

# 数字传感器及其应用

The Application of Digital Sensor

中国科学院力学所(100080) 刘俊 柳春图  
(北京)北方工业大学(100041) 张常年 左岐

**【摘要】**分析了 DS1821 数字温度传感器的原理结构、工作方式及操作指令,提出用 DS1821 进行热电偶自由端温度补偿的新方法,并将其应用于智能温度测控仪表的设计中,它具有准确、线性、完全补偿的特点,从根本上解决了桥式冷端补偿器的非线性与型号匹配问题。

**关键词:**传感器,自由端,温度补偿,一线系统

**Abstract:** The configuration, instruction system and working modes of a digital temperature sensor, DS1821 are described. A new idea is mentioned to use it for free junction compensation of thermocouples used at a temperature measuring system. It is accuracy, linear and well compensation and can match every kind of thermocouple.

**Key words:** sensors, free junction, temperature compensation, one wire system

## 1 数字传感器原理与特点

传统的热电式温度传感器是将温度的变化转换成

模拟电量的变化,如电阻  $R$ 、电流  $I$ 、电势  $E$  的变化等,再由测量电路对这些变化的电量进行放大、滤波等处理,以进行模拟指示或经过 A/D 转换后进行数字显示。这类模拟式传感器在温度测量过程中曾经发挥并将继续发挥重要作用。但是,随着数字传感器的出现和应用不难看出模拟式传感器存在的不足:

- (1) 传感器输出模拟量,不便于与计算机接口;
- (2) 远距离传输信号衰减,抗干扰性差;
- (3) 在智能仪器及数字测量系统中,必须进行信号放大;
- (4) 需要外部元件配合,热电阻需要测量电桥,热电偶需要进行冷端补偿等。

数字温度传感器的诞生与应用弥补了模拟温度传感器的不足。

80 年代初期,美国达拉斯半导体器件公司首家推出 DS1821 数字温度传感器,并将其应用到实际测温系统中。它是经过专用的片载温度测量工艺而制成的集成数字温度传感器,可在  $-55 \sim +125$  之间将温度转换成对应 8 位二进制数字,并以串行方式输出。

对温度补偿,其误差来自分段一次线性插值的误差,由微积分理论易证明:

$$|R(V)| = |(T) - i(T)| \frac{(T_{i+1} - T_i)^2}{8} \max_{T_i < T < T_{i+1}} |(T)|$$

其中,  $(T)$  为  $V$  一定时  $T-P$  的实际函数;  $i(T)$  为分段线性插值的  $(T)$  的近似式;  $T_{i-1} < T < T_{i+1}$ ,  $T_i, T_{i+1}$  为两个相邻节点,  $T_{i-1} < T < T_{i+1}$ ;  $T_{i+1} - T_i$  是温度分段间距  $T$ 。

由上述可知,本文所描述方法的误差,依赖于分段的间距  $V$ 、 $T$ ,通过减少分段间距  $V$ 、 $T$  可以减少系统误差,但减少分段间距  $V$ 、 $T$  会使单片机的数据存储器量增大,因此系统精度和数据存储器量是一对矛盾。在实际应用中应综合考虑系统精度要求和数据存储器大小的问题,优先考虑系统精度,争取在达到精度要求的前提下使数据存储器量达到最低。

## 3 结束语

在现有探测器的基础上,采用单片机对探测器的线

性和温度特性进行有效的校正和补偿,不但展宽了探测器的线性范围,并且进一步提高了探测器的测量精度,减少探测器测量值对温度的依赖性,而且避免了常规硬件补偿方法的弊端。

在探测器的重复精度足够好的前提下<sup>[3]</sup>,利用本文描述的方法进行线性校正和温度补偿,从而提高探测器的线性及温度特性是有效的,而且该技术对一般的传感器具有普遍意义。

### 参考文献

- 1 何民才等. 内调制光纤比色温度传感器. 仪表技术与传感器, 1998, (3): 7~9
- 2 赵岐章等. 单片机在传感器温度补偿上的应用. 微处理机, 1993, (3): 49~50
- 3 邵东向等. 电感式位移传感器线性补偿技术. 传感器技术, 1999, (2): 38~40

作者简介:钟永春,男,1976年生,硕士研究生,微电子学与固体电子学专业,现从事光电探测器应用仪器开发工作。

(收稿日期:1999-12)

DS1821 数字温度传感器具有以下特点:直接数字输出,无需 A/D 转换器;分辨率:0.5 ;转换速度:1 次/s;内部线性校正,输出与被测温度成线性关系;具有高、低温报警及开关量输出功能;测量时无需外部元件,节省空间、降低成本;一线数字输出(一总线结构)。

