

Mary McCarthy
和Aine McCarthy

RTD温度测量系统对ADC的要求

in 分享至LinkedIn

✉ 电子邮件

有多种类型的温度传感器可以用于温度测量系统。具体使用何种温度传感器，取决于所测量的温度范围和所需的精度。温度测量系统的精度取决于传感器以及传感器所接口的模数转换器(ADC)的性能。许多情况下，来自传感器的信号幅度非常小，因而需要高分辨率ADC。 Σ - Δ 型ADC属于高分辨率器件，适合这些系统。其片内还嵌入了温度测量系统所需的其它电路，如激励电流和基准电压缓冲器等。本文介绍常用的3线和4线电阻温度检测器(RTD)，以及传感器与ADC接口所需的电路，并说明对ADC的性能要求。

RTD

RTD适合测量-200°C至+800°C的温度，在该温度范围内，这些器件的响应接近线性。RTD使用的典型元素有镍、铜和铂，100 Ω 和1000 Ω 铂制RTD最为常见。RTD有2线、3线或4线形式，其中3线

和4线形式最为常用。RTD是无源传感器，需要一个激励电流来产生输出电压。RTD的输出电平从数十毫伏到数百毫伏不等，取决于所选的RTD。

3线RTD接口和构建模块

图1显示了一个3线RTD系统。AD7124-4/AD7124-8包括该系统所需的全部构建模块。为了全面优化该系统，需要2个完美匹配的电流源。这两个电流源用于抵消RTD的RL1和RL2产生的引线电阻误差。一个激励电流流过精密基准电阻 R_{REF} 和RTD。另一个电流流过引线电阻RL2，所产生的电压与RL1上的压降相抵消。精密基准电阻上产生的电压用作ADC的基准电压REFIN1($\pm$)。由于仅利用一个激励电流来产生基准电压和RTD上的电压，因此，该电流源的精度、失配和失配漂移对ADC整体传递函数的影响极小。AD7124-4/AD7124-8允许用户选择激励电流值，从而调整系统以使用ADC的大部分输入范围，提高性能。

