

文章编号:1008-1534(2013)04-0249-04

基于 ADS1248 高精度测温装置的设计

张树青¹, 李妍², 王步洲³, 李朝阳³, 李国吉⁴

(1. 航空四站装备修理厂, 河北石家庄 050071; 2. 河北工业大学计算机科学与软件学院, 天津 300401; 3. 东旭集团有限公司, 河北石家庄 050000; 4. 石家庄凯普特动力传输有限责任公司, 河北石家庄 050000)

摘要:针对疫苗的运送及仓储过程中对环境温度的严格要求, 设计了高精度的测温装置。选用了 Pt100 作为温度传感器, 采用四线制测量方法去除了传输线上的干扰, 设计了比例测量法使系统的精度仅依赖于一个高精度电阻。选用的 ADS1248 芯片内部包含了 PGA 放大器及 24 位 ADC 芯片, 降低了装置的复杂性, 同时具有较高的分辨率。经测试, 本装置的测温精确达到 0.1 °C, 能够满足疫苗的运送及仓储的要求。

关键词: ADS1248; 四线制测量; 高精度测温; 比例法

中图分类号: TH811 文献标志码: A doi: 10.7535/hbgykj.2013yx0407

Design of high precision temperature measuring device based on ADS1248

ZHANG Shuqing¹, LI Yan², WANG Buzhou³, LI Chaoyang³, LI Guoji⁴

(1. Aircraft Four Stations Repair Equipment Factory, Shijiazhuang Hebei 050071, China; 2. School of Computer Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China; 3. Dongxu Group Company Limited, Shijiazhuang Hebei 050000, China; 4. Shijiazhuang Captain Power Transmission Company Limited, Shijiazhuang Hebei 050000, China)

Abstract: Due to the strict requirement of environment temperature on the transportation and storage of vaccine, a temperature measuring device with high precision is introduced. Pt100 is selected as temperature sensor, the interference of transmission line is removed by using four-lines measuring method. And a ratio measurement method is designed so that the precision of the system depends only on a high precision resistor. The using chip of ADS1248 contains a PGA amplifier and a 24 bit ADC chip, which reduces the complexity of the device and provides high resolution. The measurement precision reaches 0.1 °C, meeting the vaccine delivery and storage requirement.

Key words: ADS1248; four-lines resistance measurement; high precision temperature measurement; ratio measurement method

收稿日期: 2013-03-19; 修回日期: 2013-04-17

责任编辑: 陈书欣

基金项目: 河北省自然科学基金(E2012208006); 河北省教育厅高等学校科学研究计划(ZH2011243); 河北省教育厅高等学校科学研究计划自然科学基金优秀青年基金(Y2012018)

作者简介: 张树青(1960-), 男, 天津人, 工程师, 主要从事机械制造方面的研究。

E-mail: hp593@163.com

温度测量^[1-2]与人类的生产和生活息息相关, 在工农业生产、仓储和产品流通等环节中, 需要对产品所处环境的温度进行精密控制, 比如疫苗的存储和运输, 这就要求人们能够高精度地测量温度以实施相应的温度调控。本测温装置在传统一味追求高精度的测温器件以达到测温精度的基础上在电路的设计中也进行了调整, 以更大程度地提高温度测量的精度。

1 装置工作原理及硬件设计

1.1 ADS1248 介绍

ADS1248 是高度集成的 24 bit 精密 ADC 芯片,集成了低噪音可编程增益放大器(PGA),单周期设定数字滤波器的精密 Delta-Sigma ADC 振荡器输入切换器(input mux),集成了两路恒流源,可采样 4 组差分或 7 组单端输入,还具有 50 /60 Hz 同步抑制模式;传感器断线检测功能设计中选用该芯片可在不影响性能的情况下减少器件数量,ADC 的数据速率高达 2 ksps,功耗仅为 2.56 mW,芯片集成度高,应用中可简化电路设计。

