

文章编号: 1000-5471(2007)05-0129-04

基于 LabVIEW 的温度测试系统的研究^①

任德齐, 谭中华

重庆电子工程职业学院 电子信息系, 重庆 401331

摘要: 介绍了 AD590 温度传感器的特性和系统结构设计, 重点阐述了虚拟仪器系统的构建和系统软件设计. 利用虚拟仪器丰富的开发资源, 基本不投入仪器设备及硬件, 设计出具有较高的应用价值的传感器特性测试系统. 并用软件进行滤波及归一化处理抑制采集噪声, 提高系统的测试精度.

关键词: LabVIEW; 虚拟仪器; 温度传感器; 数据采集

中图分类号: TP274

文献标识码: A

温度是工农业生产的主要环境参数, 对其进行适时准确的测量具有重要意义. 很多生产设备、热工装置及大型仓库等需要进行温度测量, 但由于许多工作场合环境恶劣, 不宜采取人工测量, 因此, 设计一种能够进行温度的自动检测系统具有较为广泛的应用价值. 根据温度传感器的性能特点和测试要求, 利用虚拟仪器(Virtual Instruments, 简称 VI)代替真实的仪器设备, 基本不用投入仪器设备及硬件, 设计出具有优越性价比的传感器特性测试系统. 本文以水温控制为应用背景, 提出一种以虚拟仪器为核心构成的温度测试系统, 详细阐明了该仪器的检测原理^[1]、硬件结构、软件编制等相关技术, 并指出它的一些特点和优势.

1 系统组成与原理

本测试系统以温度传感器为例, 系统由水温产生装置、直流精密电源、温度传感器、仪器硬件和计算机等 5 部分组成, 其结构框图如图 1 所示. 水温装置是可控温度电加热装置; 温度传感器为 AD590, 温度传感器输出模拟电压; 直流精密电源为温度传感器提供工作电源, 使得传感器的可靠性得到提高; 系统中将信号连接到数据采集卡(PCI 6259)后提供给计算机处理. 由此可见, 同以往的测试系统相比, 本系统简单明了, 无需测试转换电路和仪器、设备, 测试也是不用繁杂冗长的调试、校验, 只要提供恰当的驱动电源, 系统就可开始工作.

本系统工作原理是: 通过改变水的温度给温度传感器施加不同的温度信号, 温度的变化使温度传感器输出不同的模拟电压, 采集卡将模拟电压值采集到 PC 机上, 用 LabVIEW 软件开发程序对所采集的数据进行 A/D 转换、分析、计算处理, 最终测量结果将在虚拟仪器界面上显示. 如果对其他各类传感器, 只需把数据处理部分及对应不同的传感器的不同采集过程分别做成子 VI, 然后在程序中根据实际需要调用各个子 VI, 即可实现对多种传感器的特性进行测试.

对温度的测量而言, 温度传感器的选择是整个系统的第一步, 也是直接影响系统性能的重要因素之

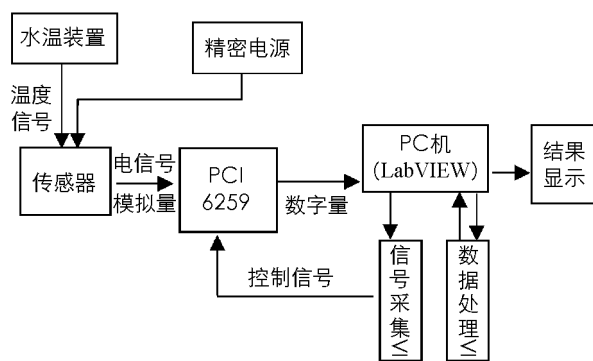


图 1 系统框图

^① 收稿日期: 2007-03-20

作者简介: 任德齐(1966-), 男, 四川蓬溪人, 副教授, 主要从事传感器技术与信号处理研究.

一, 选用专用温度传感器 AD590 热性能稳定, 线性较好, 电阻温度系数分散性小, 可以保证测试数据的正确性. 在系统制作过程中, 发现微弱信号采集时出现了严重的随机噪声, 通过用 LabVIEW 软件进行滤波及归一化处理, 抑制了噪声, 提高了温度数据采集系统的测试精度.

软件是虚拟仪器的核心, 本测试系统软件包括三大部分: 数据采集、虚拟仪器界面、数据处理.

