

水下环境噪声采集系统的设计与实现

靳雪莲, 杨益新

(西北工业大学 航海学院, 陕西 西安 710072)

摘 要: 设计了一套基于虚拟仪器和图形化编程语言 LabVIEW 的水下环境噪声采集系统并加以实现. 该系统采用便携式数据采集卡 NI USB-9215A 作为核心的数据采集硬件, 结合虚拟仪器技术和 LabVIEW, 完成了系统的数据采集功能. 针对水下环境噪声信号的特点, 在系统的前端, 设计制作了信号调理电路, 包括前置放大器和低通滤波器两部分. 最后, 实现了基于 Matlab 的 1/3 倍频程分析软件, 获得了采集得到数据的 1/3 倍频程谱.

关键词: 水下环境噪声; 数据采集; 前置放大低通滤波器; 虚拟仪器; LabVIEW

中图分类号: TN912

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)05-0111-03

Design and Implementation of an Underwater Ambient Noise Data Acquisition System

JIN Xue-lian, YANG Yi-xin

(College of Marine Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: An underwater ambient noise data acquisition system based on virtual instrument and LABVIEW is presented in this paper. The system uses the portable data acquisition card NI USB-9215A as the core hardware, combining the virtual instrument technology and the graphical programming language LabVIEW, to complete the data acquisition functions. Signal conditioning circuit was designed to pre-amplify and filter the underwater ambient noise signals. This circuit includes two parts, one is the pre-amplifier and the other is the low-pass filter. Finally, the system implemented one-third octave analysis based on Matlab to get the one-third octave spectrum of measured underwater ambient noise.

Key words: underwater ambient noise; data acquisition; pre-amplifier and low-pass filter; virtual instrument; LabVIEW

1 引言

近年来,水下导航、海洋探测、水下目标定位以及水下通信等领域迅猛发展,这些领域常常使用水声信号作为信息传输的载体.水下环境噪声数据采集装置对于水声试验来说是不可缺少的,因此设计一套高性能的、能够适应水声信号特点的数据采集系统十分必要.水声信号在水中传播时,水中的自然环境极其复杂^[1],要求所采用的数据采集器能够适应水下恶劣的自然环境,不但具有较大的动态范围,所采集信号的幅度范围要尽可能宽,而且试验现场的数据量很大,常常需要多通道同步进行数据采集.这样,对数据采集器提出了很高的要求.另外,从节

约成本的角度考虑,又要求所采用的系统应该具有一定的通用性和灵活的扩展能力.文中所要完成的工作正是基于这一目的而展开的.

2 系统的总体设计

一个完整的数据采集系统包括传感器和变换器、信号调理模块、数据采集设备、计算机、硬件驱动程序、应用程序编程接口、应用软件等^[2].

本数据采集系统是针对水下环境噪声而设计的,故其传感器即为水听器.采集系统总体设计为三大部分组成:前端接水听器的放大与滤波调理模块;数据采集应用软件;对采集的数据结果进行分析的软件程序.水下环境噪声采集系统的总体设计如图

1 所示。

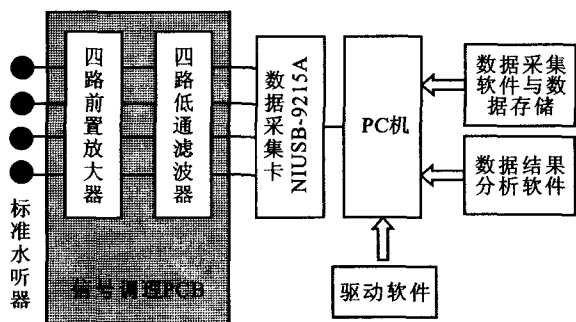


图1 系统的整体设计结构示意图

3 前置放大调理电路的设计与实现

3.1 前置放大器的设计

对微弱信号进行放大的主要目的,一是将信号电压范围调理到与 ADC 的量程范围相适应,二是提高信噪比。

噪声性能是放大器设计的一个重要的考虑因素,三种常见的低噪声放大器分别为:双极型、JFET 输入和 CMOS 输入。尽管每种设计都能提供低噪声特性,但其性能不同^[3]。本系统选用美国 AD 公司的低功耗仪表放大器 AD620 作为搭建前端放大电路的核心芯片。

