

Application Note

アナログ スイッチとマルチプレクサを使用した、フィールドトランスミッタおよびセンサの最適化



Alex Vish

概要

フィールドトランスミッタの形状、適合性、機能は、19 世紀に最初のフィールドトランスミッタが作成されて以来、大きく変化しています。フィールドトランスミッタとセンサを使用して、産業用プロセス制御システムのようなセンシング層を形成する最新のアプリケーションは、フィールドトランスミッタの最適化に関連して革新を推進しています。このアプリケーション ノートでは、TI のアナログ スイッチ / マルチプレクサ ファミリーを使用して、流量、圧力、液面、温度センサなど一般的なアプリケーションにおいて、測定精度の向上、コストの削減、設計の簡素化を実現する方法を説明します。

目次

1 概要.....	2
2 シグナル チェーンのアーキテクチャ.....	2
3 トランスミッタとセンサの種類.....	3
3.1 流量トランスミッタ.....	3
3.2 レベルトランスミッタ.....	3
3.3 圧力トランスミッタ.....	3
3.4 温度トランスミッタ.....	4
3.5 近接センサ.....	4
3.6 ガス化学セルのプロセス分析センサ.....	5
4 まとめ.....	5
5 リファレンス.....	6
6 改訂履歴.....	6

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 概要

フィールドトランスミッタは、温度、圧力、流量、液面、近接性などの物理的なプロセス変数を、制御システム向けの標準化された信号に変換します。現代の設計はますます普遍的になってきています。そのため、1つのハードウェアプラットフォームが複数の種類のセンサを受け付け、低消費電力の限られた範囲内で複数のチャンネルにわたって共通のADCを共有する必要があります。さまざまなパラメータ仕様を理解し、アナログスイッチおよびマルチプレクサ製品を採用しているため、これらの設計を簡素化し、高精度で回復力の高いシグナルチェーンを実現できます。

2 シグナルチェーンのアーキテクチャ

一般的なマルチセンサ フィールドトランスミッタ シグナルチェーンには、以下の要素を含められます。

1. **センシング素子**: 物理的な量を電気信号 (電圧、抵抗、電流) に変換する
2. **アナログスイッチまたはマルチプレクサ (MUX)**: マイコン制御の下でアクティブなセンサチャンネルを選択する
3. **計測アンプ (INA)**: 差動センサ信号を増幅し、シングルエンドに変換する
4. **A/Dコンバータ (ADC)**: 高分解能 (高精度産業用測定の場合は通常 16 ~ 24 ビット) で、コンディショニングを行ったアナログ信号をデジタル化する
5. **マイコン (MCU)**: MUX を制御し、ADC 変換を開始する

アンプ / ADC 段の前にマルチプレクサを挿入することにより、ADC とマイコンを含めた 1 つの高精度シグナルチェーンが最大 16 のセンサチャンネルを順に読み取り、各種フィールド機器の BOM コスト、PCB フットプリント、総消費電力を大幅に削減できます。

