

A Design of Multi-Channel Noise Acquisition System Based on LabVIEW

Yuanshou Li, Tao Jiang, Xue Zhang

AVIC Aerodynamics Research Institute (AVIC ARI), Harbin
Email: dezhi112@126.com

Received: Jul. 4th, 2013; revised: Aug. 10th, 2013; accepted: Aug. 28th, 2013

Copyright © 2013 Yuanshou Li et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: This paper develops a set of noise measure, data acquisition and real-time storage program used in wind tunnel test based on PXI4497 data acquisition card and LabVIEW. High speed data acquisition system is completed. Through experimental observation, the data stored in the hard disk speeds up to the read and write limit. According to this test characteristic, a design of more channels and higher sampling rate program based on the disk array is proposed and successfully used in noise dynamic measure tests in open and close wind tunnels in aeromagnetic industrial domain. Expected scientific requirement is fulfilled. This is a solid foundation for the noise test data processing in the future.

Keywords: PXI4497; LabVIEW; Data Acquisition; Noise Measure; Wind Tunnel Test

基于 LabVIEW 的多通道噪声采集系统设计

李元首, 姜涛, 张雪

中国航空工业空气动力研究院, 哈尔滨
Email: dezhi112@126.com

收稿日期: 2013 年 7 月 4 日; 修回日期: 2013 年 8 月 10 日; 录用日期: 2013 年 8 月 28 日

摘要: 本文基于 NI 公司 PXI4497 数据采集卡, 利用 LabVIEW 研发了风洞内噪声测量试验并行数据采集及实时存储程序, 完成了高速数据采集系统的实现和应用。通过试验观察, 数据量的存储达到了硬盘读写速度的极限, 根据试验特点提出了基于磁盘阵列的更多通道更高采样率的程序设计思想。并成功多次应用于航空工业领域的开口及闭口风洞噪声动态测量试验中, 满足了预期的科研要求, 为后续的噪声试验数据的处理工作打下了坚实的基础。

关键词: PXI4497; LabVIEW; 数据采集; 噪声测量; 风洞试验

1. 引言

在航空工业领域, 噪声受到的关注度逐年增加, 噪声测量需求显著, 多通道并行高速数据采集是一种十分普遍的工程应用, 风洞吹风的环境比较恶劣, 因此, 为了能准确的分析航空声学等特性参数, 设计的多通道并行高速声音采集系统具有广泛的应用价值, 为噪声数据的后处理奠定基础, 包含近场及远场测

量, 噪声源定位测量等。本系统选择 NI 公司数据采集卡 PXI4497 作为采集系统核心, 开发了基于 LabVIEW 的噪声测量数据采集程序, 完成了某模型机体噪声测量过程中的风洞试验数据采集。风洞试验数据对采集性能要求较高, 对于风洞试验, 采集应以一定的采样率同步地对多通道传感器信号实时准确采集。

2. 系统工作原理

2.1. 主要组成部件介绍

本数据采集系统由 1 个 NI-1075 18 槽 PXI 总线机箱、1 个 NI PXI-8133 嵌入式控制器、8 块 NI PXI-4497 多通道多功能数据采集卡及其它部件组成，显示器、鼠标、键盘等可直接连到 PXI 嵌入式控制器上。

本次搭建的 PXI 数据采集系统硬件平台，主要选用了 NI 公司 PXI 产品，其为业界 PXI 技术的领先者，在测量与自动化领域具有强大的技术优势。PXI 是 PCI eXtensions for Instrumentation 的缩写，即面向仪器系统的 PCI 扩展。它结合了 PCI 的电气特性与 Compact PCI 的坚固性、模块化及机械封装的特性，并增加了专门的同步总线 and 主要软件特性；同时也具有和 Compact PCI 一样的机械外型结构，享有高密度、坚固外壳及高性能连接器特性，是目前测量和自动化系统的高性能、低成本运载平台^[1]。