1.2 Pt100 四线制测阻值原理^[3-4]

由于 Pt100 的电阻范围很小,通常在几十欧姆到一百几十欧姆,用 Pt100 的电阻来表示温度的大小,导线上等效的电阻将不能忽略,传统的测试方法忽略了导线上等效的电阻势必引起很大的误差,对于高精度的测量,这么大的误差是不允许的。本装置采用四线制测电阻的方法能够完全消除连接导线上的等效电阻的影响,精度高稳定性好。测试电路图如图 1 所示。

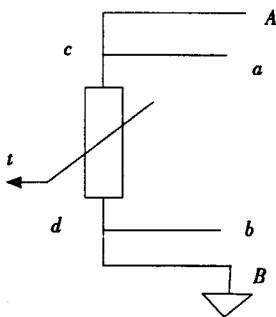


图 1 四线制测量电阻阻值
Fig.1 Four-wire resistance measurement

如图 1 所示,四线制测温的时候在 A 点加入恒流源,那么 AB 两端将产生一定的压降,这个压降包括了导线上的等效电阻压降,这时不测量 AB 两端而是测量 ab 两端的压降,这样就去除了导线上等效电阻的压降,得到了恒流源经过电阻时产生的真实压降,从而提高测温的精度。

1.3 装置总体设计

装置的核心部分电路如图 2 所示。

如图 2 所示,让 ADS1248 集成的恒流源流经待测热敏电阻和高精度电阻 R_0 , R_0 两端的电压作为 ADS1248 芯片 ADC 的参考电压。待测电阻 Pt100 的电压接到 ADS1248 的模拟输入口的 AIN0 和

AIN1,AIN0 和 AIN1 两端的电压经 ADS1248 的 PGA 放大,然后进行 ADC,得到电压值,转换成电阻值,最后对照 Pt100 得出当前的温度值。

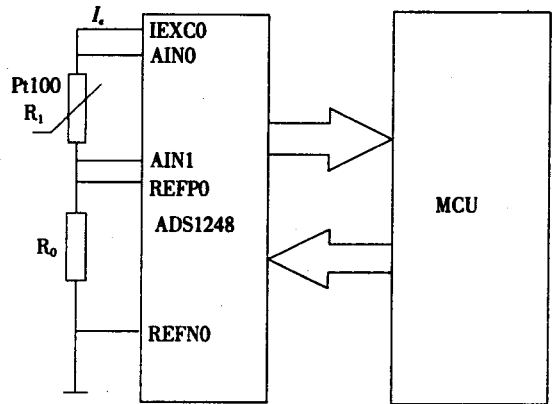


图 2 测温电路
Fig.2 Temperature measurement circuit

图 2 的测温电路简单实用,它巧妙地利用 ADS1248 的恒流源同时流经待测电阻 R_1 和产生 ADC 参考电压的电阻 R_0 ,使得 R_1 与 R_0 之间的电压等于它们之间的电阻,避免了因为参考电压的误差而引起的系统误差,也简化了软件编程的计算。同时,这个电路可以进行热敏电阻的短路和断路检测,当热敏电阻 R_1 短路时,ADC 的值为 0,当 R_1 断路时,ADC 的值为最大值。所以当 ADC 的值接近于 0 或者接近于最大值时可以认为待测电阻已经短路或者断路。