2 温度传感器 AD590

在本系统中, 根据系统的设计要求选用温度传感器 AD590. AD590 是 AD 公司利用 PN 结正向电流与温度的关系制成的电流输出型温度传感器. 这种器件在被测温度一定时, 相当于一个恒流源. 该器件具有良好的线性和互换性, 测量精度高, 并具有消除电源波动的特性. 即使电源在 5~15 V 之间变化, 其电流只是在 1 μ A 以下作微小变化. AD590 产生的电流与绝对温度成正比, 它可使用的工作电压为 4~30 V, 检测的温度范围为 -55~+150 $^{\circ}$ C, 它有非常好的线性输出性能, 温度每增加 1 $^{\circ}$ C, 其电流增加 1 μ A.

AD590 在应用时, 是一个恒流源, 它将温度值影射为电流值, 而此系统在设计时将此电流值再影射为电压值. 它的调理电路如图 2 所示, AD590 的输出电流 $I = (273 + T) \mu\text{A}$ (T 为摄氏温度), 因此量测的电压 V 为 $(273 + T) \mu\text{A} \times 10 \text{ K} = (2.73 + T/100) \text{ V}$. 为了将电压量测试出来又需使输出电流 I 不分流出来, 使用电压跟随器其输出电压 V_2 等于输入电压 V . 由于一般电源供应较多元件之后, 电源是带噪声的, 因此使用齐纳二极管作为稳压零件, 再利用可变电阻分压, 其输出电压 V_1 需调整至 2.73 V. 接下来使用差动放大器其输出 V_0 为 $(100 \text{ K}/10 \text{ K}) \times (V_2 - V_1) = T/10 \text{ V}$. 如果现在为摄氏 28 度, 输出电压为 2.8 V.

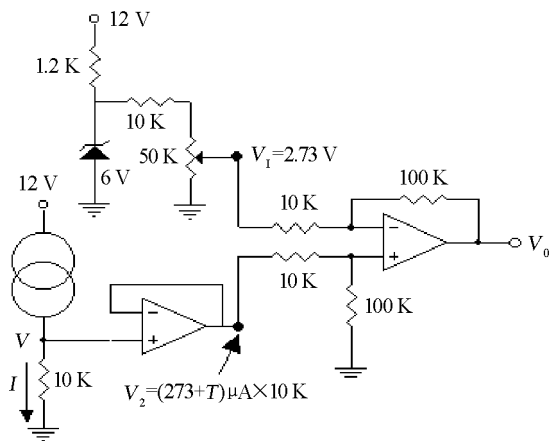


图 2 AD590 调理电路

3 测试系统的建立与分析处理

3.1 LabVIEW 程序的建立

本测试系统的模块结构都是围绕数据采集和数据分析、处理而展开, 各模块结构都被嵌套在系统管理 VI 中 (图 3).

数据采集部分带有很大的灵活性, 能因实际需要来调整以适应不同传感器的电压或电流输出, 还可以改变信号参数来处理不同的采集对象^[2]. 各种因素决定了对采集程序的编写、功能模块的选定等问题, 可以根据具体需要编写成对应的子 VI. 数据分析处理部分是负责对数据的后期处理. 系统管理 VI 完成整个测试系统的调度和管理.

3.2 数据采集及噪声抑制

当采用 DAQ 卡测量模拟信号时, 必须考虑下列因素: 输入模式、分辨率、输入范围、采样速率、精度和噪声等.

为消除共模噪声, 在这里采用差分输入模式. 当用直流稳压电源驱动传感器时, 其输出、采集的数据, 理论上应该是基本稳定无波动性. 但在实际测试过程中发现, 传感器的输出和采集到的数据都有 10 mV 左右无规律的杂波存在, 经过反复和更换传感器, 始终无法消除, 经分析认为这种杂波是传感器在工作过程中受焦耳热效应产生的热噪声. 数据采集时, 噪声还会引起信号畸变, 产生严重的误差, 因此必须抑制该噪声^[3].

