

EDN 电子技术设计

EDN-China

2015年02月

能量采集器件 取代物联网 传感器电池

设计策略:

USB 3.0接口应用的
设计考虑因素

技术纵横:

健康监护正在走向可穿戴设备

技术论坛:

精确的温度至比特转换器
解决了温度传感器测量难题

新浪微博



EDNChina

官方微信



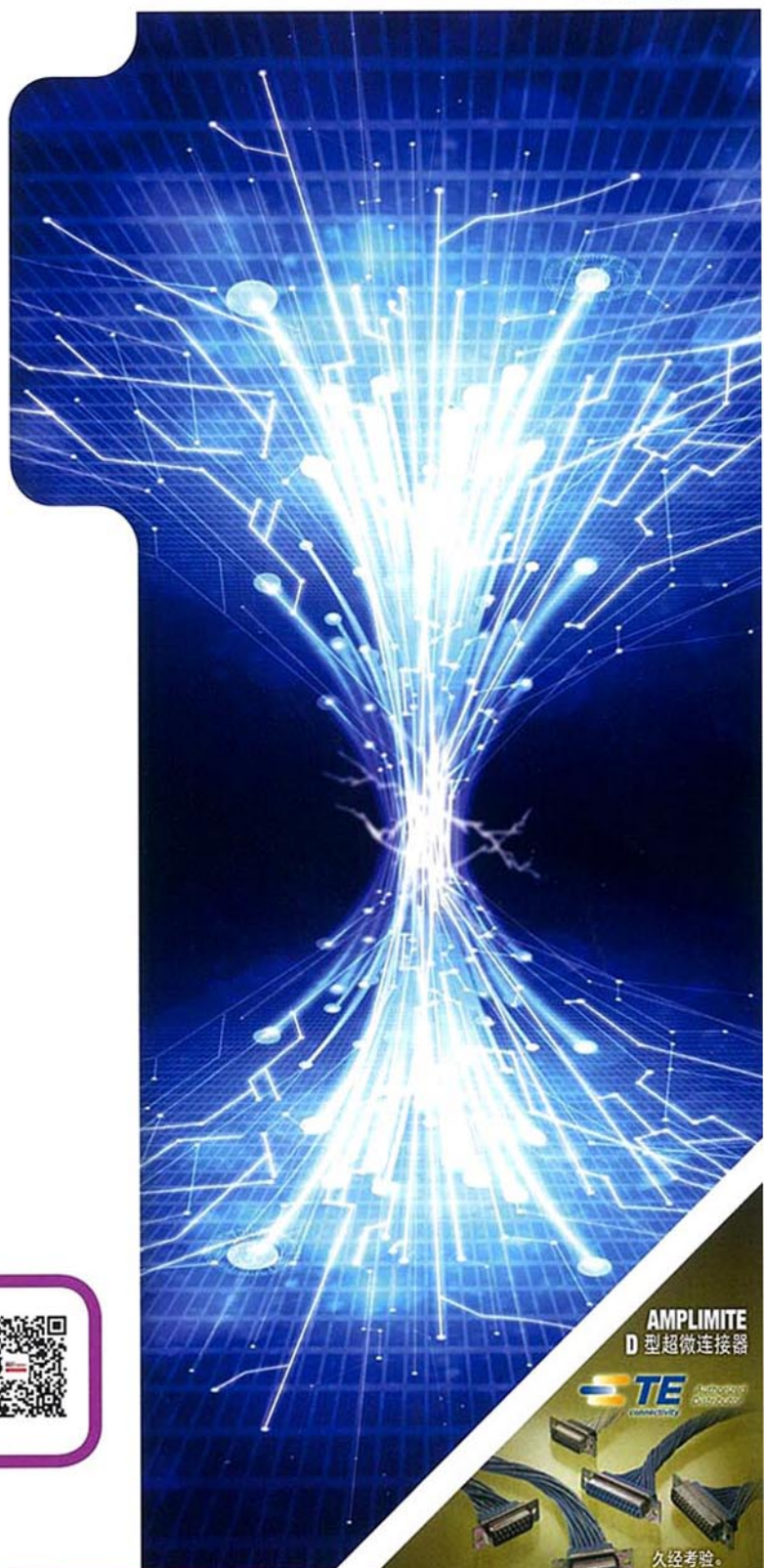
edn-china

ISSN 2309-415X



02

9 772309 415007

www.ednchina.comAMPLITE
D 型超微连接器

DIGIKEY.CN/AMPLITE

久经考验。
性能可靠。

精确的温度至比特转换器解决了温度传感器测量难题

作者: Michael Mayes, 凌力尔特公司混合信号产品设计部负责人

温度所有人都很熟悉,但却难以准确测量。在现代电子产品时代到来之前,伽利略(Galileo)发明了能够检测温度变化的基本温度计。两百年后,席贝克(Seebeck)发现了热电偶,这种器件能够产生以不同金属的温度变化率为函数的电压。如今,利用热电偶以及受温度影响的电阻元件(RTD和热敏电阻器)和半导体元件(二极管)以电子方式测量温度已较普遍。尽管从这些组件获取温度的方法已为大家熟知,但是以好于 0.5°C 或 0.1°C 的准确度测量温度依然富有挑战性。

要数字化这些基本传感器元件,就需要专门的模拟电路设计、数字电路设计和固件开发技术。LTC2983将这些专门技术整合到单一IC中,解决了与热电偶、RTD、热敏电阻器以及二极管有关的每一种独特挑战。该器件整合了每种类型传感器所必需的模拟电路和温度测量算

法以及线性化数据,以直接测量每种传感器,并以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位输出测量结果。

热电偶概述

