

Application Note

使用模拟开关和多路复用器优化现场变送器和传感器



Alex Vish

摘要

自 19 世纪首个现场变送器问世以来，现场变送器的形式、尺寸和功能均发生了显著变化。现代应用（例如工业过程控制系统）利用现场变送器和传感器构建感知层，并推动现场变送器优化方面的创新。本应用手册重点介绍 TI 的模拟开关和多路复用器系列产品如何在流量、压力、液位和温度传感器等常见应用中提高测量精度、降低成本并简化设计。

内容

1 简介.....2

2 信号链架构.....2

3 变送器和传感器类型.....3

 3.1 流量变送器.....3

 3.2 液位变送器.....3

 3.3 压力变送器.....3

 3.4 温度变送器.....4

 3.5 接近传感器.....4

 3.6 气体化学电池过程分析传感器.....5

4 总结.....5

5 参考.....6

6 修订历史记录.....6

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

现场变送器将温度、压力、流量、液位和接近度等物理过程变量转换为控制系统所需的标准化信号。现代设计正朝着通用化方向发展，即单一硬件平台需要支持多种传感器类型，并在低功耗预算下让多个通道共用一个 ADC。通过了解模拟开关和多路复用器所提供的各种参数规格和特性，可以简化这些设计，并实现准确且可靠的信号链。

2 信号链架构

典型的多传感器现场变送器信号链可能包括以下元件：

1. **感测元件**：将物理量转换为电信号（电压、电阻、电流）
2. **模拟开关或多路复用器 (MUX)**：在 MCU 控制下选择有效的传感器通道
3. **仪表放大器 (INA)**：放大传感器差分信号，并将其转换为单端信号
4. **模数转换器 (ADC)**：以高分辨率将经过调理的模拟信号转换为数字信号（精密工业测量中通常为 16 - 24 位）
5. **微控制器 (MCU)**：控制 MUX 并启动 ADC 转换

通过在放大器/ADC 级之前加入多路复用器，一个包含 ADC 和 MCU 的高精度信号链即可按顺序读取**多达 16 个传感器通道**，从而显著降低各种现场仪器的 BOM 成本、PCB 面积和总功耗。

