

CD4052 失调电流对自动气象站采集器温度测量的影响

赵步达¹

摘要

温度的高精度测量一直是自动气象站采集器的关键技术.多路选择器 CD4052 在采集器温度测量电路设计中广泛使用,但其失调电流及其温度特性对采集器温度测量的影响一直缺乏研究.针对多路选择器 CD4052 存在较大失调电流问题,研究了采集器在实现对温度传感器 PT100 温度采集时的误差.结果表明:CD4052 失调电流对采集器的温度测量误差影响较大,且误差大小与环境温度有很大关系.研究结果对数据采集器的研制及补偿提供了理论依据和工程应用价值.

关键词

采集器; CD4052; 温度; 失调电流; 误差

中图分类号 P414.5

文献标志码 A

收稿日期 2012-06-11

资助项目 江苏省产学研项目(SBY201020107)

作者简介

赵步达,男,高级工程师,研究方向为气象计量. zbd195507@163.com

0 引言

自动气象站是一种能自动进行观测、处理、存储或发送气象观测数据的设备,主要由各气象要素传感器、数据采集器、上位机、通讯接口和系统电源等组成.各气象要素传感器感受规定的被测量并将其按照一定的规律转换成相应的电信号,如电阻、电压、电流和频率等.数据采集器对各传感器的电信号进行定时采集,经过线性化和定标处理,实现工程量到气象要素量的转换.通过通信组网设备或者通信接口与上位机或者中心站进行通讯,实现气象资料的传输.

20 世纪末,我国开始在全国台站布设地面自动气象观测系统,目前大约有 3 万多台自动气象站投入使用,可实现温度、湿度、风向、风速、雨量、气压、蒸发和辐射等气象要素的自动测量^[1-2].自动气象站观测频次较高,观测数据能够迅速反映近地面大气的实际状况,这从根本上提高了我国大气探测现代化的总体水平.在现有的气象台站和现有的气象台站之外建自动气象站,能够有效提高地面观测资料的空间密度和时间密度^[3],对增强监测、警报、预测等的的能力,为科学实验、科学研究、气候观测、天气预报、人工影响天气和气象灾害决策服务等方面提供更加准确、及时、有效的地面气象观测资料^[1,4].

自动气象站观测数据的质量直接关系到气候观测的准确性.为保证自动气象站测量温度的准确性,需对产生测量误差的各种误差源进行分析.各气象要素传感器的探测性能和数据采集器的采集处理性能是决定自动气象站观测数据质量的关键因素.数据采集器是影响自动气象站观测精度的关键部件,因此数据采集器需要定期检定和标定^[5-7].影响采集器测量误差的因素很多,本文综合分析有以下几个方面.1)电路设计中固有误差.比如 AD 的转换精度、开关电源噪声、模块电路之间的相互影响等.2)环境温度影响.由于自动气象站工作环境差异性很大,区域性、季节性差异均会带来采集器的环境温度变化.3)采集器内部器件的温度特性对采集器测量精度影响很大,特别是对小信号测量的影响更大,比如温度、辐射和湿度.但长期以来一直缺乏环境温度对采集器测量误差影响研究,特别是关键元器件的温度特性对测量误差的影响研究.本文分析了采集器温度测量中的关键元器件对温度测量误差的影响.

¹ 山西省大气探测技术保障中心,太原,030002

气象行业中,自动气象站大多采用 HMP45D 作为温湿度传感器^[8],其中 HMP45D 的温度传感器为铂电阻温度传感器 PT100. 铂电阻温度传感器测温范围大、性能稳定、准确度高、重复性好,在温度测量中得到广泛应用,但铂电阻测温同样不可避免地存在测量误差问题. 引起铂电阻测温误差的因素多种多样,本文针对以下问题进行了研究:双四选一模拟开关 CD4052 存在失调电流,使得流过 PT100 的恒流源产生变化,从而造成温度的测量误差.

1 多路温度采集原理

自动气象站数据采集器温度通道通常须同时采集气温、草面/雪面温、地表温、浅层地温和深层地温,通常需要采用多个类型相同的温度传感器采集不同对象的温度. 自动气象站采用 HMP45D 温湿度传感器,采用 HMP45D 中的 PT100 铂电阻温度传感器测量不同对象温度,温度测量范围是 $-50 \sim 50$ $^{\circ}\text{C}$. 而采集器内部不可能针对每一路传感器均采用独立的温度测量电路. 大多数采集器采用的设计方案是多路温度传感器共用信号放大电路和 A/D 转换电路,通过前端加入模拟开关(双四选一模拟开关 CD4052)来达到测量不同传感器的目的.

