

# 重新设计基于RTD的温度传感器，以适应智能工厂时代

Brian Condell, 产品应用工程师  
Michael Jackson, 终端市场专家

## 摘要

本文介绍如何快速重新设计电阻温度检测器(RTD)工业温度传感器，以更小尺寸、支持灵活通信和远程配置的产品，满足智能工厂对温度测量器件的需求。使用高度集成的模拟前端(AFE)和IO-Link®收发器可以实现上述目标。

## 简介

老话常说“没坏就别去修它”，劝诫我们不要动手改动性能可靠、正常运行的设备。可以说，这条建议适用于许多RTD传感器电路设计，而全球工业制造工厂通常使用这些传感器实现安全、高效的温度测量。但是，要满足工业4.0的要求，需要提高工厂智能化水平，那么很显然，现有的许多RTD传感器无法满足这些环境的工作要求。更小的外形尺寸、灵活通信和远程配置能力，这是自动化工程师现在需要工业温度传感器提供的一些功能，但是现有的解决方案并不支持这些功能。本文将重新审视许多基于RTD的温度传感器设计中使用的构建模块，探讨这些模块在传感器应用中的限制因素。然后，展示如何快速重新设计这种类型的传感器，以获得这个新工业时代所需的功能。

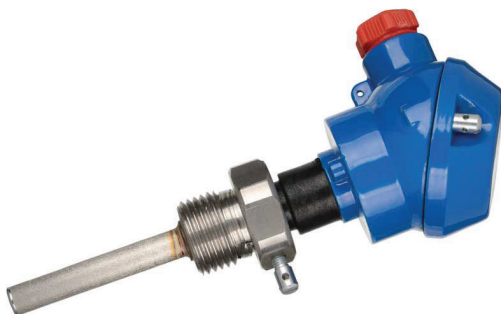


图1. 基于RTD的温度传感器示例。

## 温度传感器构建模块

RTD工业温度传感器的构建模块如图2所示。

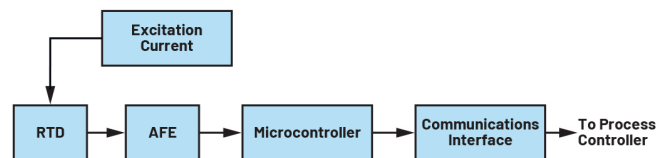


图2. RTD工业温度传感器框图。

RTD将物理量（温度）转化为电信号，一般用于检测-200°C至+850°的温度，在这个温度范围内提供高度线性的响应。RTD中常用的金属元素包括镍(Ni)、铜(Cu)和铂(Pt)，普遍使用的是Pt100和Pt1000铂RTD。RTD有两线、三线或四线形式，其中三线和四线形式较为常用。RTD是无源器件，需要一个激励电流来产生输出电压。可以使用基准电压来生成这种电压，由运算放大器进行缓冲，随后将电流驱动到RTD，产生输出电压信号，该信号会随温度变化提供不同响应。根据使用的RTD类型和测得的温度，该信号能产生几十到几百毫伏的电压，如图3所示。