本系统要求前置放大电路的总放大倍数为 10000 倍,用两个 AD620 芯片级联来搭建该前放电路,每个芯片实现放大 100 倍的功能。用 Protel 绘制完成的单通道的前置放大电路原理如图 2 所示。

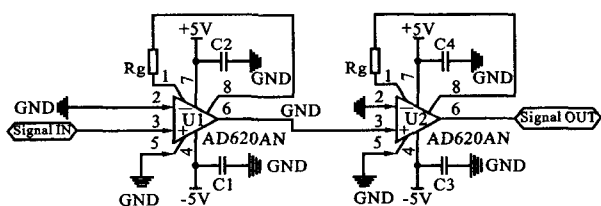


图2 单通道前放原理图

3.2 低通滤波器的设计

滤波的目的是从所测量的信号中除去不需要的频率成分。

常用的低通滤波器有无源 RLC 滤波器、有源 RC 滤波器及开关电容滤波器等。选用滤波器的主要指标有纹波幅度、截止频率、品质因数、稳定性、时延性等^[4]。针对水下环境噪声数据,本系统要求调理电路的低通滤波截止频率为 10kHz。经过对比分析,以及实际的电路性能测试,选用美国 MAXIM 公司的 8 阶低通椭圆开关电容滤波器 MAX293。本

设计中采用内部时钟源来调节截止频率,调整接在 MAX293 引脚 1 和 6 之间的电容值,能产生不同的振荡频率,进而改变其截止频率。经计算得出,为达到 10kHz 的低通滤波截止频率,该电容值的大小应选为 33pF。

3.3 硬件设计中的经验总结

(1) 放大器的输出电压范围取决于供电电压。但是,在 AD620 的使用过程中,值得注意的是它的放大倍数的线性度受电源电压制约这一点。+5V 和 -5V 供电时,线性度只在 -3.6V ~ +3.6V 间。提高供电电压,可以增加线性区范围。

(2) 共模输入对输出为负这一区域的放大倍数线性度有较大影响。当共模输入为负的 1V 左右时,在 +5V 和 -5V 供电之下,负向输出的线性度只能达到 -2.4V 左右。这一点特别值得注意。一般在使用 AD620 时都忽略共模问题,一味使用提高电源的方法来改善线性度是不行的。

(3) AD620 的 5 脚的作用只能上拉/下拉输出电压。5 脚作为参考端,一般情况下接地。当需要运用 5 脚拉高或降低输出时,可以接某一参考电压。但在这种情况下,要注意放大倍数的线性区不会因为 5 脚的改变而变化。例如 +5V 和 -5V 供电,5 脚接地时,输出超过 3.6V 都为非线性段;当 5 脚接 +1V 时,不能认为此时输出超过 +4.6V (+3.6V + 1V) 才非线性,这时同样是超过了 3.6V 都为非线性段。

4 数据采集与分析软件的设计

4.1 数据采集软件的设计

本系统数据采集部分的软件设计是在基于虚拟仪器技术 (Virtual Instrumentation, VI) 和图形化编程语言 (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, LabVIEW) 的基础上完成的。

为满足本系统在实际试验中应具有便携式特点,且在综合考虑了通道数、分辨率、量程、相对精度、稳定时间和噪声等各方面因素的情况下,经过对比分析,选用 NI 的 USB 数据采集卡 NI USB-9215A。

本采集系统在 LabVIEW 开发平台上完成应用程序的设计。一个 LabVIEW 程序由一个或多个虚拟仪器 (VI) 组成。之所以称之为虚拟仪器是因为它们的外观和操作通常是模拟了实际的物理仪器。然而,在这些面板之后,它们有着类似于流行的编程语言如 C 或 BASIC 中的主程序、函数、子程序。

与传统仪器相比,虚拟仪器具有以下特点:(1)

