

文章编号: 2095-4980(2015)04-0629-06

基于 LabVIEW 的传感器测试实验系统设计与实现

何元媛, 雷 勇

(四川大学 电气信息学院, 四川 成都 610025)

摘 要: 为解决高校传统实验仪器带来的不足, 实现传感器实验台数据的实时采集和处理, 设计了一款基于LabVIEW的传感器测试实验系统。介绍了该系统的总体结构, 给出了系统软硬件设计方案。使用传感器实验台的电容式传感器作为信号来源, 信号经过不同的硬件设备实现同信号双通道的设计, 数据采集卡将双通道信号传送至计算机, 并重点通过合理配置LabVIEW软件实现双通道数据的实时采集和处理, 提高了传感器实验的时间和精确度。实践证明该系统具有实时性强、运行稳定、精确度高等优点, 可以满足高校传感器实验课程的需求。

关键词: LabVIEW软件; 传感器测试系统; 数据采集与处理; 电路设计

中图分类号: TN06; TP274

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201504.0629

Design and implementation of sensor test experimental system based on LabVIEW

HE Yuanyuan, LEI Yong

(College of Electrical Engineering and Information, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610025, China)

Abstract: A sensor test experimental system based on LabVIEW is proposed in order to improve the deficiency of the traditional experiment apparatus in university, and to achieve real-time acquisition and processing of the sensor test bench data. The overall structure of the system is described, as well as the system hardware and software design solutions. Taking the capacitive sensor as a signal source, the signal goes through different hardware devices to achieve the same signal dual-channel design. Dual-channel signals are transferred to the computer by the data acquisition card. The rational allocation of LabVIEW software is the key to achieve the real-time dual-channel data acquisition and data processing. The time and accuracy of the sensor experiments are improved. The practice proves that the system has high real-time efficiency, high stabilization and high accuracy, etc, which can satisfy the requirements of the university sensor experiment program.

Key words: LabVIEW; sensor testing system; data acquisition and processing; circuit design

在高等教育中, 实验占有很重要的地位, 它不仅可以让学生们熟悉理论教学中的内容, 还可以提高学生动手能力。如今国内的许多高等院校配合实验所用的实验仪器功能大多不完善, 但可通过计算机软件技术的虚拟实验对其进行改善和解决^[1]。LabVIEW 虚拟仪器软件系统不仅含有大量的功能模块, 且该软件系统易掌握, 易调试, 易维护。本文以 LabVIEW 为计算机软件平台来设计程序模版, 实现了对传感器实验仪 CSY-998 上某种传感器的数据采集及数据处理, 并提取了传感器实验台中的信号处理电路进行单独分析和制作。通过美国国家仪器(National Instruments, NI)有限公司推出的 LabVIEW 软件来模拟虚拟电子工作台, 从而对电子线路进行仿真和分析。LabVIEW 提供的单一易用的图形输入接口可以满足使用者的设计需求, 并且能够清晰明了地反映电路的性能。同时虚拟仪器基于软件系统大大节约了传统实验仪器的开发和维护费用^[2]。

1 系统模型

基于 LabVIEW 的传感器测试系统数据采集及处理由 3 部分组成, 即传感器部分、数据采集卡部分和 LabVIEW

数据采集及处理部分。

在系统的模拟电路部分,采用传感器实验台 CSY-998 中的电容式传感器作为信号的来源,信号经过 2 路信号处理电路,一路为传感器实验台上自带的信号处理电路,另一路则是根据实际条件所设计并制作的信号处理电路板,该电路板通过 Multisim 对其中的差动放大电路、滤波电路、50 Hz 陷波电路以及电压跟随电路进行设计仿真而成。在系统的数字部分,采用 NI 公司的 USB-6210 作为数据采集卡,将 2 路经过信号处理电路的模拟信号转换为数字信号,进而传送给计算机进行处理。而系统的软件部分则利用 LabVIEW 编程实现双通道数据采集,并根据传感器实验台上增益旋钮的变化同步保存两通道电压值,进而对整个实验结果进行指定位置保存,最后对两通道不同情况下的数据进行拟合,从而对整个实验结果做出静态的分析。