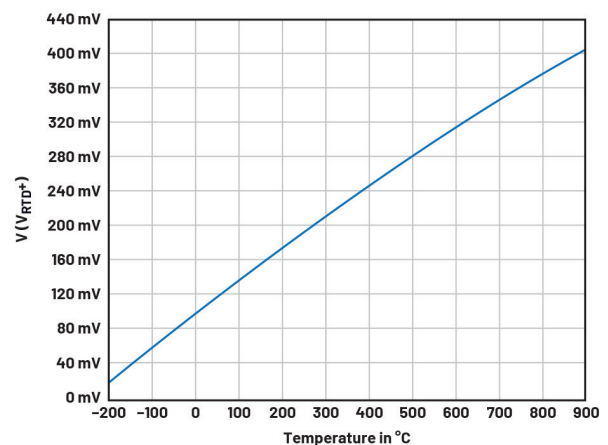


图3. Pt100 RTD响应不断升高的温度产生的电压信号。

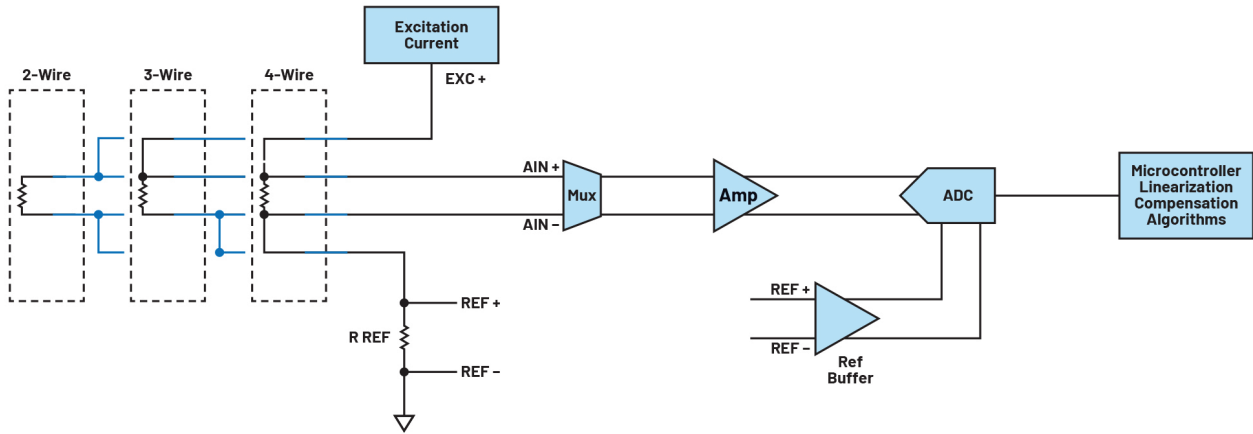


图4. 信号链中使用单个分立式组件实现的AFE。

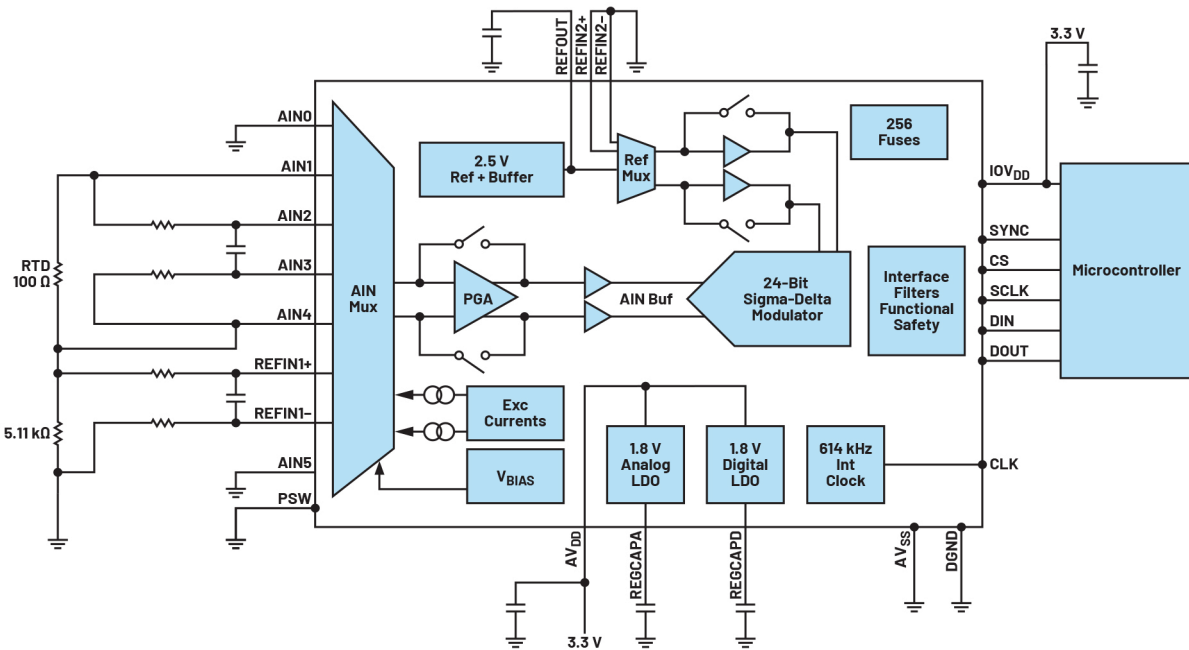


图5. 使用AD7124-4实现AFE。

AFE放大并调节低振幅RTD信号，然后由模数转换器(ADC)对该信号进行数字化处理，以便微控制器运行算法对其进行非线性补偿。这样就会通过通信接口，将数字信号发送至过程控制器。AFE一般由包含多个组件信号链构成，每个组件执行一项专用功能，如图4所示。

许多现有的温度传感器设计都使用这种分立式方法，该方法要求使用的印刷电路板(PCB)足够大，能够容纳所有的集成电路(IC)、信号和电源布线，并使传感器的外壳尺寸实际上尽可能最小。还有一种更简洁优化的方法，就是使用集成式AFE，例如图5所示的AD7124-4。这个紧凑型IC是一个完整的AFE，采用单个封装，包括多路复用器、基准电压源、可编程增益放大器和 $\Sigma$ - $\Delta$  ADC。它还提供RTD所需的激励电流，因此它能取代前一张图中的五个信号链组件，大幅减少所需的板空间，使传感器能够采用更小巧的封装。

## 通信接口

许多工业传感器设计都是使用一个（或多个）工业网络连接至过程控制器，其中包括多种版本的现场总线或工业以太网。这需要使用专用集成电路(ASIC)来实现所选的网络协议。但是，这种方法有几个缺点。首先，在传感器设计中集成网络专用ASIC会大幅增加成本，尤其当工业网络为专用网络时。还会使传感器市场仅局限于使用该网络的用户。同一个传感器要支持不同的网络协议，需要重新设计，添加所需的ASIC，这个过程非常耗时、耗费成本而且风险很大。最后，诊断功能的数量和类型因网络类型不同存在很大差异（有些网络类型不提供诊断功能）。基于具体的选择，在传感器安装到现场后，工厂操作人员可能很难判断传感器的潜在问题，进行相应的维护，并解决传感器出现的性能问题。