不强调物理上的实现形式;(2)在系统内实现软硬件资源共享;(3)图形化的软件面板。

在本系统的设计中采用虚拟仪器技术,有效地节约了成本,且应用程序具有良好可移植性。应用程序流程图设计如图3所示。

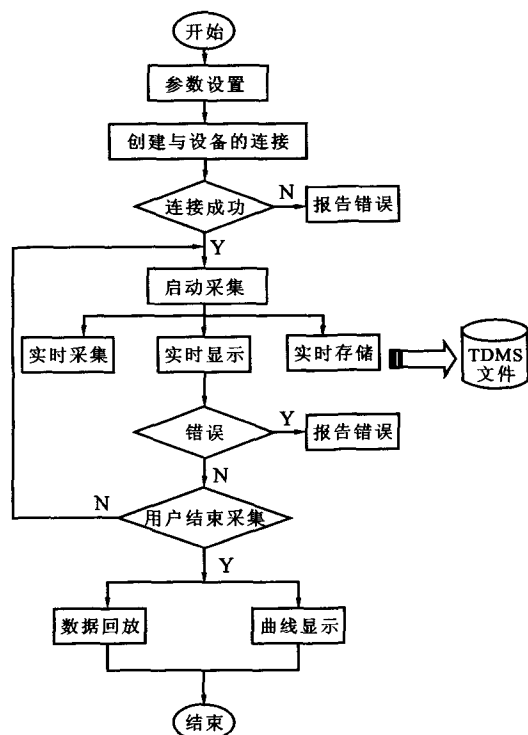


图3 采集系统应用程序流程图

LabVIEW 软件设计分为四步:(1)创建前面板(front panel);(2)创建程序框图(block diagram);(3)创建图标(icon/connector);(4)运行和调试程序[5]。

本系统设计完成的采集程序可实现四通道并行同步,长时间不间断连续采集,采集循环周期、采样率等时间参数软件可调,每通道采样率最高可设置到100kHz,并可以实时显示采集到的四通道的波形。采集得到的数据结果以.tdms文件的形式存储。用户结束采集后,可通过TDMS文件查看器,实现采集数据与波形的查看与回放。安装一个TDM Excel Add-in 插件,即可在Microsoft Office Excel中打开TDMS文件,显示采集的信息和数据结果。

4.2 数据分析软件的设计

对于噪声而言,由于1/3倍频程谱能够很好地体现噪声带宽的能量分布情况,因此在对水下环境噪声进行了数据采集后,本系统设计了一个针对采集数据的1/3倍频程滤波器。

本系统采用Matlab作为设计1/3倍频程滤波

器的编程软件,设计一个FIR滤波器[6]。若令滤波器的通频带的下限频率为 f_L ,上限频率为 f_H ,则此通频带的中心频率为:

$$f_c = \sqrt{f_L \cdot f_H} \quad (1)$$

而上、下限频率之间应满足:

$$\frac{f_H}{f_L} = 2^{1/3} \quad (2)$$

设计中采用凯塞窗函数法,通过调整可调参数,可以改变主瓣宽度与旁瓣幅度。其定义式为:

$$w(n) = I_0[\beta \sqrt{1 - (1 - \frac{2n}{N-1})^2}] / I_0(\beta) \quad (0 \leq n \leq N-1) \quad (3)$$

式中, n 为抽样点位置; N 为窗函数的长度; β 为可调参数,决定主瓣宽度与旁瓣幅度; $I_0(x)$ 为第一类修正的零阶贝塞尔(Bessel)函数,它的幂级数展开式为:

$$I_0(x) = 1 + \sum_{m=1}^{\infty} [(x/2)^m / m!]^2 \quad (4)$$

当滤波器过渡带宽度 $\Delta\omega$ 和阻带衰减 A 给定时,长度 N 和参数 β 由经验公式进行预估。

$$N \approx \frac{A - 7.95}{2.286\Delta\omega} \quad (5)$$

$$\beta =$$

$$\begin{cases} 0.1102(A - 8.7) & (A \geq 50\text{dB}) \\ 0.5842(A - 21)^{0.4} + 0.07886(A - 21) & (21\text{dB} < A < 50\text{dB}) \\ 0 & (A \leq 21\text{dB}) \end{cases} \quad (6)$$

按上述计算结果设计的滤波器的频率特性不能满足要求时,可以适当增大长度 N ,直到满足条件为止。

国际标准化组织ISO推荐的做声学信号频率分析时优先使用的1/3 oct带通滤波器的中心频率为:(1.0, 1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0) $\times 10^m$ Hz,其中 $m=0,1,2,\dots$ [7]。

程序中按照规定的声学信号分析频带将功率谱中的频率划分成多个频带,在每个频带中将所有的功率谱幅值相加、平均,这样就借助功率谱实现了1/3倍频程分析的功能,最终结果以柱状图的形式显示。