热电偶产生的电压是热电偶尖头(热电偶温度)和电路板上电气连接点(冷接点温度)之间温差的函数。为了确定热电偶温度,需要准确测量冷接点温度,这种方法即大家熟知的冷接点补偿。冷接点温度通常由单独放置在冷接点处的温度传感器(非热电偶)确定。LTC2983允许二极管、RTD和热敏电阻器作为冷接点传感器使用。为了将来自热电偶的电压输出转换成温度,必须求解(利用表或数学函数)高阶多项式(高达14阶)以得到被测电压和冷接点温度。LTC2983内置了用于所有8种标准热电偶(J、K、N、T、R、S、T和B)的多项式,以及用于定制热电偶的用户设定表数据。LTC2983同时测量热电偶输出和冷

接点温度,并执行所有必需的计算,然后以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位报告热电偶温度。

热电偶:重要的是什么?

热电偶产生的输出电压很低(满标度时 $<100\text{mV}$)。由于ADC存在偏移和噪声,所以所测量电压值必须很低。此外,该电压是绝对电压读数,需要准确/低漂移基准电压。LTC2983含有一个低噪声、偏移连续校准的24位增量累加ADC(偏移和噪声 $<1\mu\text{V}$),并具备最大值为 $10\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 的基准。

当热电偶尖头裸露于低于冷接点温度的环境时,热电偶的输出电压还能够低于地。这迫使系统增加第二个负电源或者输入电平移位电路,因此使系统变得更加复杂。LTC2983纳入了一个专有前端,能够用以地为基准的单一电源对信号进行数字化。

除了提供很高的测量准确度,热电偶电路还必须采用噪声抑制、输入保护和抗混叠滤波。LTC2983的输入阻抗很高,最大输入电流低于 1nA 。该器件可以采用外部保护电阻器和滤波电容器,而不会引入额外误差。LTC2983包含一个内置数字滤波器和对 50Hz 及 60Hz 的 75dB 抑制。

故障检测是很多热电偶测量系统的重要功能。最常见的故障是开路(热电偶损坏或未插入)。过去,在热电偶输入端加上电流源或上拉电阻器以检测这类故障。这种方式的问题是,这些感应信号导致误差和噪声,并与输入保护电路相互作用。LTC2983包括一个独特的开路检测电路,该电路可在测量周期开始前一刻检查热电偶是否损坏。在这种情况下,开路激励电流/电阻器不干扰测量准确度。LTC2983还报告与冷接点传感器有关的故障。该器件还检测、报告静电放电(ESD)事件,并能够从这类事件中恢复,