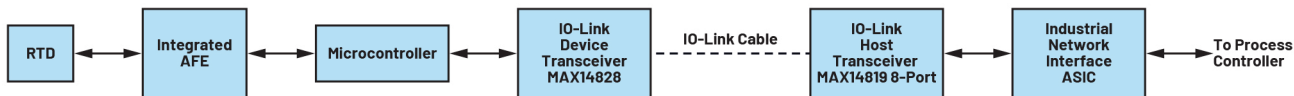


图6. 控制器一侧的IO-Link主机收发器执行与工业网络之间的通信。

还有一个更好的方法，就是设计一个与所有工业网络保持独立的传感器，从而降低开发成本，并扩大潜在客户群。可以使用IO-Link来完成上述设计，IO-Link是三线工业通信标准，支持传感器（和执行器）与所有工业控制网络相连。在IO-Link应用中，收发器充当连接运行数据链路层协议的微控制器的物理层接口。使用IO-Link的优势在于，它能够进行四种类型的传输：过程数据、诊断、配置和事件，能够在发生故障时快速识别、跟踪和处理传感器。它还支持远程配置，例如，如果需要更改触发过程警报的温度阈值，可以远程进行更改，无需技术人员前往现场操作。MAX14828是一款低功耗、超小型IO-Link器件收发器。该器件采用(4 mm × 4 mm) 24引脚TQFN封装和(2.5 mm × 2.5 mm)晶圆级封装(WLP)，易于集成到工业RTD温度（和其他类型的）传感器中。该收发器直接与过程控制器端的IO-Link主机通信，该主机用于管理与接口ASIC之间的通信（如图6所示），因此传感器能够独立于工业网络。

## 结论

智能工厂自动化工程师对工业温度传感器的期望不断提高，包括更小尺寸、灵活通信和远程配置能力。本文展示如何利用高度集成的AFE来快速重新设计RTD温度传感器，以减小其封装尺寸。此外，还展示IO-Link器件收发器如何使传感器能够不依赖于连接过程控制器的工业网络接口，而保持独立运行。虽然本文侧重于RTD温度传感器，但这种重新设计的方式也适用于使用热敏电阻或热电偶传感器的温度传感器。

## 作者简介

Brian Condell是ADI公司位于爱尔兰利默里克的工业连接和控制部门的IO-Link产品应用工程师。Brian 1997年开始在ADI工作。他于2003年毕业于利默里克大学，获得电气工程荣誉学位。他拥有超过25年的半导体行业从业经验，先后担任过多种职位，包括FAB维修技术人员、IC布局工程师、模拟设计工程师、功能安全工程师，以及最近的应用工程师。

Michael Jackson是ADI公司全球应用团队的自动化终端市场专家。他拥有电子工程硕士学位。

## 在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

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。

请访问[ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)



超越一切可能™

如需了解区域总部、销售和分销商，或联系客服和技术支持，请访问[analog.com/cn/contact](http://analog.com/cn/contact)。

向我们的ADI技术专家提出棘手问题、浏览常见问题解答，或参与EngineerZone在线支持社区讨论。请访问[ez.analog.com/cn](http://ez.analog.com/cn)。

©2023 Analog Devices, Inc. 保留所有权利。商标和注册商标属各自所有人所有。

“超越一切可能”是ADI公司的商标。

TA24436sc-2/23



请访问[analog.com/cn](http://analog.com/cn)



世健系统(香港)有限公司  
世健国际贸易(上海)有限公司  
info@excelpoint.com.hk



[www.EXCELPPOINT.com.cn](http://www.EXCELPPOINT.com.cn)

[www.EXCELPPOINT.com.cn](http://www.EXCELPPOINT.com.cn)

香港 +852 2503 2212  
成都 +86 28 8652 7611  
济南 +86 531 8096 5769  
深圳 +86 755 8364 0166  
西安 +86 29 8765 1058  
东莞 +86 158 8963 8656  
沈阳 +86 156 0405 4122

上海 +86 21 2220 3188  
福州 +86 591 8335 7003  
南京 +86 25 8689 3130  
苏州 +86 512 6530 8103  
珠海 +86 756 8616 869  
合肥 +86 139 2377 2952  
无锡 +86 185 5103 2234

北京 +86 10 6580 2113  
广州 +86 20 3893 9561  
宁波 +86 574 8386 5759  
武汉 +86 27 8769 0883  
重庆 +86 136 2830 7074  
惠州 +86 136 8076 4680  
烟台 +86 155 5222 0532

长沙 +86 731 8220 4725  
杭州 +86 571 8528 2185  
青岛 +86 532 8502 6539  
厦门 +86 592 5042 386  
大连 +86 156 4083 6155  
昆明 +86 157 9793 9565  
郑州 +86 138 0384 6359