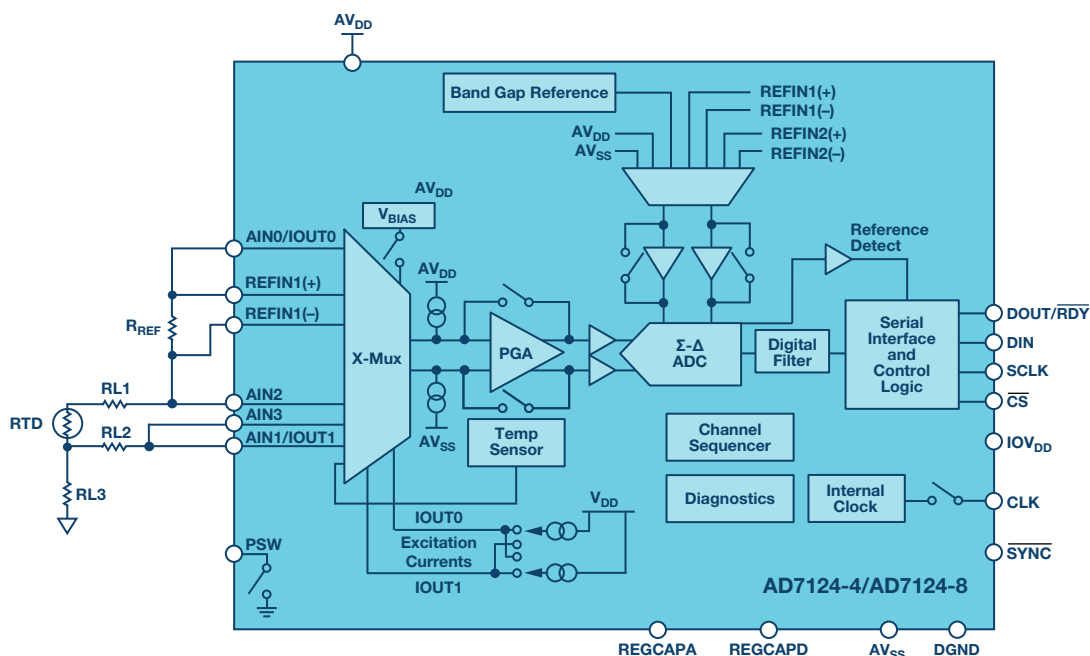


图1. 3线RTD温度测量系统

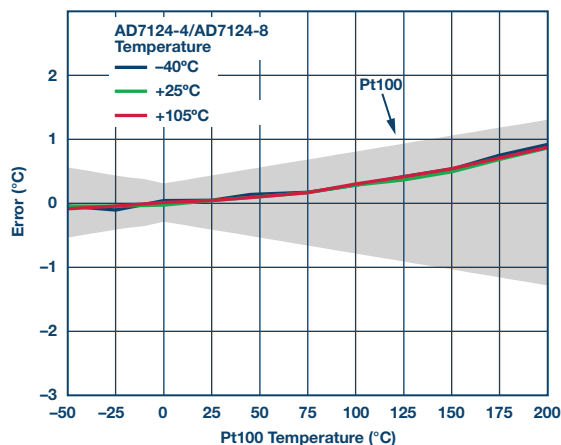


图2. 3线RTD温度测量系统

RTD的低电平输出电压需要放大，以便利用ADC的大部分输入范围。AD7124-4/AD7124-8的PGA可以设置1到128的增益，允许用户在激励电流值和增益与性能之间进行取舍。出于抗混叠和EMC目的，传感器与ADC之间需要滤波。基准电压缓冲器支持无限的滤波器R、C元件值，这些元件不会影响测量精度。

系统还需要校准以消除增益和失调误差。图2显示于此3线B级RTD在执行内部零电平和满量程校准后的实测温度误差，总误差远小于 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

将精密基准电压放在RTD高端的配置非常适合采用单个RTD的系统。需要多个RTD时，精密基准电阻应放在低端，以便所有RTD传感器共用该基准电阻。针对这种方案，激励电流的匹配和匹配漂移性能必须更好。有两种技术可用来降低激励电流源失配引起的误差：

1. 利用AD7124-4/AD7124-8的交叉多路复用器功能、精密基准电阻和ADC的内部低漂移基准电压源，测量这两个电流。

2. 执行系统斩波，这些电流交换到RTD的不同端，将两个结果的平均值用于温度的整体计算。

4线RTD接口和构建模块

4线RTD测量只需要一个激励电流源。图3显示了一个4线RTD系统。像3线RTD系统一样，所用的基准输入为REFIN1($\pm$)，基准电压缓冲器使能，以支持不受限制的抗混叠或EMC滤波。流经RTD的电流也会流过精密基准电阻 R_{REF} ，其用于产生ADC的基准电压。这种配置导致基准电压与RTD上产生的电压之间呈比例关系。比率式配置确保激励电流值的波动不会影响系统总体精度。图4显示了一个4线B级RTD在执行内部零电平和满量程校准后的实测RTD温度误差。与3线配置类似，记录到的总误差远小于 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