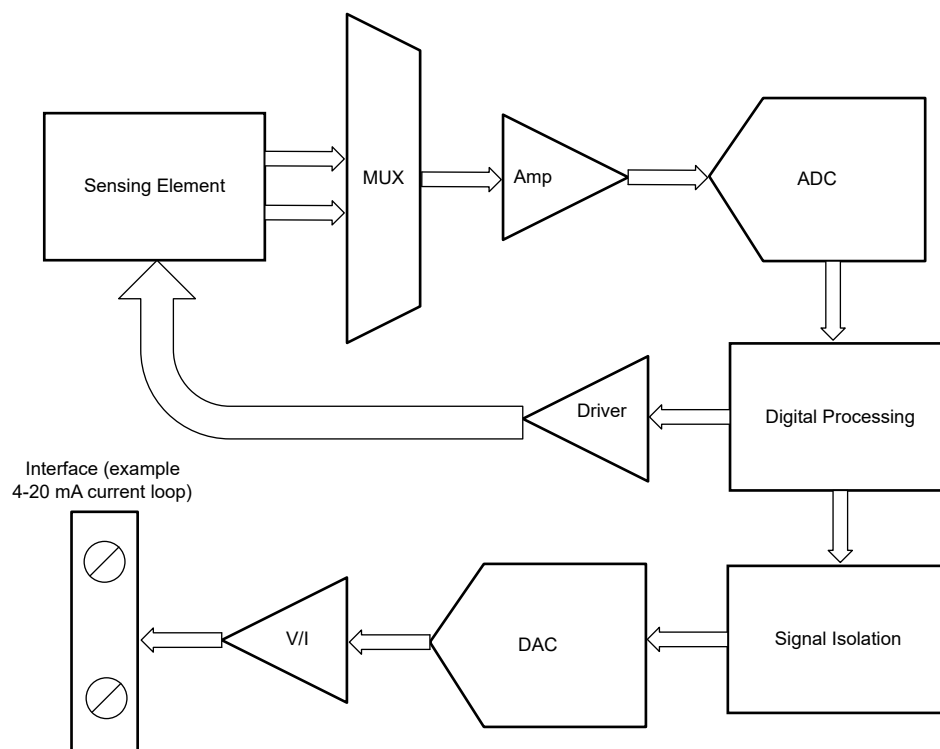


图 2-1.4 - 20mA 接口示例

3 变送器和传感器类型

3.1 流量变送器

流量变送器持续测量流体速度，通常采用电磁或超声波技术实现。超声波流量计通常与传统模拟开关设计配合使用。超声波流量计通过计算超声波脉冲在流体介质中沿上游和下游方向传播的渡越时间差来测量流体速度。一种典型的简单设计是在管道上安装两个压电式传感器：一个作为变送器 (TX)，另一个作为接收器 (RX)。由于下游信号比上游信号更快到达，因此可根据该渡越时间 (ToF) 差计算流速。这种渡越时间超声波测量方法通常用于液体和气体流量测量，并可适用于较宽范围的管径。

有关如何在系统中最大化传感器数量的更多信息，请参阅 [《切换超声波和超声波信号》](#) 应用手册。

器件型号	Vcc 范围 (V)	通道计数	配置	R _{on} (Ω)	特性
TS5A23157	5	2	2:1	10	
TMUX4819	5 (±15V 信号)	1	2:1	5	- 支持高于电源电压的输入电压 - 支持负电压 - 兼容 1.2V 的控制输入 - 兼容 1.8V 的控制输入 - 失效防护逻辑 - 逻辑引脚上的集成下拉电阻器 - 断电保护
TMUX1109	5	2	4:1	2.5	1.8V 逻辑电平 - 失效防护逻辑
TMUX9832	220	32	1:1	请参阅 数据表	- 兼容 1.8V 的控制输入 - 菊花链模式 - 输出端上集成泄漏电阻器 - 支持高于电源电压的输入电压

3.2 液位变送器

液位变送器也采用超声波方案，通过测量容器或管道中液体的距离和位置来确定液位。传感器安装在被测结构顶部附近，传感器发射的超声波脉冲到达液体表面后反射回来。传感器根据发射 (TX) 信号与接收 (RX) 信号之间的时间差计算液位。在此应用场景中，具有低 R_{on} 和低电荷注入的模拟开关可将信号失真降至最低。

器件型号	Vcc 范围 (V)	通道计数	配置	R _{on} (Ω)	特性
TMUX7234	44V	4	2:1	3.5	- 闩锁效应抑制 1.8V 逻辑电平
SN74LVC2G66	5	2	1:1	6	
TS5A3160	5	1	2:1	1	断电保护

3.3 压力变送器

压力变送器通常基于压阻式或电容式惠斯通电桥感测元件构建。高性能压力变送器可采用两个电桥元件，以提高灵敏度、精度和温度稳定性。使用 2:1 MUX 在馈入放大器/ADC 的正负参考电压之间进行切换，从而实现快速、高效测量，并减少对多个 ADC 输入的需求。对于需要更多感测元件或更高激励电压的系统，可提供更多通道和更高电压选项。

器件型号	Vcc 范围 (V)	通道计数	配置	R _{on} (Ω)	特性
TS5A3159A	5	1	2:1	0.7	断电保护
TMUX6219	36	1	2:1	2	1.8V 逻辑电平 - 失效防护逻辑

器件型号	V _{CC} 范围 (V)	通道计数	配置	R _{on} (Ω)	特性
TMUX7234	44V	4	2:1	3.5	1.8V 逻辑电平 - 失效防护逻辑 - 闩锁效应抑制

3.4 温度变送器

温度是测量最多的物理参数之一，可通过多种类型的传感器进行检测。每种传感器均通过检测电阻或电压等物理特性的变化来测量温度。热电偶、RTD 和 NTC 热敏电阻是其中最常用的类型。具有低 R_{on} 和多通道或高配置数量的模拟开关，可使一个 ADC 支持多个传感器输入，减少每个增益级所需的放大器数量，从而提高精度并缩小系统尺寸。TI 的模拟开关产品系列还提供业内最小尺寸的封装之一，可进一步缩小最终设计尺寸。

器件型号	V _{CC} 范围 (V)	通道计数	配置	R _{on} (Ω)	特性
TS5A23167	5	2	1:1	0.75	断电保护
SN74LV4052A	5	2	4:1	60	
TS5A3359	5	1	3:1	0.7	断电保护
TMUX7208	44	1	8:1	4	1.8V 逻辑电平 - 失效防护逻辑 - 闩锁效应抑制