图 1 为自动气象站采集器温度测量通道的原理. 系统由恒流源、CD4052 多路选择器、仪表放大器 (OPA)、高精度 A/D 变换器、温度传感器组和控制器等组成. 恒流源输出电流过大时 PT100 会有自热效应,电流过小则测量误差较大,因此恒流源值通常选择在 $125 \mu\text{A} \sim 1 \text{mA}$ 之间. 恒流源输出由控制器控制模拟开关 CD4052 选择某一通道铂电阻进行温度测量. 当某一通道被选择后,该通道的模拟开关闭合,恒流源电流流过该通道的铂电阻,铂电阻两端产生电压. 仪表放大器将通过电子开关 CD4052 的铂电阻电压信号放大,送至高精度的 A/D 转换器进行模数转换,控制器读取 A/D 转换值,计算得到电阻值和对应温度. 被测温度变化时,铂电阻的阻值也发生变化,从而导致电压变化. 该温度测量方法的校准方法是利用两组标准电阻(通常选择 80.31 和 119.34Ω)通过电子开关 CD4052 切换到测量电路,得到测量电路的线性变换方程. 该方法的优点是利用标准电阻校准了测量通道误差,包括 CD4052 的失调电流误差,但其并不能解决在环境温度变化时,CD4052 的失调电流变化带来的影响. 大量试验结果表明,环境温度变化对温度测量影响是非常大的,有

些厂家的采集器甚至在环境温度为 50 $^{\circ}\text{C}$ 时温度测量误差达到 0.8 $^{\circ}\text{C}$,远远超出了允许范围. 因此,分析 CD4052 的漏电流和温度特性是非常有必要的.

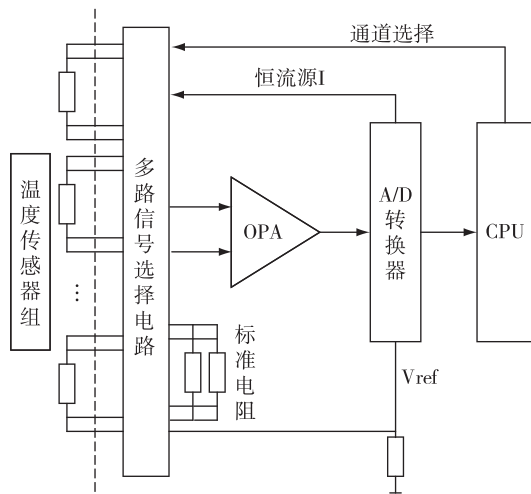


图 1 自动气象站多路测温系统

Fig. 1 Schematic of multi-channel temperature measurement in automatic weather station

2 CD4052 漏电流误差分析

CD4052 是双四选一模拟开关,每组四选一模拟开关分别有 2 个二进制控制输入. 根据器件厂家数据手册(美国德州仪器公司),当 CD4052 任意通道闭合后,都会有 $-500 \sim 500 \text{nA}$ 的漏电流,漏电流叠加在恒流源的输出电流,再流经铂电阻,由信号测量电路得到铂电阻两端电压,以恒流源的输出电流计算铂电阻值,则测量电阻值与实际电阻值之间产生误差,最终导致测量温度误差. 下面定量分析 CD4052 漏电流带来的温度测量误差.

根据文献[9],温度与 PT100 铂电阻之间的换算公式为

$$R_t = \begin{cases} R_0(1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3), & t \in [-200, 0] \\ R_0(1 + At + Bt^2), & t \in (0, 850]. \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, t 为温度,参数 $R_0 = 100 \Omega$, $A = 3.90802 \times 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, $B = -5.802 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-2}$, $C = -4.27350 \times 10^{-12} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-4}$.

从式(1)中可以看出, R_t 是分段函数,当 $t \in (0, 850]$ 时,最高次为 2 次,而当 $t \in [-200, 0]$ 时,最高次为 4 次,且参数 C 要比参数 A 和 B 小得多,所以,当 $t \in [-200, 0]$ 时,函数表达式的 3 次、4 次项对 R_t 的

结果影响很小,为方便计算,将 R_t 函数统一为

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2). \quad (2)$$

设恒流源电流为 I , CD4052 失调漏电流为 ΔI , 铂电阻的真实阻值为 R , 铂电阻两端的理论电压值 $U = IR$, 而实际测量值为

$$U + \Delta U = (I + \Delta I)R, \quad (3)$$

式(3)中的 ΔU 是 CD4052 失调漏电流为 ΔI 产生的电压误差. 则铂电阻的测量值为

$$R + \Delta R = \frac{U + \Delta U}{I} = \frac{(I + \Delta I)R}{I}, \quad (4)$$

式(4)中的 ΔR 是铂电阻测量值与真实值的误差.