2 装置软件设计

系统的软件控制程序流程如图 3 所示。

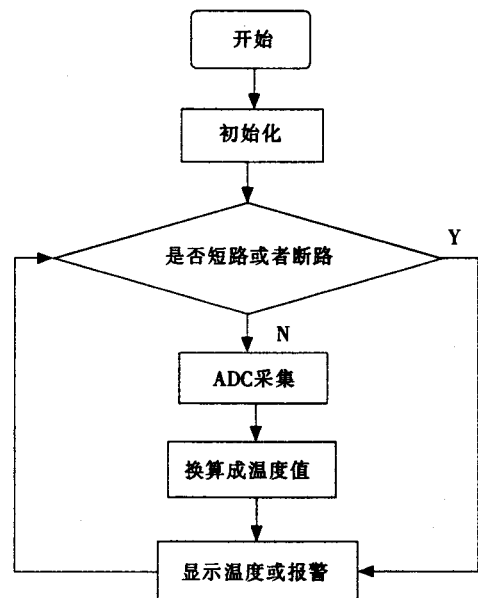


图 3 软件流程图
Fig.3 Flow chart of software

由于本装置电路简单,而且选用了集成度很高的 ADS1248 芯片,使得软件设计非常简单,选用一般的单片机就可以满足要求,程序流程也很简单。对芯片、单片机 I/O 接口等进行初始化后检测一下电路的连接是否正常,如果正常直接采集 ADC 的值,然后转化为温度值。在每次采集 ADC 之前检测一下待测电阻是否有断路或者短路情况。

在把 ADC 采集的值转换成温度值时,需要查询 Pt100 的电阻温度对应表,因为对应表内的数据精确到了 0.01 Ω,现在假设电阻在 0.01 Ω 间隔上电阻与温度是线性关系。这种假设引入的误差最大为 1%。

当本系统用于要求精度高的测温系统时,需要将温度数据做进一步处理,显示出来或者通过通信接口传输到下一个系统(比如控制系统)。这时只需要通过通信接口将数据传输出去就可以了。

3 装置的高精度理论分析^[5-6]

3.1 Pt100 的精度

Pt100 温度传感器是一种以白金(Pt)做成的电阻式温度检测器,它的阻值和温度是正相关的。当 Pt100 在 0℃ 时的阻值为 100 Ω,它的阻值会随着温度上升而成近似匀速的增长。但它们之间的关系并不是简单的正比关系,而更应该趋近于一条抛物线。通过大量的实验,已经获得了一个精度为 1℃ 的阻值温度关系表,在使用中查表即可。因为该装置是高精度测温装置,所以假设 2 个相邻整数温度之间是线性关系,以提高测量精度。Pt100 属于一种高精度的热敏电阻,目前的制作工艺其阻值精确度可达到 0.5%。

3.2 四线制测量电阻阻值的精度

根据 1.2 节分析,四线制测电阻时去除了导线上的等效电阻的影响,这种方法测量电阻阻值其精度几乎可以达到 100%,电阻的测量误差可以忽略不计。

3.3 ADS1248 的 ADC 精度及其他可能引起的精度误差

ADS1248 集成了 24 bit 的高精度 ADC 电路,其测量最大误差为 0.001%。在通常的 ADC 转换电路中还存在因为参考电压的误差引起的测量误差,在 3.1 节介绍中已经说明,本系统采用的比例法测电阻巧妙地避免了这一点。

3.4 系统的总体误差^[7-8]

在本设计中 R_0 选择高精度的 2.2 kΩ 电阻

(2.2 kΩ 电阻经 1.5 mA 电流产生的压降在 ADS1248 参考电压的最佳参考电压范围内),目前的制作工艺其精度一般为 ±(0.01%~1%),取最大误差 1% 参与运算。ADS1248 的 PGA 选择 128 倍。则满足式(1):

$$\frac{R_0 \times I_e}{2^{24}} = \frac{R_1 \times I_e \times U_{PGA}}{U_{ADC}} \quad (1)$$

式中: I_e 为 ADS1248 产生的恒流源电流; U_{ADC} 为 ADS1248 芯片的 AD 转换值; U_{PGA} 为 ADS1248 芯片选择的 PGA 的值。整理得到

$$R_1 = \frac{R_0 \times U_{ADC}}{U_{PGA} \times 2^{24}} \quad (2)$$

利用数值分析的知识算得系统测量热敏电阻的理论误差为

$$e(R_1) = \left| \frac{\partial R_1}{\partial R_0} \right| \times e(R_0) + \left| \frac{\partial R_1}{\partial U_{ADC}} \right| \times e(U_{ADC}) + \left| \frac{\partial R_1}{\partial U_{PGA}} \right| \times e(U_{PGA}) \quad (3)$$

