系统配置机制的研究与实现[J]. 计算机自动测量与控制,2000,8(2):46-48.
- [4] 杨乐手,李海涛,肖相生. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2001.2-6.
- [5] National Instrument Corporation. Using LabVIEW to Create Multithread Vis for Maximun Performance and Relibility [L]. WWW.ni.com/day. 2001-10-25.

(编辑 曹大刚)

Computer-based multiple channels sound cards data acquisition system

ZHONG Lan-xiang, YAN Li, ZHANG Shou-jun

(Department of Electron Science, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: A four-channel parallel data acquisition system, which is based on a computer with four sound cards configured, has been realized in LabVIEW programming environment, and the problem of displaying multiple waveforms with one's own clock in one time coordinate has been solved. Experiment results prove that the system can acquire signals in the frequency range designed for sound card accurately, and can be applied in the domain of needing data acquisition and general analysis.

Key words: data acquisition; sampling accuracy; sampling rate; sampling channels; sound card; LabVIEW; DMA