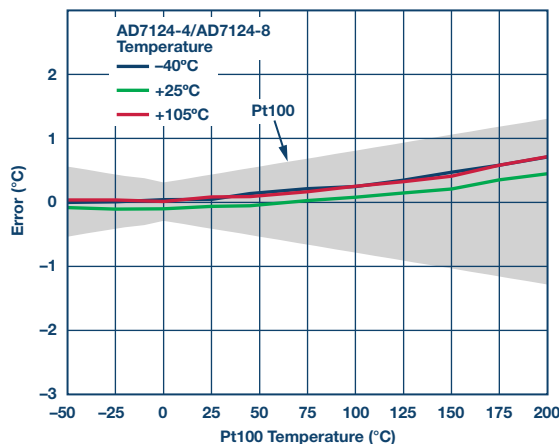


图4. 4线RTD温度测量系统

ADC要求

温度测量系统以低速测量为主(最高速度通常是每秒100次采样)。因此，这种系统需要低带宽ADC，但ADC必须有高分辨率。 $\Sigma\Delta$

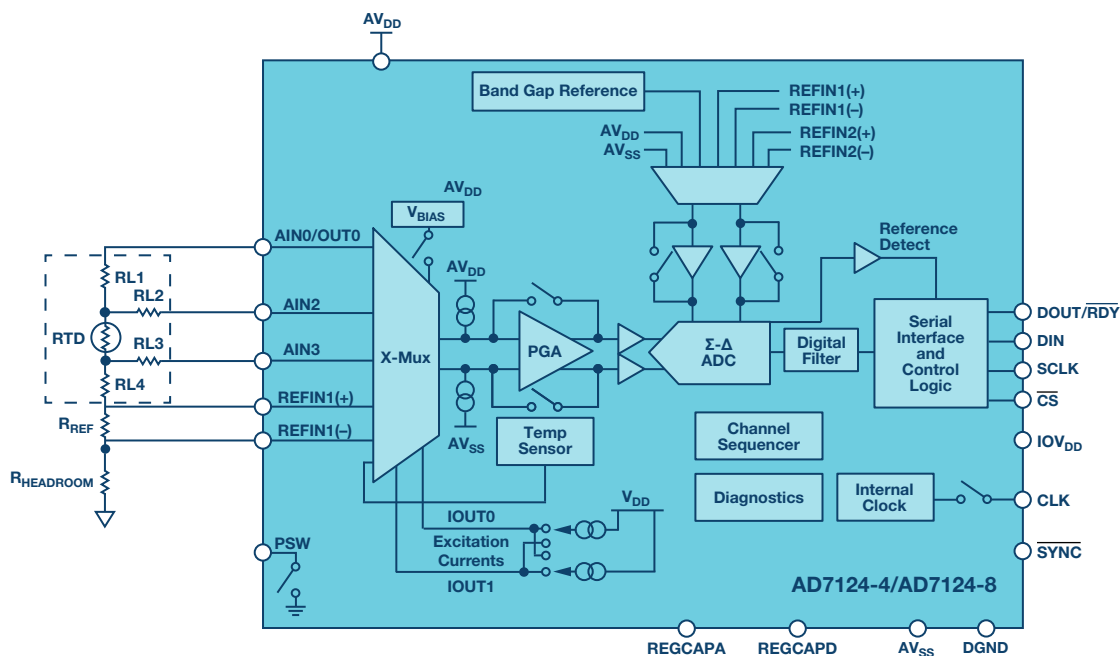


图3. 4线RTD温度测量系统

型ADC适合此类应用, 因为利用 Σ - Δ 结构能够开发出低带宽、高分辨率ADC。

采用 Σ - Δ 型转换器时, 对模拟输入连续采样, 采样频率比目标频段高很多。它还使用噪声整形, 将噪声推到目标频段之外, 进入转换过程未使用的区域, 从而进一步降低目标频段内的噪声。数字滤波器会衰减任何处在目标频段之外的信号。

数字滤波器在采样频率和采样频率的倍数处有镜像, 因此, 需要一些外部抗混叠滤波器。然而, 由于过采样, 简单的一阶RC滤波器即足以满足大部分应用的要求。 Σ - Δ 架构允许24位ADC实现最高达21.7位的峰峰值分辨率(21.7个稳定或无闪烁位)。

滤波(50 Hz/60 Hz抑制)

除了如上所述的抑制噪声以外, 数字滤波器还用于提供50 Hz/60 Hz抑制。系统采用主电源供电时, 会发生50 Hz或60 Hz干扰。主电源会产生50 Hz及其倍数(欧洲)和60 Hz及其倍数(美国)的噪声。低带宽ADC主要使用sinc滤波器, 可将其陷波频率设置在50 Hz和/或60 Hz及其倍数处, 从而提供50 Hz/60 Hz及其倍数的抑制。现在越来越多地要求利用建立时间较短的滤波方法提供50 Hz/60 Hz抑制。在多通道系统中, ADC顺次处理所有使能的通道, 在每个通道上产生转换结果。选择一个通道后, 便需要滤波器建立时间以产生有效转换结果。若缩短建立时间, 则可提高给定时间内转换的通道数。[AD7124-4/AD7124-8](#)的后置滤波器或FIR滤波器可提供50 Hz/60 Hz同时抑制, 并且其建立时间比sinc3或sinc4滤波器要短。图5显示了一个数字滤波器选项, 此后置滤波器的建立时间为41.53 ms, 并且提供62 dB的50 Hz/60 Hz同时抑制。

其它ADC要求

功耗

系统的功耗取决于最终应用。一些工业应用中, 例如工厂中的

温度监控, 包括传感器、ADC和微控制器在内的整个温度系统都位于一块采用4 mA至20 mA环路供电的独立电路板上。因此, 独立电路板的电流预算最大值为4 mA。在便携式设备中, 例如用于分析矿山中存在哪些气体的气体分析仪, 温度测量必须与气体分析一同进行。这些系统采用电池供电, 其设计目标是要使电池的使用寿命最长。这些应用中, 低功耗至关重要, 同时仍然要求高性能。在过程控制应用中, 允许系统消耗更多的电流。对于此类应用, 设计要求可能是在一定时间内处理更多的通道, 同时仍要达到某一性能水平。[AD7124-4/AD7124-8](#)包含三种功耗模式, 用户可通过一个寄存器中的2位来选择。所选的功耗模式决定输出数据速率的范围以及片内模拟模块消耗的电流。因此, 对于环路供电或电池供电系统, 该器件可工作在中功耗或低功耗模式下。在过程控制系统中, 该器件可工作在全功率模式下, 通过消耗更多的电流来提高性能。