PXI4497 数据采集卡是美国 NI 公司的高速动态数据采集卡，24 位分辨率，单通道最大采样频率为 204.8 K/s，支持 16 路单端模拟输入，可对每个通道单独设置输入增益，包括 $\pm 10\text{ v}$ ， $\pm 3.16\text{ v}$ ， $\pm 1\text{ v}$ ， $\pm 0.316\text{ v}$ 等，相比于 PCI 系列采集卡，该卡扩展更加方便，即插即用，适合于不同的采集任务共用，其采样速率较高，功能全面，可以满足大多数工程上声音采集要求，采集卡及机箱外观如图 1 所示。

嵌入式控制器是 PXI 系统的数据计算、处理、交换和存储中心，选用的 NI PXI-8133 嵌入式控制器，带有 1.73 GHz 双核 i7 处理器、2 GB 内存、160 GB 7200 rpm 硬盘，支持最大 132 MB/s 数据吞吐量，集成有千兆以太网口、2 个高速 USB 口、DVI-I 视频输出口、RS-232 接口等，可用于构建轻巧灵活的 PXI 系统平台，适于工业控制、数据采集、测试和测量应用。控制器

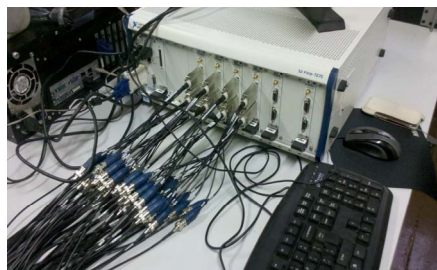


Figure 1. Exterior of PXI4497
图 1. PXI4497 及机箱外观

外观见图 2。

数据采集卡是虚拟仪器硬件平台的核心部件，根据需要功能和性能指标合理选择数据采集卡。本次选用的 NI PXI-4497 多功能高速数据采集卡。

本次试验需要测量点数较多，共计 121 个传声器同步采集，因此配置了 8 块 NI PXI-4497 数据采集卡，每通道可以采集 16 个点，共 128 通道，同步采集近场 110 通道平面阵和远场 11 通道线阵。这样可进行远场数据和近场数据的相关分析，保证了严格的同步性。

2.2. 数据采集系统结构

采集系统的前端是传声器，是一种弱信号，在风洞恶劣的环境下易受到干扰，本系统可提供 IEPE 供电，带前置抗混叠滤波器，对采集系统进行接地屏蔽处理，适合于声学测量数据采集用。采集系统结构如图 3 所示。

缓冲指的是 PC 内存的一个区域(不是数据采集卡



Figure 2. NI PXI-8133 insert mode controller
图 2. NI PXI-8133 嵌入式控制器

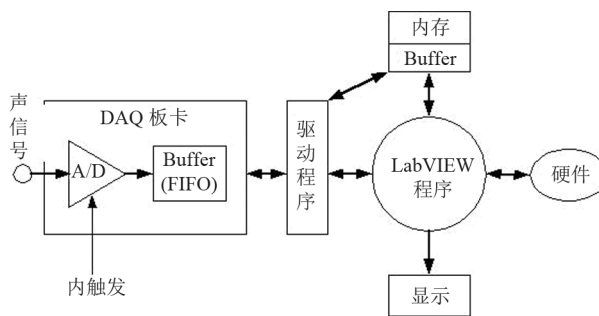


Figure 3. Structure of data acquisition system
图 3. 数据采集系统结构

上的 FIFO 缓冲), 它用来临时存放数据。例如, 你需要采集每秒采集几千个数据, 在一秒内显示或图形化所有数据是困难的。但是将采集卡的数据先送到 Buffer, 你就可以先将它们快速存储起来, 稍后再显示或分析。此处 Buffer 与采集操作的速度及容量有关。