为抑制信号噪声, 首先采用增加采样信号点数的办法来减少之. 当采样点数增加时, 信号的点与点之间的时间间隔 Δt 会缩小, 当缩小到 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 各取点间响应总和的极限就是该系统原输入 $U_i(t)$ 所引起系统的输出 $U_l(t)$. 按照信号处理理论^[1], $U_l(t)$ 可写为

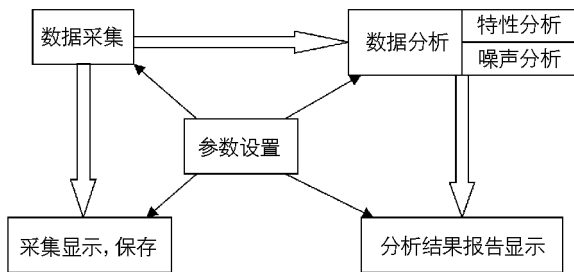


图 3 系统的数据流程示意图

$$U_I(t) = \int_0^t U_i(t_i)F(t-t_i)dt$$

变换为卷积: $U_I(t) = U_i(t) * F(t)$

采用增加采样点数的方法, 使结果接近原输入, 数据采集时噪声得到一定程度的抑制, 但未能完全抑制, 仍需进一步处理. 如何进行优化处理, 是本研究的难点, 这里主要介绍用软件方法实现优化.

用 LabVIEW 系统中模拟信号采集模块“AI Acquire Wave Form”对一定温度下的传感器进行多次数据采集, 将采集的数据先做滤波处理, 滤波器原理如下: 先做低通滤波, 由于温度传感器输出信号为低频信号, 频率特性技术指标是在通频带约 0~250Hz, 由于用软件实现, 阶数增高, 但不会引起成本的增加及电路复杂等方面的问题^[4].

经过低通滤波器后的待处理信号为 $U_I(t)$, 输出信号为 $U_0(t)$, 用带恰当参数的 rect 函数实现, 将滤波后的频域信号反变换为时域信号.

$$F\{U_I(t)\} \cdot \text{rect}(a) \rightarrow F\{U_0(f)\}$$

根据卷积定理, 上述滤波过程等效于用 $U_I(t)$ 直接与 rect 函数的傅里叶变换做卷积. 而 rect 函数的傅里叶函数是 sinc 函数, 有:

$$U_I(t) * F^{-1}\{\text{rect}\} \rightarrow U_0(t)$$

即 $U_I(t) * \text{sinc} \rightarrow U_0(t)$

在程序中, 用有限低通滤波器“FIR windowed Coefficient. VI”来产生一个窗口 (用作 n 阶低通滤波器后等效于 sinc 函数), 与信号做卷积处理, 卷积用“Convolution. vi”功能模块实现. 完成上述处理后的数据仍带有随机脉动电压的微波动, 须用功能模块 mean. vi 求多次平均进行脉动电压平均归一化处理.

设 $F_i = g_i + N_i$

$$\sum_{i=1}^m F_i = \sum_{i=1}^m g_i + \sum_{i=1}^m N_i$$

式中: F_i —每次采集数据, g_i —理想值, N_i —随机脉动电压.

由于 $m \rightarrow \infty$, $\sum_{i=1}^m N_i \rightarrow 0$ (理想的), 设定合适的 n, m 值, 多次滤波求平均后, 得到归一化最终处理, 噪声得到有效的抑制. 具体实施过程如图 4 所示, 采集结果如图 5 所示. 图 5 面板上的数据显示分别为直接采集的数据与滤波处理后的数据.