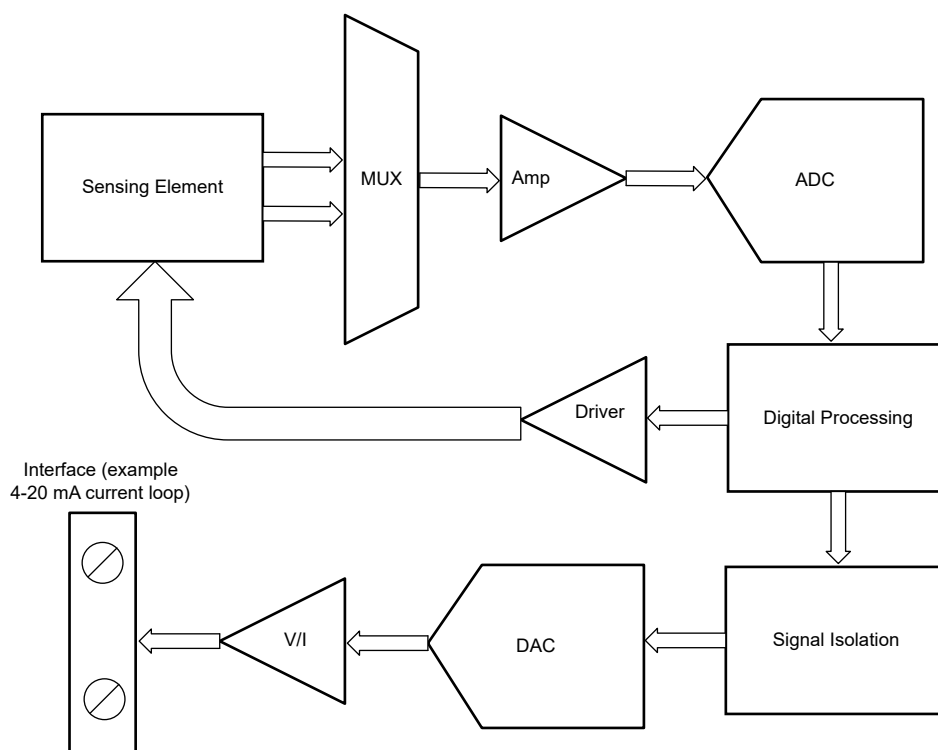


図 2-1. 4 ~ 20mA インターフェイスの例

3 トランスミッタとセンサの種類

3.1 流量トランスミッタ

流量トランスミッタは液体の速度を継続的に測定し、通常は、電磁テクノロジーまたは超音波テクノロジーを使用して実装します。超音波流量計は一般的に、従来型のアナログスイッチ設計と組み合わせて使用されます。超音波流量計は、流量媒体を通過する上流と下流を伝搬する超音波パルス間の伝搬時間差を計算し、液体の速度を測定します。標準的で単純な設計では、パイプに取り付けられた 2 つの圧電性トランスデューサを使用します。1 つはトランスミッタ (TX) として動作し、もう 1 つはレシーバ (RX) として動作します。ダウンストリーム信号はアップストリーム信号よりも高速に到着するため、タイム オブ フライト (ToF) のこの差から流速を計算します。この通過時間超音波アプローチは、液体と気体の両方の流量の測定に一般的に使用され、幅広いパイプ直径にわたって効果的に機能します。

システム内のトランスデューサの量を最大化する方法の詳細については、『[超音波および超音波信号のスイッチング](#)』アプリケーション ノートを参照してください。

部品番号	Vcc 範囲 (V)	チャンネル数	構成	R _{on} (Ω)	特長
TS5A23157	5	2	2:1	10	
TMUX4819	5 (±15V 信号)	1	2:1	5	- 電源電圧を超える入力電圧に対応 - 負の電圧に対応 1.2V 互換の制御入力 1.8V 互換の制御入力 - フェイルセーフ ロジック - ロジック ピン内蔵ブルダウン抵抗 - 電源オフ保護
TMUX1109	5	2	4:1	2.5	1.8V ロジック - フェイルセーフ ロジック
TMUX9832	220	32	1:1	データシート を参照	1.8V 互換の制御入力 - デイズリー チェーン モード - 出力にプリード抵抗を内蔵 - 電源電圧を超える入力電圧に対応

3.2 レベルトランスミッタ

また、レベルトランスミッタは、超音波実装を使用して、容器またはパイプ内の液体との距離と位置を測定します。測定対象の構造の上部付近にトランスデューサを取り付けます。トランスデューサが放射する超音波パルスが液体の表面に衝突して反射します。このセンサは、送信 (TX) 信号と受信 (RX) 信号の間の時間に基づいて液面を計算します。この使用事例では、チャージ インジェクションが低い R_{on} の低アナログスイッチにより、信号歪みを最小化できます。

部品番号	Vcc 範囲 (V)	チャンネル数	構成	R _{on} (Ω)	特長
TMUX7234	44V	4	2:1	3.5	- ラッチアップ耐性 1.8V ロジック
SN74LVC2G66	5	2	1:1	6	
TS5A3160	5	1	2:1	1	電源オフ保護

3.3 圧カトランスミッタ

圧カトランスミッタは通常、ピエゾ抵抗型または静電容量式ホイートストンブリッジセンサ素子を中心に構築されています。より高性能な圧カトランスミッタは、2 つのブリッジ素子を使用して、感度、精度、温度の安定性を向上できます。2:1 マルチプレクサを使用して、正と負の基準電圧を交互にアンプや ADC に供給することにより、迅速かつ効率的な測定を行うことができ、複数の ADC 入力の必要性が低くなります。より多くのセンシング素子やより高い励起電圧を必要とするシステムでは、より高いチャンネルや電圧オプションを利用できます。

部品番号	Vcc 範囲 (V)	チャンネル数	構成	R _{on} (Ω)	特長
TS5A3159A	5	1	2:1	0.7	• 電源オフ保護
TMUX6219	36	1	2:1	2	• 1.8V ロジック • フェイルセーフ ロジック
TMUX7234	44V	4	2:1	3.5	• 1.8V ロジック • フェイルセーフ ロジック • ラッチアップ耐性

3.4 温度トランスミッタ

温度は最も測定される物理パラメータであり、さまざまな種類のセンサを使用して温度を追跡します。各センサは、抵抗や電圧などの物理的特性の変化を検出して温度を計算します。最も一般的に普及しているのは、熱電対、RTD、NTC サーミスタです。R_{on} が低く、複数のチャンネルまたは設定数が多いアナログ スイッチにより、1 つの ADC で複数のセンサ入力に対応でき、ゲイン段ごとに必要なアンプ数を削減できるため、精度の向上とシステム サイズの小型化につながります。また、TI のアナログ スイッチ製品ラインアップには、業界最小クラスのパッケージを取り揃えており、最終設計のサイズをさらに縮小できます。

部品番号	Vcc 範囲 (V)	チャンネル数	構成	R _{on} (Ω)	特長
TS5A23167	5	2	1:1	0.75	• 電源オフ保護
SN74LV4052A	5	2	4:1	60	
TS5A3359	5	1	3:1	0.7	• 電源オフ保護
TMUX7208	44	1	8:1	4	• 1.8V ロジック • フェイルセーフ ロジック • ラッチアップ耐性