5 结束语

文中通过对系统前端硬件电路的设计和相应的采集与分析应用程序的编写,完成了水下环境噪声采集系统的设计与实现。经过实验测试,各项功能达

(下转第117页)

预期的目标。

5 结束语

增加了 QoS 模块以后,网关的功能更加强大,不仅仅局限于提供上网、记录用户上网行为更能为用户提供多样化,符合客户需求的区分服务。同时存在在 QoS 模块中还能增加对协议、端口的控制策略。

整个 QoS 模块都是围绕用户的优先级以及权限来区别地提供给用户不同的服务。把服务质量的概念运用到网关的实际应用中,使得用户的网络速度、访问权限不再是统一的、无区别的,这样保证了高优先级的用户的访问网络的能力,同时也尽最大能力满足低优先级的用户的利益,使得系统、用户之间能有一个较好的平衡。

参考文献:

- [1] 汪芸,顾冠群. QoS 接入控制必要性研究[J]. 小型微型计算机系统,1999,20(9):691-694.
- [2] 谭献海,李明辉,金炜东. 网络演算在 IntServ 中的应用研究[J]. 微电子学与计算机,2007,24(11):60-63.
- [3] 时公涛,孟相如,刘志宏. 基于 IP 网络服务质量的研究

与实现[J]. 微电子学与计算机,2005,22(12):116-119.

- [4] 施晓秋,郑纪蛟. 校园网 QoS 的实现分析[J]. 计算机工程,2001,27(12):174-176.
- [5] Crawley E, Nair R, Rajagopalan B, et al. A framework for QoS-based routing in the Internet[S]. IETF RFC 2386, 1998.
- [6] 林闯,单志广,盛立杰,等. Internet 区分服务及其几个热点问题的研究[J]. 计算机学报,2000,23(4):419-433.
- [7] 王晓春,张尧学. 一种用于 QoS 控制的报文分组调度与丢弃算法[J]. 软件学报,2000,11(5):654-659.
- [8] Robert Janowski, Piotr Krawiec, Wojciech Burakowski. On assuring QoS in Ethernet access network[C]// Third International Conference on Networking and Services(ICNS'07). Poland: Warsaw University of Technology, 2007.

作者简介:

- 朱碧贤 男,(1984-),硕士研究生. 研究方向为网络计算.
- 朱巧明 男,(1963-),教授. 研究方向为中文信息处理、Web 信息处理、嵌入式系统.
- 李培峰 男,(1971-),副教授. 研究方向为中文信息处理和多文种信息处理、分布式信息系统、网络计算.
- 刘 钊 男,(1981-). 研究方向为计算机网络.

(上接第 113 页)

到了要求的性能指标. 该系统具有很高的通用性、较强的灵活性和可扩展能力,传送的数据量较大. 基于虚拟仪器的数据采集应用程序的设计有效地降低了系统的成本,提高了其性价比.

本系统可以实现水下环境噪声的长时间连续采集,并对采集的数据进行一定的分析和处理,可用于评估某一实验海区在特定时段内的噪声量级,为声纳性能的预报提供依据.

参考文献:

- [1] 林建恒,蒋国健,高伟,等. 海洋环境噪声垂直分布测试和分析[J]. 海洋学报,2005,27(3):32-38.
- [2] 张桐,陈国顺,王正林. 精通 LabVIEW 程序设计[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 郭玉,赵顺平. 低噪声前置放大器有源器件的选择[J].

电测与仪表,2007,498(44):62-64.

- [4] 陶照园. 开关电容滤波器的特点与应用[J]. 矿业研究与开发,1997,17(4):42-44.
- [5] Jeffrey Travis, Jim Kring. LabVIEW for everyone[M]. 3rd ed. Boston: Prentice Hall, 2008.
- [6] 张兵,汤清华,吴国安,等. 基于 DSP 的数字正交解调器的设计与实现[J]. 微电子学与计算机,2009,26(7):32-35.
- [7] 郑士杰,袁文俊,缪荣兴,等. 水声计量测试技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1995.

作者简介:

- 靳雪莲 女,(1986-),硕士研究生. 研究方向为水下信号与信息处理.
- 杨益新 男,(1975-),教授,博士生导师. 研究方向为阵列信号处理、信号检测与参数估计、声纳系统设计、水声学等.