2 CSY-998 型传感器实验台

CSY-998 型传感器实验台主要由 4 个部分组成:传感器安装台、传感器符号及引线单元、信号处理电路单元、显示与激励源。

CSY-998 型传感器实验台规定上层定片与动片形成的电容为 C_1 ,下层定片与动片形成的电容为 C_2 ,用振动台上的增益旋钮来控制定片和动片重叠面积的变化。并将 C_1 和 C_2 接入桥路作为相邻两臂,通过电容变换器使得桥路的输出电压与电容量的变化有关联,再由后续的处理电路处理和观察这种变化。

3 信号处理电路设计

采用 Multisim 对所设计的电路进行仿真,并根据理论值选取合适的元器件进行电路板的制作,随后对硬件电路进行测试,以检测其是否达到设计目标^[3]。当微弱的信号进入时,首先进入三运放差动放大电路进行差模信号的放大和共模信号的抑制,随后进入低通滤波器滤去高频信号,得到较为纯正的信号,然后进入 50 Hz 陷波器,滤去在实际电路中经常混杂的 50 Hz 工频信号,最后进入电压跟随器来隔离前后级,流程图如图 1 所示。

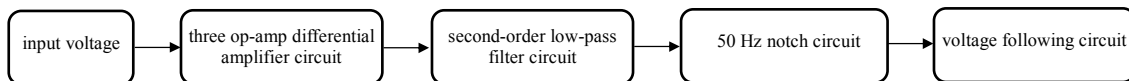


Fig.1 Flow chart of Multisim simulation
图 1 Multisim 仿真流程图

3.1 三运放差动放大电路

工程运用中多采用由多个放大器构成的差动放大器,即三运放差动放大器。它性能优良,且具有较高的共模抑制比。假设所有运放为理想的运放,三运放差动放大器差分电路的增益 A_u 为:

$$A_u = \frac{V_o}{V_{i1} - V_{i2}} \quad (1)$$

式中: V_{i1} 为 A_1 运放的输入电压; V_{i2} 为 A_2 运放的输入电压; V_o 为三运放差动放大电路输出电压。

由虚短和虚断可知,三运放差动放大电路的输出电压为:

$$V_o = \frac{R_5}{R_3} \left(1 + \frac{2R_1}{R_f} \right) (V_{i1} - V_{i2}) \quad (2)$$

式中: R_f 为第一级差分放大电路 A_1 和 A_2 之间所接变阻器; R_1 和 R_2 分别为 A_1 和 A_2 输入端所接电阻; R_3 和 R_4 分别为 A_1 和 A_2 输出端所接电阻; R_5 和 R_6 分别为第二级差分放大电路 A_3 输入端所接电阻,且 $R_1=R_2, R_3=R_4, R_5=R_6$ 。

根据以上 2 个公式可得,三运放差动放大器差分电路的增益 A_u 为:

$$A_u = \frac{R_5}{R_3} \left(1 + \frac{2R_1}{R_f} \right) \quad (3)$$

3.2 二阶低通滤波电路

要求该低通滤波器的转折频率为 $f=35$ Hz,品质因数描述了滤波器分离信号中相邻频率成分能力。品质因数 Q 越大,表明滤波器的分辨能力越高。

当 $Q=0.707$ 时,幅频响应较为平坦,故选用此 Q 值。电阻的阻值范围为 $1\ \Omega$ 到 $10\ \text{M}\Omega$,阻值不宜过大或过小,过大的电阻值影响滤波器的精确度,一般取 $\text{k}\Omega$ 以上。二阶低通滤波电路的电压放大倍数 A_{up} 为:

$$A_{\text{up}} = 1 + \frac{R_6}{R_7} \quad (4)$$

式中: R_6 和 R_7 为放大器接地端电阻。

其传递函数(拉氏变换式)为:

$$A_u(s) = \frac{A_{\text{up}}}{1 + (3 - A_{\text{up}})sRC + (sRC)^2} \quad (5)$$

