

Application Brief

アナログ マルチプレクサによるロボットのセンサ統合の最適化



概要

現代のロボットは、ナビゲーションやシステム監視に用いられる増え続けるアナログ センサ群を、単一のマイコンに統合する必要があります。その結果生じる I/O のボトルネックによりチャンネル数が制限され、部品表のコストが増加します。そのため、機能性と価格の間でトレードオフを強いられます。この資料では、エンジニアリング上の解決策として、TI のアナログ マルチプレクサを使用してマイコンのアナログ入力を拡張する方法を紹介します。これにより、コンシューマ向けのコスト目標を満たしながら、センサを豊富に搭載した設計を実現できます。リファレンス デザインと評価基板は ti.com で入手でき、開発期間の短縮に役立ちます。

設計上の課題

1. コンシューマ向けロボットに使用されるマイコンは、性能とコストのバランスを考慮して選択されます。その結果、GPIO や ADC のチャンネル数が制限されることが一般的です。最新のロボットは多くの場合、利用可能なマイコンピンより多くのセンサを必要とします。そのため、設計に関する基本的な制約が生じます。
2. 部品表の影響。追加のセンサーに対応するためにピン数の多いマイコンへアップグレードすると、複数のコスト増加が連鎖的に発生します:
 - 48 ピン パッケージから 100 ピン パッケージへ移行すると、マイコンのコストが増加します
 - より高い電流要求に対応するために電源供給部品のアップグレードが必要になります
 - 追加のデカップリング コンデンサやプルアップ / プルダウン抵抗により、受動部品点数が大幅に増加します
3. PCB のスペースと複雑性:より大型のマイコンを採用すると、PCB の設計要件が本質的に変わります:
 - 100 ピン LQFP パッケージ (14×14mm) は、48 ピン LQFP (9×9mm) と比較して、基板面積を約 2 倍消費します
 - 配線の複雑化に伴い、追加の PCB レイヤや高コストな製造工程が必要となる可能性があります

マルチプレクサ設計の例: 中価格帯ロボット掃除機向けセンサ アレイ

一般的なロボット掃除機は、効果的なナビゲーションとシステム監視を実現するために、多様なアナログ センサを統合しています。これらのセンサは連携して動作し、ロボットの周囲環境と内部の動作状態の両方を包括的に把握できるようにします。

従来アプローチ (マルチプレクサなし): マイコンへの直接接続

直接接続方式では、各アナログ センサごとにマイコンの専用 ADC チャンネルが必要になります。これにより、使用可能な I/O が急速に消費されます。

- 4 個の IR 近接センサを 4 個の専用 ADC 入力に接続します
- 2 個のクリフ センサをそれぞれ専用の ADC 入力に接続します
- 2 個のモータ電流センサを 2 つの専用 ADC 入力に接続します

必要な合計 ADC チャンネル: 8

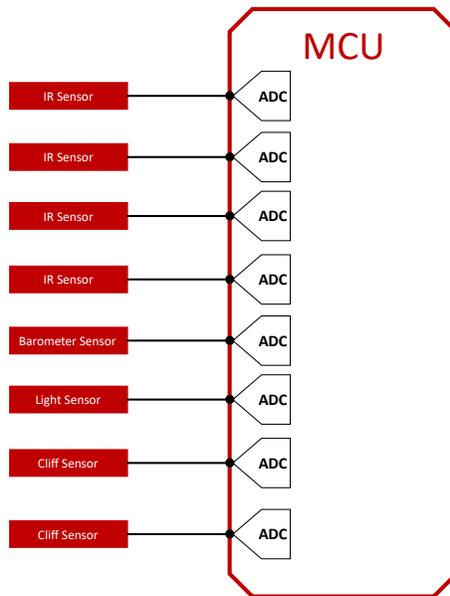


図 1. マルチプレクサを実装する前

結果: マイコンの ADC リソースが消費され、将来的なセンサ拡張のための余裕がなくなります。

マルチプレクサのアプローチ: 統合信号パス

目標: センサの忠実度を維持しながら ADC チャンネル数を削減します。

単一の 8:1 マルチプレクサを挿入することで、センサ群全体を集約し、マイコンの限られたピン群で管理できるようになります。

- 4 個の IR 近接センサ
- 2 個のクリフ センサ
- 2 個のモータ電流センサ

このシステムでは、8 つすべてのセンサを単一の 8:1 TMUX1308A マルチプレクサを介して接続します。この多重化された信号は、その後、単一のマイコンの ADC 入力に接続されます。マルチプレクサの動作全体は、マイコンの 3 本の標準 GPIO ピンによって制御されます。