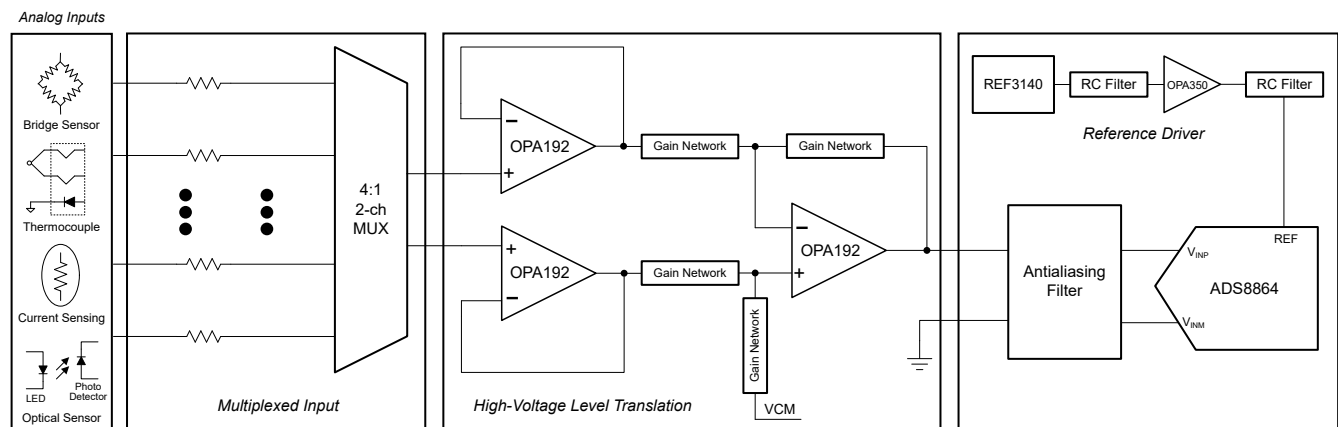


図 3-1. センシング素子のシグナル チェーン

3.5 近接センサ

近接センサは一般的に、静電容量性、誘導性、超音波の各センシング素子を使用して実装されています。これらの素子は、静電容量性、磁界、反射波の変化を通じて、物体の存在を検出します。このような設計は多くの場合、複数のセンシング素子を必要としますが、これには信号の配線を最適化する必要があります。信号を ADC に切り替えるため、時分割スキャンを有効にするため、内蔵の電源オフ保護機能を使用して絶縁を行うために、さまざまな構成を使用します。

部品番号	Vcc 範囲 (V)	チャンネル数	構成	R _{on} (Ω)	特長
TS5A3159A	5	1	2:1	0.7	• 電源オフ保護
SN74LVC2G66	5	2	1:1	6	

部品番号	Vcc 範囲 (V)	チャネル数	構成	R _{on} (Ω)	特長
TS5A3166	5	1	1:1	0.7	
TMUX5411	50	4	1:1	21	• 1.8V ロジック

3.6 ガス化学セルのプロセス分析センサ

プロセス分析センサは、電気化学セルを使用してガスの混合物を監視する必要があります。これらのセンサは多くの場合、マイクロアンペアからピコアンペアの範囲の電流を生成するため、信号の劣化を防止するためにリーク電流が非常に小さいアナログ スイッチを使用します。TMUX11xx ファミリなどのテキサス インストルメンツの高精度スイッチは、この利点と低 R_{on} 性能を実現し、高精度シグナル チェーンを実現します。

部品番号	Vcc 範囲 (V)	チャネル数	構成	R _{on} (Ω)	I _(ON)	特長
TS5A22362	5	2	2:1	0.52	50nA	• 負の信号伝送機能
TMUX1108	5	1	8:1	2.5	3pA	• 1.8V ロジック • フェイルセーフ ロジック
TMUX1204	5	1	4:1	9	200nA	• 1.8V ロジック • フェイルセーフ ロジック

4 まとめ

フィールドトランスミッタに適したアナログ スイッチやマルチプレクサは、センサの種類だけでなく、電気的特性にも依存します。信号歪み、リーク電流、R_{on}、チャネル構成はいずれも、どのデバイスが最適かを判断するために役割を果たし、この選択を測定の精度、設計サイズ、コストに直接影響を及ぼします。TI のアナログ スイッチ ファミリは、R_{on}、電圧処理、チャネル数、リークage性能と広範にわたっており、こうした多様な要件に対応しているため、設計者は特定のセンシング アプリケーションにかかわらず、よりシンプルで高精度、かつ低コストのシグナル チェーンを構築できます。

5 リファレンス

1. テキサス インスツルメンツ、『[TMUX9832 高電圧のバイアス電源不使用、電源電圧より高い電圧に対応、220V、1:1、32 チャンネル スイッチ](#)』、データシート

6 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

日付	改訂	注
July 2026	*	初版リリース

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含みいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月