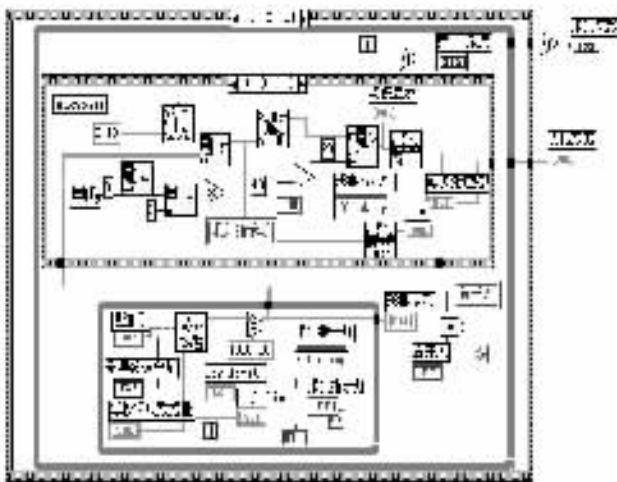


图 4 数据采集程序框图

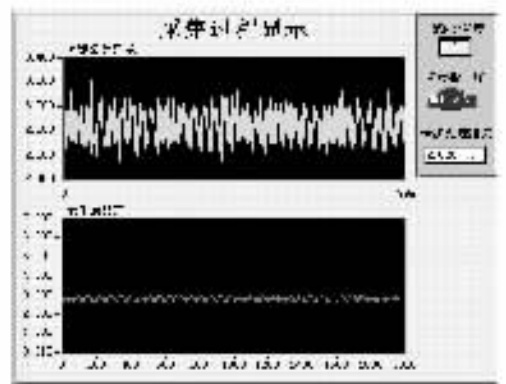


图 5 处理前后的结果比较

采集时, 先设置通道号, 每改变系统的温度, “AI Acquire Waveform”程序从 DEMO BOX 上的模拟输入通道按指定的数据采集总量, 每秒采集到的各种数据量参数被送到结构模块“Sequence”中进行滤波和噪声平均处理, 处理后的数据自动保存在“while loop”结构的“Auto-indexed”中, 系统提示是否继续改变温度进行采集, 得到肯定回答后则继续进行下一轮的数据采样, 否则“Auto-indexed”中保存下来的数据会自动转成数组, 从“优化数据”端口输出结果.

图 6 是实时显示测量温度的过程, 每 5 s 测量一次, 总共测量 80 次, 最后一次测量的温度为 65.74℃. 图中分别可以从温度历史曲线观察温度的变化过程, 并且从旁边的温度计图样中观察温度的温度值. 每次循环过程采集一次测量结果, 测量结果与设定值进行比较, 当循环执行了所设定的次数后, 程序把采集到的数据送到面板的上显示.

3.3 系统管理

系统管理 VI 完成整个测试系统的调度和管理, 包括系统初始化、系统设置、存储和打印以及系统数据采集子 VI、数据分析处理子 VI、数据显示等子 VI 的调度工作.

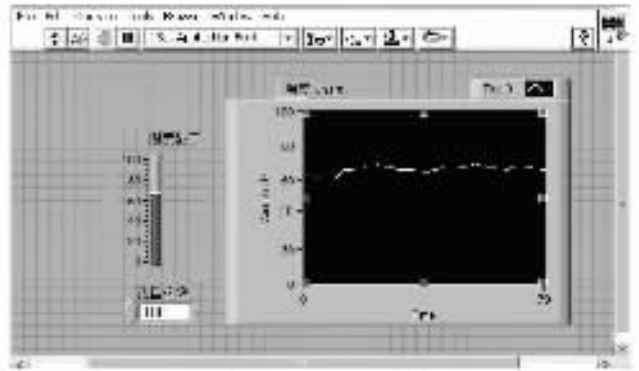


图 6 温度显示面板

4 结 论

随着传感器技术的发展, 传统的测试方法已经逐渐不能满足精度的要求. 随着信号检测和计算机技术的发展也使高精度实时采集数据和分析处理成为可能. 本文是传感器共性的测试系统, 并以温度传感器为实例, 利用 LabVIEW 丰富的开发程序, 基本不投入仪器设备及硬件, 设计出具有优越性价比的传感器特性测试系统, 极大地降低了成本, 并使该系统具有很大的灵活性, 并用软件进行滤波及归一化处理抑制采集噪声, 提高了系统的测试精度.

参考文献:

- [1] 吴正毅. 测试技术与测试信号处理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1995: 101 - 115.
- [2] 林 鹰, 郭 兵, 杨 奕. 实时异构监控系统数据平台的集成技术 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2005, 30(1): 87 - 91.
- [3] 包 明, 施帮利, 胡顺仁, 等. 基于 FPGA 的多路温度测量系统 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2005, 30(3): 469 - 473.
- [4] 刘玉成, 李太福. 不确定性系统的控制策略及其与实现相关的软件技术 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2005, 30(3): 444 - 448.

The Research of Temperature Measurement System Based on LabVIEW

REN De-qi, TAN Zhong-hua

Department of Electronics and Information, Chongqing College of Electronic Engineering, Chongqing 401331, China

Abstract: This paper presented a temperature measurement system based on LabVIEW virtual instrument and AD590 temperature sensor. The characteristics of AD590 temperature sensor and the structure design of the measurement system are introduced. The design of the virtual instrument and the software is emphasized particularly. Based on the performance and the testing request of sensors, the primary properties of a sensor can be analyzed without any additional hardware, using the virtual instrument(VI) and a software resource. The error which is caused by the system pulse voltage, will be solved by normalization and filtering through the software.

Key words: LabVIEW; virtual instrument; AD590 temperature sensor; data acquisition

责任编辑 潘春燕