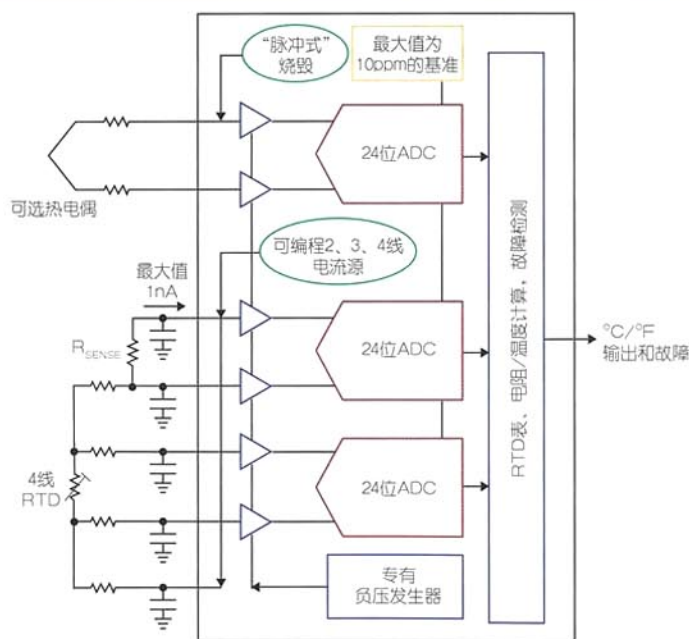


图1: 用LTC2983测量RTD温度。

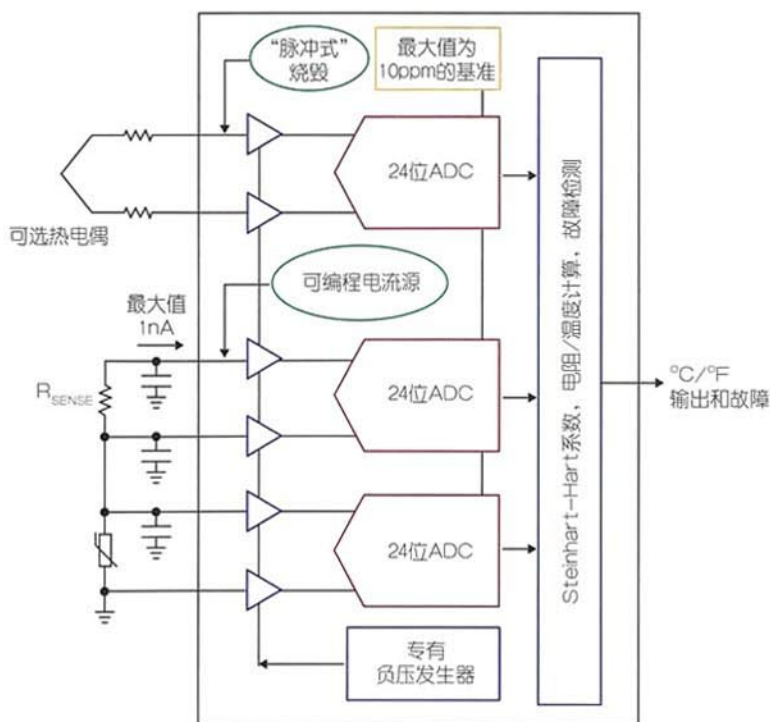


图2: 用LTC2983测量热敏电阻器温度。

当在工业环境中使用较长的传感器连线时，有可能发生这类事件。LTC2983还通过其故障报告指示所测温度是否高于/低于特定热电偶预期的温度范围。

二极管概述

二极管是可用作温度传感器的低价半导体器件。这类器件一般用作热电偶的冷接点传感器。当给二极管加上激励电流时，二极管产生的电压是温度以及所加电流的函数。如果将两个完美匹配、已知比率的激励电流源加到二极管上，那么输出就是可知与温度成比例(PTAT)的电压。

二极管：重要的是什么？

为了产生具备已知比例的PTAT电压，需要两个高度匹配、成比例的电流源。LTC2983依靠增量累加过采样架构准确地产生这一比率。连接到该ADC的二极管和引线含有未知的寄生二极管效应。LTC2983提供3电流测量模式，消除了寄生引线电阻。不同二极管制造商规定了不同的二极管非理想系数。LTC2983允许单独设定每个二极管的非理想系数。因为测量的是绝对电压，ADC基准电压的值和漂

移都很关键。LTC2983包含在工厂中微调过最大值为10ppm/°C的基准。

LTC2983自动产生成比例的电流、测量所产生的二极管电压、利用所设定的非理想性数据计算温度并以°C为单位输出结果。该器件还可以用作热电偶的冷接点传感器。如果二极管损坏、短路或插入不正确，那么如果用LTC2983测量冷接点温度，LTC2983就会检测这种故障，并在转换结果输出字以及相应的热电偶测量结果中报告该故障。

RTD概述

RTD是电阻值随温度变化而改变的电阻器。为了测量一个RTD，将一个准确已知的低漂移检测电阻器串联连接至该RTD。给该网络加上激励电流并进行比例式测量。RTD的电阻值以欧姆为单位，可根据这一比率确定。然后通过查表，用这个电阻值确定传感器元件的温度。LTC2983自动产生激励电流，同时测量检测电阻器和RTD电压，计算传感器电阻，并以°C为单位报告结果。RTD可以在很宽的温度范围内测量温度，从低至200°C到高达850°C。LTC2983可数字化大多数类型的