当然 DS1821 的测温范围较小(- 55 ~ +125 ),不能用于高温测量。

## 2 内部结构

DS1821 内部主要集成有温度传感器、状态寄存器、工作寄存器、阈值触发器、EEROM 等,原理结构如图 1。

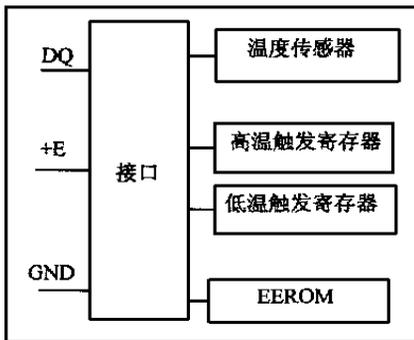


图 1 DS1821 内部结构

图中,DQ 为一线数字传感器的 I/O 口,它是双向的,是传感器与外部系统联系的唯一口线,系统所有命令的写入、状态的查询、结果的读出均通过该单一口线完成,因此称其为一线传感器或一线系统。

DS1821 具有 PR35,SOIC,TO220 三种封装形式,体积小,更适于小目标温度测量。工作时仅需单一 5 V 电源,DQ 线与 CPU 相应的口线直接连接即可。

## 3 指令与工作方式

### 3.1 工作方式及状态字

DS1821 出厂时设置为一总线检测方式,用户在一线模式下可通过 PC 机或单片机的 CPU 对状态字进行访问、修改,从而实现对其工作方式的选择。对于工作在阈值控制方式的 DS1821 则无法进行寄存器的访问,只有回到一线状态后方可进行访问。状态字存储在状态寄存器中,内容如图 2 所示。

DONE	X	NVB	THF	TLF	T/R	POL	1 SHOT
------	---	-----	-----	-----	-----	-----	--------

图 2 状态寄存器

其中,DONE、THF、TLF、NVB 由系统管理,用于状态查询等。

DONE:温度转换标志位。“0”为转换中,“1”为转换结束。

THF:高温标志。“0”为温度正常,“1”为温度超过上限。该标志位必须由外部程序清除。

TLF:低温标志。“0”为温度正常,“1”为温度超过下限。该标志位也必须由程序清除。

NVB:非挥发寄存器标志。“0”为空闲,“1”为正在对 EEPROM 进行写入操作。

T/R:上电状态位。“0”为工作在一线读模式,“1”为工作在阈值触发控制器模式。

POL:阈值触发控制输出极性位。“0”为输出低电平,“1”为输出高电平。

1SHOT:一次转换模式位。若为“0”,则 DS1821 将连续不断地进行温度转化;若为“1”,则 DS1821 在接到开始转换指令后只进行一次温度转化。

一次转换只有在一线温度传感器模式时有效。在阈值触发控制模式下,DS1821 将连续不断地进行温度转化并时刻与 TH 或 TL 寄存器的数据进行比较,条件满足时输出控制信号。

### 3.2 指令集

对 DS1821 状态寄存器进行设定并选择了工作方式后,CPU 可通过操作指令对其内部寄存器进行访问。

对工作在一线传感器模式的 DS1821 主要操作指令有:

读温度[AAh]:读出寄存器中存储的最后一次温度转化结果(二进制补码)。

上限写入 TH[01h]:将温度上限值写入 TH 寄存器。

下限写入 TL[02h]:将温度下限值写入 TL 寄存器。

上限读出 TH[A1h]:从 TH 寄存器读出温度上限值。

下限读出 TL[A2h]:从 TL 寄存器读出温度下限值。

状态寄存器读出[ACh]:读取状态寄存器的当前数据。

状态寄存器写入[0Ch]:对状态寄存器进行写操作。用来改变或清除 TH、TL 的值以及设置 T/R,POL 或 1SHOT 位等。

启动转换[Eeh]:开始进行温度转换。在一次转化工作模式下,转化结束后 DS1821 进入并保持空闲状态。再次接到[Eeh]命令后 DS1821 开始进行转换,在连续转化模式下,[Eeh]指令初始化 DS1821。

停止转换[22h]:停止温度转换。[22h]指令可使工作在连续转化模式下的 DS1821 停止转换。

例如,CPU 对 DS1821 进行设置:上限 40 ,下限 10 ,高电平输出,则操作如下:

```
TX  RESET
RX  PRESENCE PULSE
TX  01h
TX  28h      ;40
TX  RESET
RX  PRESENCE PULSE
TX  02h
TX  0Ah      ;10
```

TX RESET  
 RX PRESENCE PULSE  
 TX 0Ch  
 TX 06h ; T/R = 1, POL = 1

#### 4 应用——热电偶冷端温度自动补偿

热电偶在温度测量领域的应用非常广泛,其原理如下:

热电偶的测温原理为:

$$E(T, T_0) = \frac{k}{e} \int_{T_0}^T f(t) dt$$

或  $E(T, 0) = E(T, T_0) + E(T_0, 0)$

其中,  $T$  为被测温度,称热电偶的工作端温度;  $T_0$  为热电偶的冷端温度(也称参比端温度);  $E(T, 0)$  为标准工作条件下(工作端温度为  $T$ ,冷端温度为  $0$ )热电偶两端输出电势;  $E(T, T_0)$  为实际工作时热电偶两端的电势,只有在热电偶冷端温度  $T_0 = 0$  时,才得到被测温度的真实值;  $E(T_0, 0)$  为冷端补偿电势。