式中: R 为输入端电阻; C 为输入端电容。

当 $A_{\text{up}} < 3$ 时,电路稳定,且 $Q=0.707$ 。

$$Q = \frac{1}{3 - A_{\text{up}}} \quad (6)$$

3.3 50 Hz 陷波电路

在信号检测的应用电路中,经常在微弱的有用信号中参杂 50 Hz 的工频干扰信号,所以需要用陷波器将其去除,且该陷波器须具有良好的选频特性和比较高的 Q 值。双 T 型 50 Hz 带阻陷波器的主体包括 3 部分:选频部分、放大器部分、反馈部分。双 T 网络只有在离中心频率较远时才能达到较好的衰减特性,因此 50 Hz 陷波器的 Q 值不高。为了提高 Q 值,加入电压跟随器。通过调节放大器侧端电阻 R_8 和 R_9 来控制陷波器的陷波特性,包括陷波的频带宽度和 Q 值的高低^[4]。中心频率 f_0 为:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi R_T C} \quad (7)$$

式中: $R_T=R_8=R_9$; C 为电路中的电容值。

3.4 电压跟随电路

设计中,由于数据采集卡是 5 V 供电,而差动放大电路其放大倍数为 8.5 倍,可能会使得经过差动放大电路、低通滤波器、50 Hz 陷波器处理后的电压大于 5 V,若直接接入数据采集卡,会使得电压陡降,所以必须采用电压跟随器来维持原有电压^[5]。

4 数据采集及处理的实现

传感器输出的数据信号需进行采集处理工作,使用 NI 公司的 USB-6210 作为数据采集卡,它将传感器输出的模拟信号转换为数字信号,送入电脑进行数据采集和处理^[6],在电脑开发 LabVIEW 实时测控程序时,需按照以下步骤进行:

- 1) 实现双通道数据采集;
- 2) 实现双通道数据保存,以 Excel 格式保存至电脑;
- 3) 实现双通道数据处理。

4.1 双通道数据采集的实现

创建模拟输入通道并添加相应的输入控件,设置采样模式为连续采样。启动任务后,将采集得到的数据放入缓存,将静态数据转换为动态数据,考虑到采得数据有抖动,取值为数据的平均值和均方根值^[7]。使用拆分信号将混合了通道一和通道二的信号拆分为 2 组信号。数据采集部分程序框图如图 2 所示。

4.2 双通道数据采集并以 Excel 格式保存至电脑

创建数组函数连接多个数组或向 N 维数组添加元素,它将输入的数组和元素连接成一个新的数组,将其转换为静态数据,静态的电压均值作为数组和传感器实验台上的增益旋钮读数合成一个新的数组^[8]。当传感器实验台上的增益旋钮位移时,程序会保存双通道电压值,并同时存入数组。创建布尔按钮来区分增益旋钮去程(增益变大)和回程(增益减小),并用它来控制条件结构的真/假。布尔按钮关闭时对应旋钮回程,控制条件结构“假”

的启动；布尔按钮开启时对应旋钮去程，控制条件结构“真”的启动^[9]。电子表格文件子 VI 将去程/回程的电压以及旋钮读数分别保存到指定的目的内存。双通道数据依次存入表格程序的部分程序框图如 2 所示。

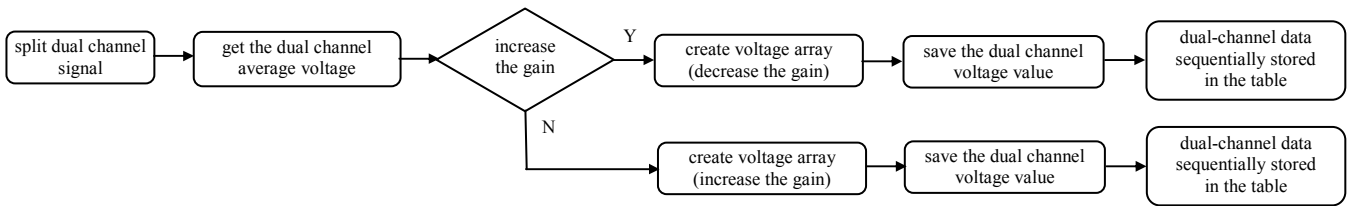


Fig.2 Diagram of dual-channel data stored in tables

图 2 双通道数据依次存入表格(程序框图)