由式(2)得:

$$R + \Delta R = R_0[1 + A(t + \Delta t) + B(t + \Delta t)^2], \quad (5)$$

式(5)中 t 为真实温度值, $(t + \Delta t)$ 为实际测量的温度值, 则 Δt 是由 CD4052 失调电流引起的温度测量误差值.

将式(2)代入式(4)得:

$$R + \Delta R = \frac{(I + \Delta I)}{I}[R_0(1 + At + Bt^2)], \quad (6)$$

由式(5)、(6)得:

$$B(\Delta t)^2 + (A + 2Bt)\Delta t - \frac{\Delta I}{I}(1 + At + Bt^2) = 0. \quad (7)$$

把 Δt 看成待求解的未知量, 则式(7)即为 Δt 的一元二次方程. 解这个一元二次方程, 有一个正解和一个负解, 选择一个符合条件的解, 即为 CD4052 引起的温度测量误差 Δt .

已知 CD4052 漏电流 ΔI 的范围是 $-500 \sim 500$ nA, t 取 $-50 \sim 50$ °C, 恒流源输出电流 I 选取 250 μ A, 则 Δt 是关于 ΔI 和 t 的函数. 图 2 是 ΔI 为正时产生的温度误差, 图 3 是 ΔI 为负时产生的温度误差.

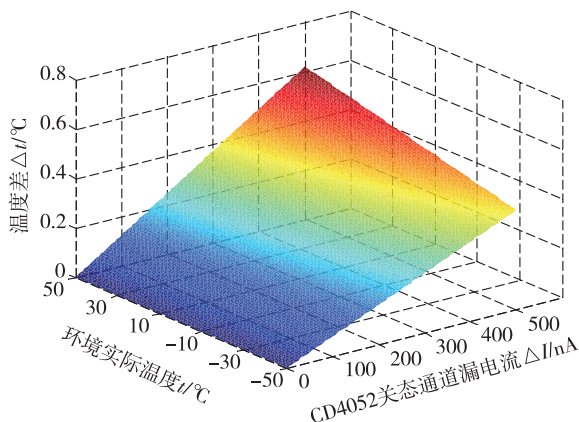


图 2 ΔI 为正时产生的温度误差

Fig. 2 Temperature measurement error when $\Delta I > 0$

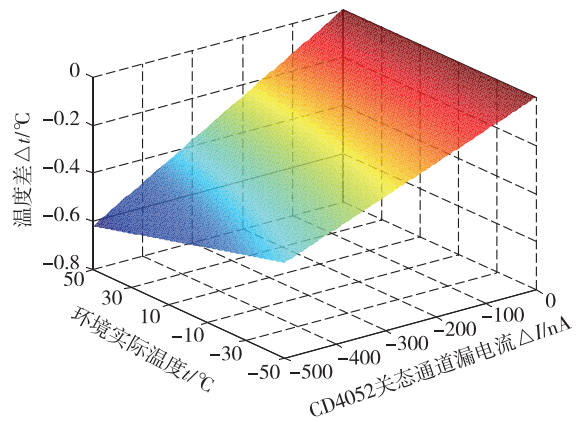


图 3 ΔI 为负时产生的温度误差

Fig. 3 Temperature measurement error when $\Delta I < 0$

由图 2 可以看出, 当漏电流 ΔI 为正时, 产生的温度测量误差 Δt 为正, 即测量温度比实际温度偏大. 漏电流 ΔI 越大, 环境实际温度 t 越高, 均会导致温度测量误差 Δt 增大.

同样, 由图 3 可以看出, 当漏电流 ΔI 为负时, 产生的温度测量误差 Δt 为负, 即测量温度比实际温度偏小. 漏电流 ΔI 绝对值越大, 环境温度 t 越高, 均会导致温度测量误差 Δt 的绝对值增大.

当 ΔI 取最大值 500 nA 时, t 取 $-50 \sim 50$ °C, 用 Matlab 画出 $\Delta t - t$ 图 (图 4).