由热电偶原理表达式知:热电偶的热电势  $E(T, T_0)$  是工作端温度  $T$  与冷端温度  $T_0$  两个参数的函数,不同的被测温度  $T$  对应不同的热电势输出,然而当工作端温度  $T$  不变,冷端温度  $T_0$  发生变化时,同样可引起热电偶两端输出电势的变化,造成测量结果的不准确,更严重时可引起控制设备的误动作。可见,冷端温度  $T_0$  的影响不可忽略。

通常,热电偶的冷端温度  $T_0$  在负十几度到正几十度之间波动,因此,必须采取措施对冷端温度进行补偿。

实验室中经常用冰点法将热电偶的冷端置于  $0$  的冰水混合物中,该措施显然不宜在工业现场使用。

在工程现场则是将桥式冷端补偿器串入热电偶回路,从而实现冷端补偿的。

桥式补偿器由三个温度系数极小的锰铜电阻和一个对温度敏感的铜电阻构成,将冷端补偿器置于热电偶的冷端  $T_0$  处。当  $T$  不变而  $T_0$  变化时,铜电阻及桥路输出改变,补偿热电偶电势  $E(T, T_0)$  的变化,使二者之和随冷端温度而变化,达到补偿的目的。

桥式冷端补偿器在一定程度上改善了测量结果,但是电桥的输出是线性的,而热电偶是非线性的,它只能在一个点或几个点补偿,无法实现安全补偿,而且不同型号的热电偶要配不同型号的冷端补偿器,存在型号匹配问题。

为克服桥式冷端补偿器的上述缺陷,本文提出了热电偶测温系统中的一种新型冷端温度补偿方法——数字温度传感器测温补偿法。该方法已经用于作者研制的智能温度变送器中。

数字式传感器用于热电偶冷端温度补偿的原理是:将数字传感器 DS1821 置于热电偶的冷端,则传感器输出的数字量直接反映的冷端温度  $T_0$ ,根据热电偶的型

号及读取的冷端温度数字量,CPU 运行相应的补偿软件,得出真实的被测温度。温度的计算方法如下:

按原理公式  $E(T, 0) = E(T, T_0) + E(T_0, 0)$  进行冷端温度补偿。首先将热电偶两端电势  $E(T, T_0)$  测出,由 A/D 转换器输入计算机,再将数字式温度传感器输出的反映热电偶冷端温度的数字量读入计算机,计算机运算后在系统的数据表中读出对应温度  $T$ ,从而实现热电偶冷端温度的完全补偿。

用 S 型热电偶测温,并测得  $E(T, T_0) = 13.155 \text{ mV}$ ,温度传感器 DS1821 输出的数据为 00110010 时,易知冷端温度为  $+25$ ,电势  $E(25, 0) = 0.143 \text{ mV}$ ,则  $E(T, 0) = 13.298 \text{ mV}$ ,  $T = 1312.6$ 。

按修正系数公式  $T = T_h + kT_0$  进行补偿。例如用 K 型热电偶测温,热电偶两端电势  $E(T, T_0) = 41.269 \text{ mV}$ ,数字传感器输出的数据为 00101000 时,易知  $T_0 = 20$ ,  $T_h = 1000$ ,查表得  $k = 1.07$ ,最后被测温度  $T = 1021.4$ 。

数字温度传感器将温度信号的变化直接以数字信号方式输出,所以它特别适合于具有微处理器的智能仪器进行温度测量和温度补偿。与传统方法相比较,数字温度传感器具有两大突出特点:

(1) DS1821 用于冷端温度补偿时,可以和任何型号的热电偶进行配合,彻底解决了型号匹配问题。同时,可以用一片 DS1821 对多支冷端温度相同的热电偶进行补偿,以节省费用、降低成本,更适用于平均温度、温差测量及热流计中应用。

(2) DS1821 可以实现温度的完全精确补偿。它不存在非线性问题,分辨率为  $0.5$ ,可以实现于  $0.5$  的补偿精度,特别适于用在钢化玻璃生产、物质的居里温度点测量等精密温度测量系统中。

该方法的实现过程中,需要数据存储单元较多,编程较为复杂。

#### 5 结束语

温度是物体冷热程度的标志,是工业生产、日常生活中重要的热工参数之一,温度测控系统应用普遍,在许多工艺过程中需要知道物体的准确温度,以判别其状态,进行相应的操作,进入下一道工序等。因此,它必须是高精度、高可靠性的测量。DS1821 在冷端补偿器设计中的引入,优化了系统结构,解决了通用性和补偿精度问题,是热电偶测温中一种有益的尝试。

##### 参考文献

- 1 Dallas Semiconductor. DS1821—Digital Thermometer. System Extension Data Book
- 2 高魁明. 热工测量仪表. 北京:冶金工业出版社,1993
- 3 王家桢. 传感器与变送器. 北京:清华大学出版社,1996

作者简介:刘俊,1974年生,中国科学院力学所硕士研究生。从事固体力学方面的研究。

(收稿日期:2000-04)