4.3 双通道数据采集的处理

使用线性拟合子 VI 将索引得到的 X (第 0 列)和 Y (第 1 列)通过最小二乘法、最小绝对残差或 Bisquare 方法返回数据集 (X, Y) 的线性拟合^[10]，从而得到其最佳拟合线性值以及灵敏度。由于分为位移增大和位移减小 2 种情况，故在程序框图含有 2 部分，一部分为位移增大时(去程)的数据处理部分，另一部分作为位移减小时(回程)的数据处理部分，该部分程序框图如图 3 所示。

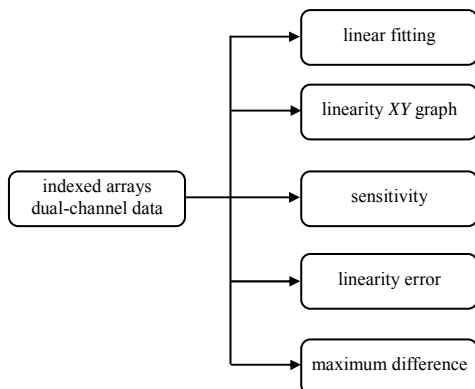


Fig.3 Diagram of dual-channel data processing

图 3 双通道数据处理(程序框图)

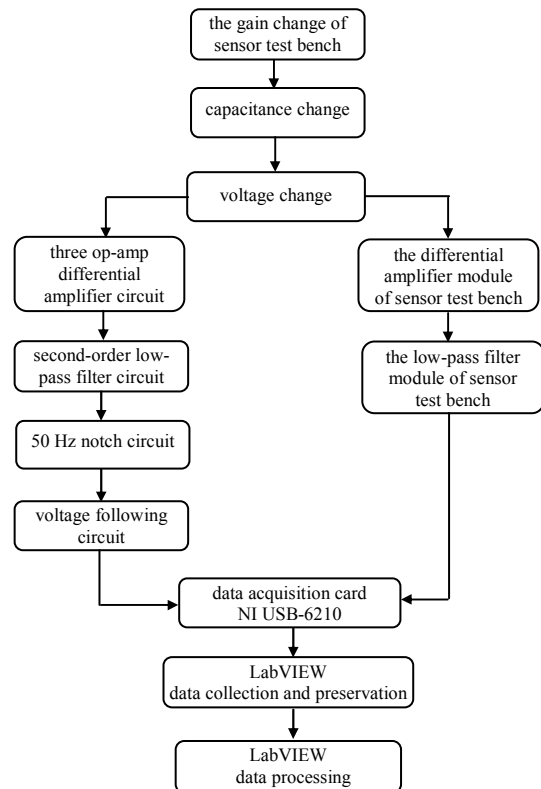


Fig.4 Flow chart of this experiment

图 4 实验流程图

5 传感器测试系统实现

5.1 实验流程

传感器实验台上的增益旋钮扭动时，传感器变换器的微弱电压信号进入 2 路信号处理电路，通道一是传感器实验台自带的信号处理电路，通道二是自制的信号处理电路，2 路信号经过各自的信号处理后，送到数据采集卡，数据采集卡将模拟电压信号转换成计算机可识别的数字信号，最后送入计算机，通过 LabVIEW 程序对 2 路采集到的数字信号进行采集、保存和处理^[11]。实验流程图如图 4 所示。