声信号的频率在 20 Hz~20 kHz, 根据采样定理, 最低采样频率必须是信号频率的两倍以上。本次试验设置的采样频率设置为 48 kHz 和 96 kHz, 并对数据处理结果进行了对比, 结果没有给定位精度带来差异。

3. 软件设计

LabVIEW 是美国 NI 公司的一款图形化软件开发环境, 它采用图形化的结构框图构建程序代码, 它尽可能地利用了开发者熟悉的术语、图标和概念, 并且包含了仪器控制和数据采集的常用的工具模块, 提供了一条编程开发的便捷途径。本次使用了 NI 开发者套件 2011, 其中包括 NI LabVIEW 2011 专业版开发系统和声与振动工具包。可以在声学工具包中寻找需要的子 VI, 能缩短开发周期, 可以直接实现许多数据采集中需要用到的功能, 如滤波、图形显示等^[2]。

3.1. 软件测试及采集流程

数据采集系统硬件连接好后, 需先使用测试软件对硬件的采集功能测试, 确认系统工作正常。NI 测试和自动化浏览器(MAX)是一款专门的测试工具, 可以自动识别安装的数据采集卡, 显示当前状态, 并具有设备自检和自校准选项^[3]。MAX 中可以使用两种方法测试数据采集卡功能: 使用测试面板, 该面板以选项卡的形式提供对模拟输入、模拟输出、数字 I/O 和计数器 I/O 的功能测试, 通过设置相应功能的选项卡页面参数, 点击开始便可开启测试, 结果可以在选项卡窗口中直接显示^[4]。采集流程图见图 4。

风洞噪声测量系统流程是: 首先等待各部分参数设置好后, 发出采集启动信号, 同步采集 110 通道近场数据和 11 通道远场数据, 分布存储在两个文件中, 二进制格式, 同步采集分布存储也是本系统的一大特点。

3.2. 软件界面设计

噪声测量试验用的同步采集程序是自行开发, 程序界面截图如图 5。

软件界面提供了采集系统各项参数设定, 包括采

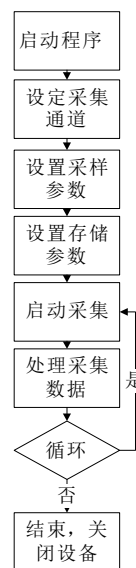


Figure 4. Acquisition flow chart
图 4. 采集流程

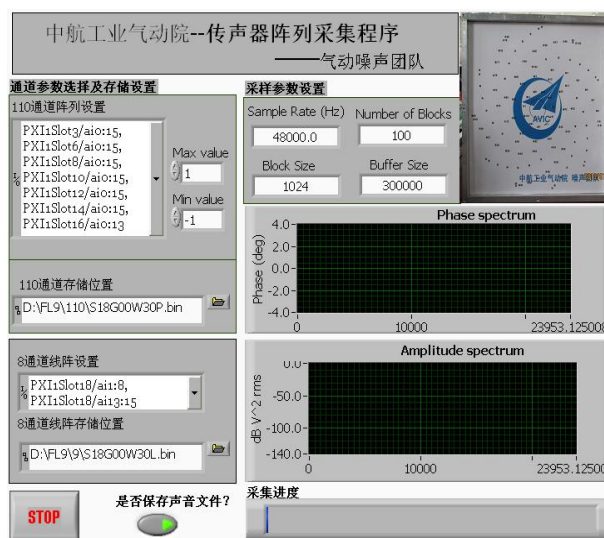


Figure 5. Picture of acquisition program
图 5. 采集程序面板截图

集通道设置、采样率设置、采样块数设置、采样块大小设置、缓冲区大小、存储位置选择等, 采集时会有进度显示条和观察窗口, 以方便实时观察数据的报错等信息, 各个通道以不同的颜色进行区分, 界面参数设置简单, 易于操作, 功能为同步采集分区存储, 完成了预先设定的功能, 满足试验要求, 同时体现了 LabVIEW 程序开发的灵活多变性。