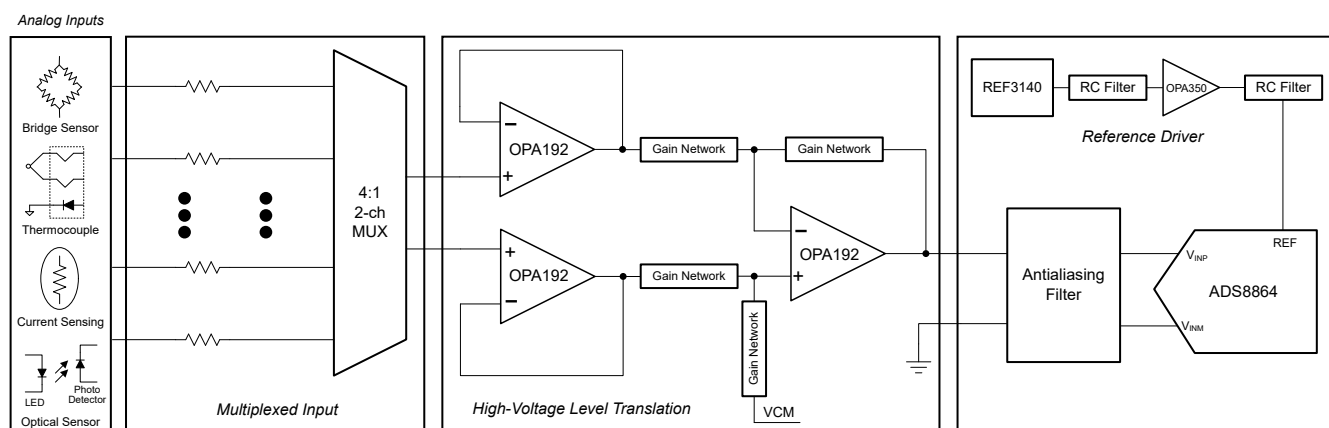


图 3-1. 感测元件信号链

3.5 接近传感器

接近传感器通常采用电容式、电感式或超声波感测元件实现，通过检测电容、磁场或反射声波的变化来检测物体是否存在。这些设计通常需要多个感测元件，因此需要优化信号布线设计。可通过不同配置将信号切换至 ADC，实现时分扫描，或利用集成式断电保护功能实现隔离。

器件型号	V _{CC} 范围 (V)	通道计数	配置	R _{on} (Ω)	特性
TS5A3159A	5	1	2:1	0.7	断电保护
SN74LVC2G66	5	2	1:1	6	
TS5A3166	5	1	1:1	0.7	
TMUX5411	50	4	1:1	21	1.8V 逻辑电平

3.6 气体化学电池过程分析传感器

过程分析传感器需要利用电化学电池监测气体混合物。由于这些传感器产生的电流通常处于微安培至皮安培范围内，因此应采用具有超低泄漏电流的模拟开关，以防止信号衰减。TI 的精密开关（例如 TMUX11xx 系列）兼具这一优势和低 R_{on} 性能，可实现高精度信号链。

器件型号	Vcc 范围 (V)	通道计数	配置	R_{on} (Ω)	$I_{(ON)}$	特性
TS5A22362	5	2	2:1	0.52	50nA	负信号处理能力
TMUX1108	5	1	8:1	2.5	3pA	1.8V 逻辑电平 - 失效防护逻辑
TMUX1204	5	1	4:1	9	200nA	1.8V 逻辑电平 - 失效防护逻辑

4 总结

适用于现场变送器的模拟开关或 MUX 取决于传感器的电气特性，而不仅仅是传感器类型本身。信号失真、泄漏电流、 R_{on} 和通道配置都会影响器件选择，而正确选择器件会直接影响测量精度、设计尺寸和成本。TI 的模拟开关系列涵盖广泛的 R_{on} 、电压承受能力、通道数量和泄漏电流性能，可满足不同应用需求，使设计人员能够无论具体感测应用为何，都构建更简单、更高精度且成本更低的信号链。

5 参考

- 德州仪器 (TI) , [TMUX9832 无高压偏置、超出电源电压、220V 1:1、32 通道开关](#)数据表

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
July 2026	*	初始发行版

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月