5.2 实验结果

随机选用一段增益旋钮上的位移(10.8 mm~13.0 mm)。将通道一的放大倍数设置为 10 倍，将通道二的放大倍

数设置为 15，实验结果如图 5 所示，具体数据如表 1、表 2 所示。

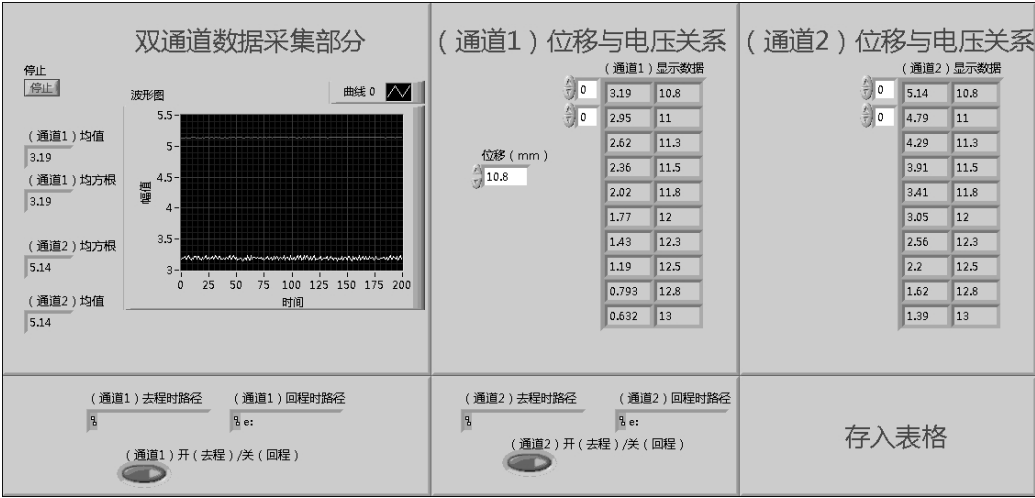


Fig.5 Dual-channel data acquisition and processing(front panel)
图 5 双通道数据采集及其处理(前面板)

表 1 增益旋钮位移增大时双通道数据(去程)

Table1 Dual-channel data(increase the gain)					
displacement/mm	channel 1 voltage/V	channel 2 voltage/V	displacement/mm	channel 1 voltage/V	channel 2 voltage/V
10.8	0.63	1.39	12.0	2.06	3.45
11.0	0.85	1.70	12.3	2.43	3.98
11.3	1.23	2.25	12.5	2.66	4.31
11.5	1.46	2.57	12.8	3.03	4.84
11.8	1.84	3.12	13.0	3.24	5.15

表 2 增益旋钮位移增大时双通道数据(回程)

Table2 Dual-channel data(decrease the gain)					
displacement/mm	channel 1 voltage/V	channel 2 voltage/V	displacement/mm	channel 1 voltage/V	channel 2 voltage/V
13.0	0.63	1.39	11.8	2.02	3.41
12.8	0.79	1.62	11.5	2.36	3.91
12.5	1.19	2.20	11.3	2.62	4.29
12.3	1.43	2.56	11.0	2.95	4.79
12.0	1.77	3.0	10.8	3.19	5.14

根据保存的数据，对其进行数据处理，该部分结果见图 6。由此可以得出去程和回程部分拟合曲线基本一致，并且具有较高的灵敏度，线性误差也较小，很好地满足了要求。

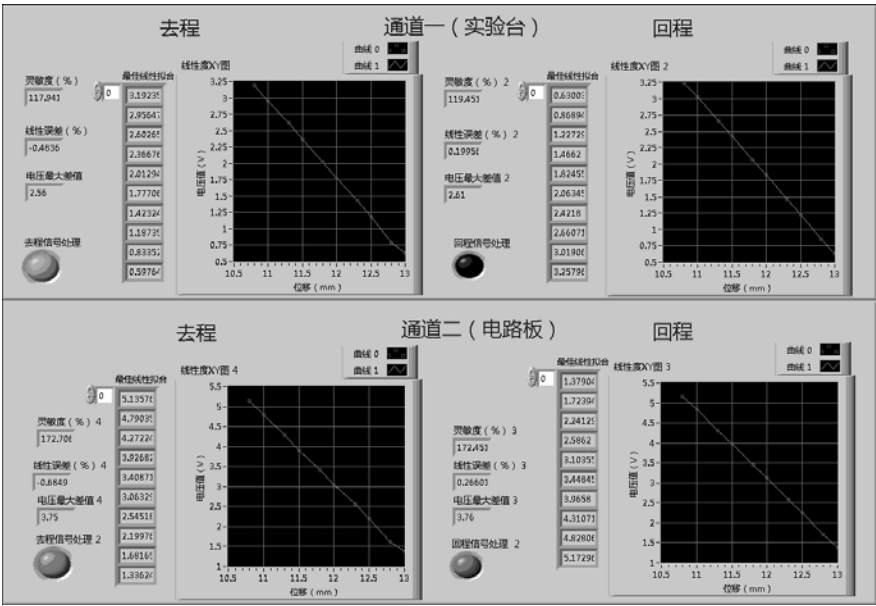


Fig.6 Data processing(front panel)
图 6 数据处理(前面板)