查阅资料知 $e(R_0)$ 为 ±(0.01%~1%),现取最大误差 1% 参与运算,所以 $e(R_0)$ 的精度误差为 1%;查阅 ADS1248 数据手册得 $e(U_{ADC})$ 最大值为 0.001%; $e(U_{PGA})$ 最大值为 0.01%。代入计算得

$$e(R_1) = \frac{U_{ADC}}{128 \times 2^{24}} \times 0.01 + \frac{2 \ 200}{128 \times 2^{24}} \times 0.000 \ 01 + \frac{2 \ 200 \times U_{ADC}}{128^2 \times 2^{24}} \times 0.000 \ 1 \quad (4)$$

式中:128 是 ADS1248 的 PGA 放大倍数。

将 $e(U_{ADC})$ 取最大值 2^{24} 计算结果为 0.026%。由于 Pt100 的测量精度为 0.026%,而它的制作工艺精度为 0.5%,所以相对于 Pt100 的制作工艺,本系统的测量电阻部分可以认为是零误差的理想系统。本系统的最终误差等于 Pt100 的阻值温度对应表的误差,精确到了 0.1℃。在装置软件设计分析中引入了 1% 的误差,这个误差是在精度为 0.1 的基础上的 1%,可以忽略不计。

4 装置的高精度测试^[9-10]

本装置温度测量值和更高精度温度测量值的对比见表 1。

表 1 本系统测温精度对比表

Tab. 1 Comparison of the temperature measurement accuracy

本装置温度/℃	5.04	78.02	100.00	78.45
精密仪器温度/℃	5.04	78.02	100.01	78.45

在分析中知道该系统装置的温度精确到了 0.1 °C。为了更准确地测试本系统的精度,在对比时保留到 0.01 °C,对比仪器选用重庆风云仪器有限公司的恒温槽低温鉴定装置,它有不同的规格,可满足 -80~500 °C 的温度标定,温度波动 $\leq\pm 0.005$ °C,水平温差 $\leq\pm 0.005$ °C,最大温差 $\leq\pm 0.01$ °C。

通过表 1 的比较,本系统的测温装置精度很高,达到了 0.1 °C。

5 结 语

通过对本系统的理论分析及实际测试与更高精度的测量仪器进行对比,本系统对测试电路上的改进等方法的确提高了系统的精度与稳定性。使系统的测温精度精确到 0.1 °C 以内。能够满足许多对温度测量和控制要求高的工农业生产中。本系统电路设计简单容易实现,性能稳定,性价比高,在工农业生产中可以更广泛的使用。

参考文献/References:

- [1] 侯金华, 琚长江. 温度测量模块的设计与实现[J]. 应用与测试, 2011, 33(5): 607-611.
HOU Jinhua, JU Changjiang. Design and realization of temperature measurement module [J]. Application and Test, 2011, 33(5): 607-611.
- [2] 刘德亮, 王竹林, 尉广军. 基于 FPGA 高精度频率测量仪的设计[J]. 河北工业科技, 2010, 27(1): 29-31.
LIU Deliang, WANG Zhulin, YU Guangjun. Design of high-accuracy frequency measuring instrument based on FPGA [J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2010, 27(1): 29-31.
- [3] 吴奇生, 华连生, 陈斌. 4 线制测温在气象地温数据观测中的应用[J]. 电子测量技术, 2010, 33(8): 86-88.
WU Qisheng, HUA Liansheng, CHEN Bin. Application of 4 wire temperature in meteorological geotemperature observation data [J]. Electronic Measurement Technology, 2010, 33(8): 86-88.
- [4] 刘少强, 张靖, 庄哲民. 三线制铂电阻高精度测温方法[J]. 自动化仪表, 2002, 23(11): 20-24.
LIU Shaoqiang, ZHANG Jing, ZHANG Zhemin. Three wire platinum resistance, high precision of temperature measurement [J]. Instrument and Meter for Automation, 2002, 23(11): 20-24.
- [5] 张瑜, 张升伟. 基于铂电阻传感器的高精度温度检测系统设计[J]. 传感技术学报, 2010, 23(3): 311-314.
ZHANG Yu, ZHANG Shengwei. Design of high precision temperature measuring system based on platinum resistance transducers [J]. Journal of Transducer Technology, 2010, 23(3): 311-314.
- [6] 任殿慧, 周娣, 章雪挺, 等. 一种铂电阻测温电路的非线性校正方法[J]. 电子器件, 2010, 33(5): 603-607.
REN Dianhui, ZHOU Di, ZHANG Xueting, et al. A nonlinear circuit of platinum resistor in temperature measurement correction method [J]. Electron Device, 2010, 33(5): 603-607.
- [7] 余云霞, 魏峰, 张正斌, 等. 热电阻测温仪[J]. 吉林化工学院学报, 2010, 27(4): 71-73.
YU Yunxia, WEI Feng, ZHANG Zhengbin, et al. The thermal resistance temperature detector [J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2010, 27(4): 71-73.
- [8] 智兆华, 刘文学, 李文朝, 等. 基于 nRF24LE1 的高压开关柜动静触头无线温度监测系统的设计[J]. 河北科技大学学报, 2011, 32(5): 446-450.
ZHI Zhaohua, LIU Wenxue, LI Wenzhao, et al. Design of wireless temperature monitoring system of high voltage switchgear contact based on nRF24LE1 [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2011, 32(5): 446-450.
- [9] 陈光禹. 现代测试技术[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2002.
CHEN Guangyu. Modern Testing Technology [M]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology Press, 2002.
- [10] 王森, 纪纲. 仪表常用数据手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
WANG Sen, JI Gang. The Instrument Used Data Handbook [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.

基于ADS1248高精度测温装置的设计

作者: [张树青](#), [李妍](#), [王步洲](#), [李朝阳](#), [李国吉](#), [ZHANG Shuqing](#), [LI Yan](#), [WANG Buzhou](#), [LI Chaoyang](#), [LI Guoji](#)

作者单位: [张树青, ZHANG Shuqing \(航空四站装备修理厂, 河北石家庄, 050071\)](#), [李妍, LI Yan \(河北工业大学计算机科学与软件学院, 天津, 300401\)](#), [王步洲, 李朝阳, WANG Buzhou, LI Chaoyang \(东旭集团有限公司, 河北石家庄, 050000\)](#), [李国吉, LI Guoji \(石家庄凯普特动力传输有限责任公司, 河北石家庄, 050000\)](#)

刊名: [河北工业科技](#)

英文刊名: [Hebei Journal of Industrial Science & Technology](#)

年, 卷(期): 2013, 30(4)

参考文献(10条)

1. [侯金华, 据长江](#) [温度测量模块的设计与实现](#) 2011(05)
2. [刘德亮, 王竹林, 尉广军](#) [基于FPGA高精度频率测量仪的设计](#)[期刊论文]-[河北工业科技](#) 2010(01)
3. [吴奇生, 华连生, 陈斌](#) [4线制测温在气象地温数据观测中的应用](#) 2010(08)
4. [刘少强, 张靖, 庄哲民](#) [三线制铂电阻高精度测温方法](#)[期刊论文]-[自动化仪表](#) 2002(11)
5. [张瑜, 张升伟](#) [基于铂电阻传感器的高精度温度检测系统设计](#)[期刊论文]-[传感技术学报](#) 2010(03)
6. [任殿慧, 周娣, 章雪挺](#) [一种铂电阻测温电路的非线性校正方法](#)[期刊论文]-[电子器件](#) 2010(05)
7. [余云霞, 魏峰, 张正斌](#) [热电阻测温仪](#)[期刊论文]-[吉林化工学院学报](#) 2010(04)
8. [智兆华, 刘文学, 李文朝](#) [基于nRF24LE1的高压开关柜动静触头无线温度监测系统的设计](#)[期刊论文]-[河北科技大学学报](#) 2011(05)
9. [陈光禹](#) [现代测试技术](#) 2002
10. [王森, 纪纲](#) [仪表常用数据手册](#) 2006

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbgkj201304007.aspx