3.3. 程序设计

根据模块化的编程思想, 将采集系统软件设计分

为设备配置及数据采集、数据处理、数据存储几个部分。其中设备配置及数据采集部分完成采集通道设置、采样率设置、采样块数设置、采样块大小设置、缓冲区大小设置，数据处理部分完成信号的实施显示及报错等，数据存储部分完成原始数据的存储，声

号数据采集系统框图程序如图 6。

4. 测试结果分析

经过风洞试验，多通道声信号数据采集系统成功应用于航空工业声学测量领域，测量结果可靠，采样

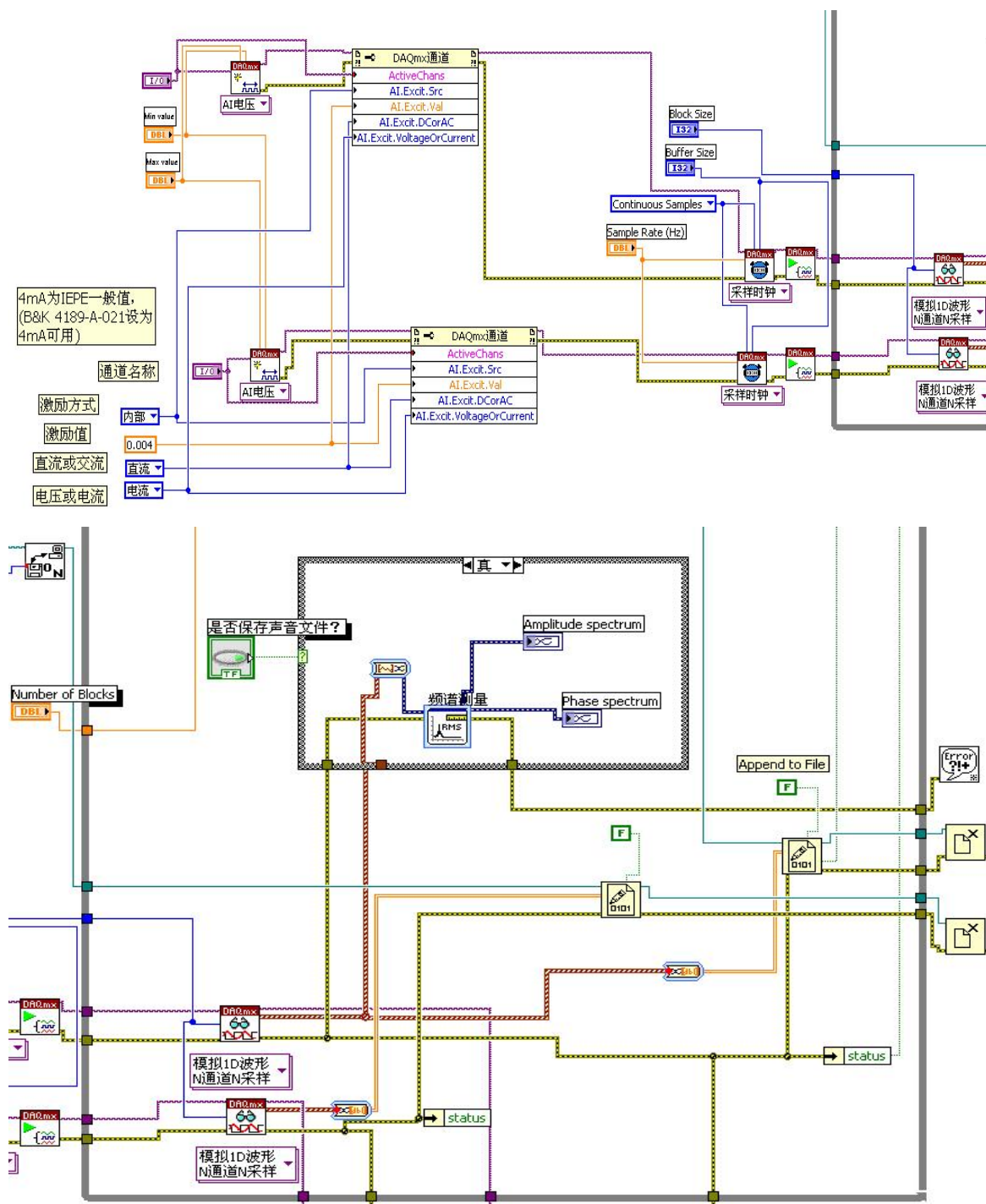


Figure 6. Picture of multi-channel noise acquisition system
图 6. 多通道噪声采集系统程序框图

率设置为 48 kHz，块选择为 100 块，8 块采集卡并行工作，同时插在一块机箱的母板上，体现了数据并行采集的优势，使得实时并行采集噪声数据为后续结果分析做好基础，将其中 32 个传声器测量的结果进行 FFT 变换，得出数据结果如图 7 所示，其中第一幅图为 1 到 16 通道 FFT 结果，第二幅为 17 到 32 通道 FFT 结果，观测其频域能量一致性和稳定性较好。结果的一致性体现了多通道噪声并行采集系统设计的合理性。

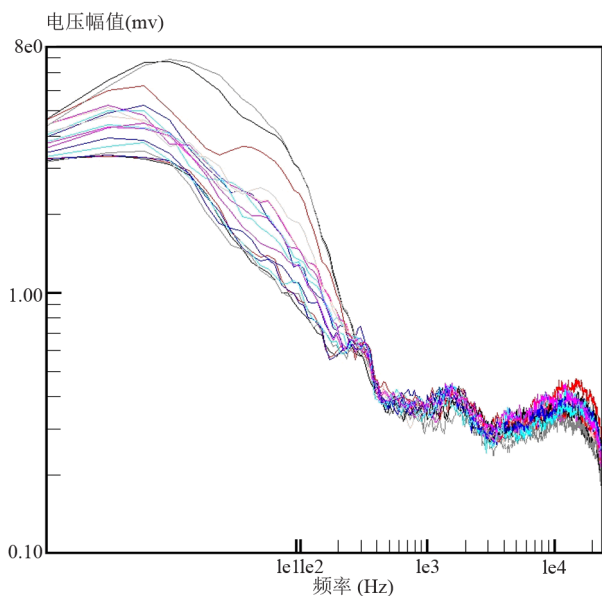


Figure 7. FFT translation of 32 channels
图 7. 32 通道的 FFT 变换结果

5. 结束语

本系统成功应用于航空工业领域，特色是在风洞噪声测量试验并行采集中表现良好，后续数据处理效果评价优秀，满足了工程应用需求。搭建的该系统平台不仅可以应用在一般性的声音与振动高速数据并行采集工作中，而且在风洞飞机模型的吹风采集结果可靠，工作稳定，板卡之间做到了 ns 延迟，符合并行实时采集的需求，将并行实时的采集系统成功的应用在风洞中模型吹风试验中，与以往的 VXI 系统相比，该系统性价比更高。该系统使用 LabVIEW 作为开发环境，直接使用其内置的数据分析、数据处理模块，根据初步测试，基于 LabVIEW 驱动的数据采集，效率更高。基于上述，本系统可称为是一套稳定可靠的噪声测量采集系统平台。

参考文献 (References)

- [1] 阮奇楨. 我和 LabVIEW——一个 NI 工程师的十年编程经验 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.
- [2] 雷振山等. LabVIEW 高级编程与虚拟仪器工程应用 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [3] 吴成东, 孙秋野等. LabVIEW 虚拟仪器程序设计及应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [4] 陈锡辉, 张银鸿. LabVIEW 8.2 程序设计从入门到精通 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.