6 结论

通过对传感器测试系统的软硬件部分的构造,实现了传感器测试系统对信号的采集和处理。使用 Multisim 仿真软件设计出通道一的硬件系统,配合传感器实验台自带硬件系统,实现了双通道数据的采集和处理。使用 LabVIEW 虚拟仪器实验平台对数据进行采集和处理,结果证明采集结果灵敏度较高,线性误差较低,很好地满足了实验精确度的要求,节约了传统实验仪器的开发成本和维护费用,方便高校同学在进行传感器实验时记录数据,同时也节约了做实验的时间。

参考文献:

- [1] 陈锡辉,张银鸿. LabVIEW8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社, 2007. (CHEN Huixi,ZHANG Yinhong. LabVIEW8.20 programming from novice to professional[M]. Beijing:Tsinghua University Press, 2007.)
- [2] 龙华伟,顾永刚. LabVIEW 8.2.1 与 DAQ 数据采集[M]. 北京:清华大学出版社, 2008. (LONG Huawei, GU Yonggang. LabVIEW 8.2.1 and DAQ data acquisition[M]. Beijing:Tsinghua University Press, 2008.)
- [3] 李哲英,骆丽,李金平. 模拟电子线路分析与 Multisim 仿真[M]. 北京:机械工业出版社, 2007. (LI Zheyang, LUO Li, LI Jinping. Multisim Analog Electronic Circuit Analysis and Simulation[M]. Beijing:Machinery Industry Press, 2007.)
- [4] 康华光,陈大钦,张林. 电子技术基础模拟部分[M]. 5 版. 北京:高等教育出版社, 2008. (KANG Huaguang, CHEN Daqin, ZHANG Lin. Electronic Technology Base Analog Portion[M]. 5th ed. Beijing:Higher Education Press, 2008.)
- [5] 刘光宇,李陆世,徐良汉. 传感器微机标定系统研究[J]. 传感器技术, 2000,19(5):1-3. (LIU Guangyu, LI Lushi, XU Lianghan. Sensor calibration system computer research[J]. Sensor Technology, 2000,19(5):1-3.)
- [6] 朱晓香. 基于 LabVIEW 的多路并行数据采集器软件系统的设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014. (ZHU Xiaoxiang. Design and implementation of multi-channel parallel data acquisition software system based on LabVIEW[D]. Xi'an, China:Xi'an University of Electronic Science and Technology, 2014.)
- [7] 王建敏. 基于 LabVIEW 的数据采集及设备监测系统开发[D]. 武汉:武汉科技大学, 2013. (WANG Jianmin. Data collection and monitoring system for equipment based on LabVIEW[D]. Wuhan, China:Wuhan University of Science and Technology, 2013.)
- [8] 卢航,高峰,程刚. LabVIEW 现场可编程门阵列模块数据采集系统仿真[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2013,11(6):977-980. (LU Hang, GAO Feng, CHENG Gang. Field Programmable Gate Array module data acquisition simulation system based on LabVIEW[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2013,11(6):977-980.)
- [9] 王力. 基于 LabVIEW 的高速数据采集系统的软硬件设计[D]. 南京:南京理工大学, 2013. (WANG Li. Hardware and software design of high-speed data acquisition system based on LabVIEW[D]. Nanjing, China:Nanjing University of Science, 2013.)
- [10] 王子瑞,孙敬敬,王林. 基于 LabVIEW 虚拟仪器的双通道信号采集与分析系统设计[J]. 机电工程技术, 2011,40(8):42-46. (WANG Zirui, SUN Jingjing, WANG Lin. Virtual Instruments dual-channel signal acquisition and analysis system design based on LabVIEW [J]. Electrical Engineering Technology, 2011,40(8):42-46.)
- [11] 谢冰,陈昌鑫,郑宾. 基于 LabVIEW 的数据采集与信号处理系统设计[J]. 现代电子技术, 2011,34(14):173-175. (XIE Bing, CHEN Changxin, ZHENG Bin. Data acquisition and signal processing system design based on LabVIEW[J]. Modern Electronic Technology, 2011,34(14):173-175.)

作者简介:



何元媛(1991-),女,西安市人,在读硕士研究生,主要从事检测技术与自动化装置方面的研究.email:keryoyuan@gmail.com.

雷 勇(1966-),男,四川省内江市人,博士,教授,主要从事电工电子及自动化检测技术方面研究.