RTD(PT-10、PT-50、PT-100、PT-200、PT-500、PT-1000和NI-120)，针对很多标准内置了系数(美国、欧洲、日本和ITS-90标准)，并面向定制RTD提供用户设定的表数据。

RTD：重要的是什么？

典型PT100 RTD的电阻值在温度每变化1/10°C时变化不到0.04Ω，在100μA电流激励时对应4μV信号电平。低ADC偏移和噪声对于准确测量至关重要。测量相对于检测电阻器而言是比例式的，不过在计算温度时，激励电流和基准电压的绝对值不那么重要。

以前，RTD和检测电阻器之间的比例式测量是用单个ADC执行的。检测电阻器的压降用作测量RTD压降的ADC之基准输入。这种架构需要10kΩ或更大的检测电阻器，因此需要缓冲，以防止由ADC基准输入动态电流导致的压降。既然检测电阻器的值至关重要，那么缓冲器就必须是低偏移、低漂移和低噪声的。这种架构使电流源难以轮换，以消除寄生热电偶效应。增量累加ADC的基准输入更易于受到噪声而不是输入的影响，而且低基准电压值可能导致不稳定性。LTC2983的多ADC架构解决了所有这些问题(参见图1)。LTC2983运用了两个高度匹配、有缓冲和自动校准的ADC，一个用于RTD，另一个用于检测电阻器。这些ADC同时测量RTD和 R_{SENSE} ，计算RTD电阻，并依据这些数据查一个基于ROM的表，最终以°C为单位输出RTD温度。

RTD有很多种配置：2线、3线和4线。LTC2983以可配置的单一硬件解决方案提供所有3种配置。该器件可在多个RTD之间共享单一检测电阻器。其高阻抗输入允许在RTD和ADC输入之间接入外部保护电路，而不会引入误差。该器件还可以自动轮换电流激励，以消除外部热误差(寄生热电偶)。在检测电阻器的寄生引线电阻降低性能的情况下，LTC2983允许用 R_{sense} 进行开尔文检测。

LTC2983包括故障检测电路。该器件可以确定，检测电阻器或RTD是否损坏或短路。如果所测温度高于或低于RTD规定的最高或最低温度，LTC2983就发出警告。当RTD用作热电偶的冷接点传感器

时, 3个ADC同时测量热电偶、检测电阻器和RTD。RTD故障信息传递到热电偶测量结果中, 同时RTD温度自动地用来补偿冷接点温度。

热敏电阻器概述

热敏电阻器是电阻值随温度变化而改变的电阻器。与RTD不同, 热敏电阻器的电阻值在其温度变化范围内的变化可以达到多个量级。为了测量热敏电阻器, 要给传感器串联连接一个检测电阻器。给该网络加上激励电流, 并进行比例式测量。热敏电阻器的电阻值以欧姆为单位, 可以根据这个比率确定。这个电阻值用来确定传感器的温度, 进而求解Steinhart-Hart方程或查询表数据。LTC2983自动地产生激励电流, 同时测量检测电阻器和热敏电阻器电压, 计算热敏电阻器的电阻, 并以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位报告结果。热敏电阻器一般在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 工作。LTC2983包含计算 $2.252\text{k}\Omega$ 、 $3\text{k}\Omega$ 、 $5\text{k}\Omega$ 、 $10\text{k}\Omega$ 和 $30\text{k}\Omega$ 标准热敏电阻器温度所需的系数。因为有多种类型和电阻值的热敏电阻器, 所以LTC2983可用定制热敏电阻器表数据(R和T)或Steinhart-Hart系数来设定。

热敏电阻器: 重要的是什么?