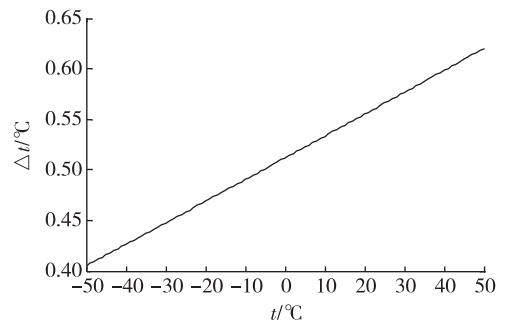


图 4 环境温度与温度测量误差变化

Fig. 4 Relationship between temperature measurement error and environmental temperature

图 4 即当取 CD4052 漏电流最大时, 在不同环境下产生的最大温度误差. 由图 4 可知环境温度越高, CD4052 漏电流引起的最大温度测量误差越大.

3 结束语

在自动气象站的实际应用中应考虑各个因素带来的测量误差, 本文分析了模拟开关 CD4052 失调漏电流对自动气象站的温度测量结果的影响, 分析表

明 CD4052 失调漏电流对温度测量误差有较大影响,影响程度随环境温度变化而变化.为了减小 CD4052 的失调电流的影响,在采集器电路设计中可以考虑增加采集器环境温度的测量,从而校准采集器的采样值,或者选择低温度漂移特性的多路选择电子开关.

参考文献

References

- [1] 胡玉峰. 自动气象站原理与测量方法[M]. 北京:气象出版社,2004
HU Yufeng. Automatic weather station measurement principles and methods [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2004
- [2] 李黄. 自动气象站实用手册[M]. 北京:气象出版社,2007
LI Huang. Practical handbook for automatic weather station [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007
- [3] 邸永强. 陕西省自动气象站实时数据质量控制系统设计研究与实现[D]. 西安:西安电子科技大学计算机学院,2010
DI Yongqiang. Design and realization of real-time data quality control of automatic weather station in Shanxi [D]. Xi'an: Computer College, Xidian University, 2010
- [4] 余君. 自动气象站与人工站气温和相对湿度观测结果的差异及其原因的研究[D]. 北京:中国气象科学研究院,2007
YU Jun. Research of the cause of difference between by AWS-and MAN-temperature and relative humidity obser-

vations recorded [D]. Beijing: Chinese Academy of Meteorological Sciences, 2007

- [5] 魏文健. 自动气象站数据采集器的计量检测和结果处理方法[J]. 气象水文海洋仪器, 2005(增刊1):52-55
WEI Wenjian. The measuring examination and the result processing methods of data collector of automatic weather station [J]. Meteorological Hydrological and Marine Instrument, 2005 (sup1): 52-55
- [6] 李伟雄. 自动气象站数据采集器的常用校准方法[J]. 中国计量, 2008(5):83-84
LI Weixiong. Calibration method of automatic weather station data acquisition unit [J]. China Metrology, 2008 (5): 83-84
- [7] 唐慧强,周静艳. 物联网自动气象站远程数据采集处理系统[J]. 南京信息工程大学学报:自然科学版, 2011,3(5):436-439
TANG Huiqiang, ZHOU Jingyan. The data acquisition and processing system of automatic weather station based on Internet of Thing [J]. Journal of Nanjing University of Information Science and Technology: Natural Science Edition, 2011, 3(5): 436-439
- [8] 唐慧强,刘银锋. 自动气象站数据采集器的研究与设计[J]. 通信技术, 2009,42(7):182-184
TANG Huiqiang, LIU Yinfeng. A design and research of data collector for automatic weather station [J]. Communications Technology, 2009, 42(7): 182-184
- [9] 李吉林. 90 国际温标常用热电偶、热电阻分度表[M]. 北京:中国计量出版社,1998
LI Jilin. Sub-tables of thermocouple, RTD in 90 international thermometric scale [M]. Beijing: China Metrology Press, 1998

CD4052 offset current impact analysis for automatic weather station temperature measurement

ZHAO Buda¹

¹ Shanxi Meteorological Observation & Technical Support Center, Taiyuan 030002

Abstract The high-precise measurement of temperature is always the important technology of automatic weather station (AWS) design. Multiplexer CD4052 is widely used in data acquisition unit (DAU) design, which is a most important part of AWS. Until now, there is still a lack in research on the impact of offset current and temperature characteristics of CD4052 in temperature measurement. This paper focuses on the impact of CD4052 offset current for temperature measurement. Study results show that the offset current has important influence on temperature measurement error, and the error is significantly correlated with environmental temperature. The results are valuable in theoretical basis and engineering application for design and offset of DAU.

Key words data acquisition unit; CD4052; temperature; offset current; error