诊断

诊断在工业应用中日益重要。典型的诊断要求包括:

- ▶ 电源/基准电压/模拟输入监控
- ▶ 开路检测
- ▶ 转换/校准检查
- ▶ 信号链功能检查
- ▶ 读/写监控
- ▶ 寄存器内容监控

对于设计用于故障安全应用的系统, 片内诊断功能可节省客户的设计时间、外部元件、电路板空间和成本。[AD7124-4/AD7124-8](#)等器件便包括上述诊断特性。根据IEC 61508, 使用该器件的典型温度应用的失效模式影响和诊断分析(FMEDA)表明安全失效比例(SFF)大于90%。一般需要两个传统ADC才能达到这一水平。

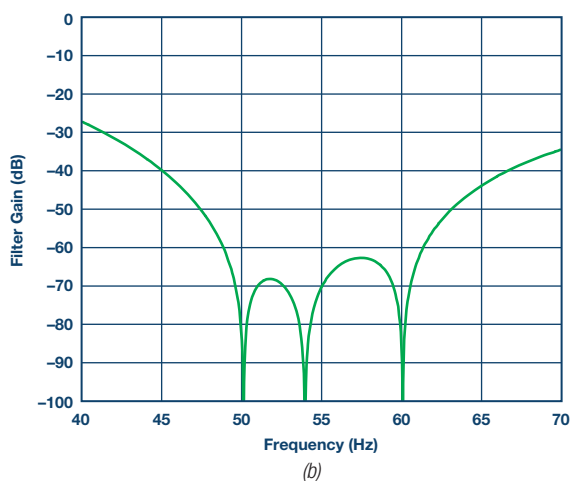
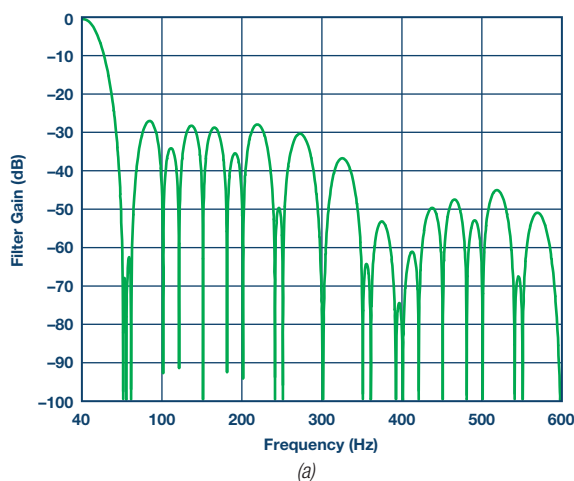


图5. 后置滤波器频率响应; 25 sps, a) DC至600 Hz, b) 40 Hz至70 Hz

结论

温度测量系统对ADC和系统的要求非常苛刻。这些传感器产生的模拟信号很弱，必须用增益级予以放大，同时增益级的噪声必须非常低，确保其不会淹没传感器的信号。放大器之后需接一个高分辨率ADC，以将传感器的低电平信号转换为数字信息。采用 Σ - Δ 架构的ADC适合此类应用，因为利用这种结构能够开发出高分辨率、高精度ADC。除了ADC和增益级之外，温度测量系统还需要其它元件，如激励电流和基准电压缓冲器等。最后，最终应用决定系统可以消耗的电流预算。便携式或环路供电系统必须使用低功耗器件，加上针对故障安全系统的冗余，每个器件的功耗裕量会进一步降低。输入模块等系统需要在更高吞吐速率下达到某一性能水平，导致通道密度增加。使用具有多种功耗模式的器件可以减轻用户的负担，因为一个ADC可以用于多种终端系统，从而缩短设计时间。

作者简介

Mary McCarthy是ADI公司应用工程师。她于1991年加入ADI公司，就职于爱尔兰科克市的线性与精密技术应用部门，专注于精密 Σ - Δ 型转换器产品。她于1991年从科克大学毕业，获得电子与电气工程学士学位。

Aine McCarthy是ADI公司应用工程师。Aine于2006年加入ADI公司，就职于爱尔兰科克市的线性与精密技术应用部门。Aine拥有科克理工学院电子工程学士学位和科克大学微电子设计硕士学位。

在线支持社区

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

ezchina.analog.com



全球总部
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部
上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编: 100085
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices.
TA13480sc-0-9/15

analog.com/cn