热敏电阻器的电阻值在其温度变化范围内的变化可以达到多个量级。例如, 一个

在室温时 $10\text{k}\Omega$ 的热敏电阻器在最高温度时可能低至 100Ω , 而在最低温度时可能 $>300\text{k}\Omega$, 而其他热敏电阻器标准可能达至 $1\text{M}\Omega$ 以上。

典型情况下, 为了适应大阻值电阻, 会使用电流非常小的激励电流源和阻值较大的检测电阻器。这导致在热敏电阻器阻值范围的低端, 信号电平非常低。需要输入缓冲器和基准缓冲器隔离ADC的动态输入电流和这些较大的电阻器。但是如果没有单独的电源, 缓冲器在靠近地时工作不是很好, 而且需要最大限度减小偏移/噪声误差。LTC2983解决了所有这些问题(参见图2)。该器件整合了一个连续校准的专有缓冲器和多ADC架构, 该缓冲器能够在地电平甚至在低于地电平时对信号进行数字化。两个匹配的缓冲ADC同时测量热敏电阻器和检测电阻器, 计算(基于标准)热敏电阻器的温度, 并以 $^{\circ}\text{C}$ 为单位报告结果。不需要大阻值检测电阻器, 从而允许多个RTD和不同类型的热敏电阻器共用单一检测电阻器。LTC2983还可以视热敏电阻器输出电阻的不同, 而自动设定不同的激励电流范围。

LTC2983包括故障检测电路。该器件可确定, 检测电阻器或热敏电阻器是否损坏/短路。如果所测温度高于或低于热敏电阻器规定的最大值或最小值, LTC2983就发出警报。热敏电阻器可用作热电偶的冷

接点传感器。在这种情况下, 3个ADC同时测量热电偶、检测电阻器和热敏电阻器。热敏电阻器故障信息被传递到热电偶测量结果中, 热敏电阻器温度自动用于补偿冷接点温度。

通用测量系统

LTC2983可配置为通用温度测量电路(参见图3)。可给单个LTC2983加上多达4组通用输入。每一组输入都可以直接用来数字化3线RTD、4线RTD、热敏电阻器或热电偶, 而无需更改任何内置硬件。每个传感器都可以使用同样的4个ADC输入及保护/滤波电路, 并可用软件配置。所有4组传感器都可以共用一个检测电阻器, 同时用一个二极管测量冷接点补偿。LTC2983的输入结构允许任何传感器连接到任何通道上。在LTC2983的任一和所有21个模拟输入上, 可以加上RTD、检测电阻器、热敏电阻器、热电偶、二极管和冷接点补偿的任意组合。

结论

LTC2983是开创性的高性能温度测量系统。该器件能够以实验室级精确度直接数字化热电偶、RTD、热敏电阻器和二极管。LTC2983整合了3个24位增量累加ADC和一个专有前端, 以解决与温度测量有关的很多典型问题。高输入阻抗以及在零点输入范围允许直接数字化所有温度传感器, 并易于进行输入预测。20个灵活的模拟输入使得能够通过一个简单的SPI接口重新设定该器件, 因此可用同一种硬件设计测量任何传感器。LTC2983自动执行冷接点补偿, 可用任何传感器测量冷接点, 而且提供故障报告。该器件可以直接测量2、3或4线RTD, 并可非常容易地共用检测电阻器以节省成本, 同时非常容易地轮换电流源, 以消除寄生热效应。LTC2983可自动设定电流源范围, 以提高准确度、降低与热敏电阻器测量有关的噪声。LTC2983允许使用用户可编程的定制传感器。基于表的定制RTD、热电偶和热敏电阻器可以设定到该器件中。LTC2983在一个完整的单芯片温度测量系统中, 整合了高准确度、易用的传感器接口, 并提供很高的灵活性。EDN

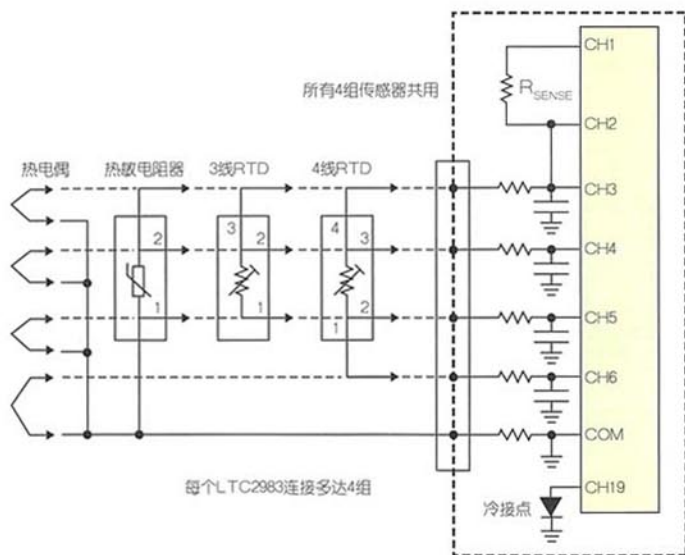


图3: 通用温度测量系统。