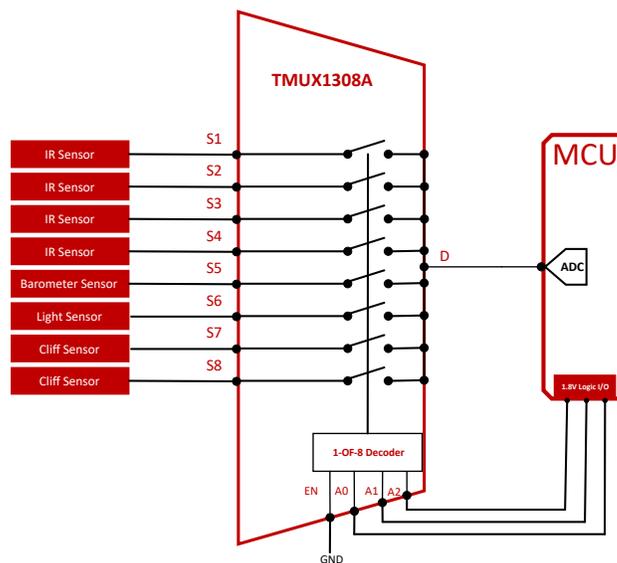


図 2. マルチプレクサを使用した構成

結果:このアーキテクチャは、当初のターゲット マイコンの I/O 予算内に収まるだけでなく、残りの ADC チャンネルを将来の機能拡張のために確保できます。この実装による全体的なサイズ削減効果は大きく、必要なマイコン入力ピンの数を 8 本のアナログ入力から、1 本のアナログ入力と 3 本のデジタル制御ピンの構成へ削減できます。その結果、合計で 4 本のピン削減となり、より小型のマイコン パッケージの採用が可能になる場合があります。

ロボット用途向けマルチプレクサの主要パラメータ

ロボット用途でアナログ マルチプレクサを選択する際は、センサの精度、消費電力、信号品質に直接影響を与える以下の重要なデータシート項目に注目してください。記載されているすべての値は標準値です。詳細な性能曲線については、各データシートの「代表的特性」セクションを参照してください。

主な設計上の考慮事項には、電源電圧範囲をシステムの電源レールに適合させること、センサのサンプリング レートに対して十分な帯域幅があることを確認すること、そして高インピーダンス センサに対してオン抵抗が測定精度を損なわないことを確認することが含まれます。これらのパラメータをわずかに改善するだけでも、バッテリー寿命、信号品質、システム信頼性において測定可能な向上が得られます。

パラメータ	代表値の範囲	ロボット分野への影響
電源電圧範囲	1.8V ~ 5.5V (LV) 5.5 ~ 100V (HV)	センサ電源レールとマイコンドメイン間のレベル シフトを不要化
電源電流	2µA ~ 15µA (LV)) 45µA ~ 200µA (HV) (VDD での標準値 / 最大値)	静的消費電力: $P = VDD \times ICC$
オン抵抗	30Ω ~ 150Ω (指定されたテスト電流時)	信号減衰: $V_{error} = RON / (RON + R_{sensor})$
ソース オフ時リーク電流	±1nA (標準値)、±25nA (最大値)	選択されていない入力から出力へのリーク電流
ドレイン オフ時リーク電流	±1nA (標準値)、±50nA (最大値)	出力から未選択入力へのリーク電流
帯域幅 (-3dB)	1MHz~500MHz	高速 IMU サンプリングおよび制御ループに対応
伝搬遅延	5ns~50ns (標準値)	スイッチ経由での信号遅延
ブレイク ビフォー メイク時間	10ns~50ns (標準値)	チャンネル間の瞬間的な短絡を防止
チャージ インジェクション	2pC~8pC	静電容量式センサにとって重要
ESD 保護	HBM 2kV~4kV	現場環境で露出するセンサ コネクタを保護
最大消費電力	250mW ~ 500mW	合計電力の熱設計制限

** LV は低電圧、HV は高電圧を意味します

推奨される TI の部品

表 1. 推奨される TI の部品

部品番号	チャンネル	VDD 範囲 (V)	パッケージ	特長
TMUX1308A TMUX1309A	8:1, 1 チャンネル 4:1, 2 チャンネル	1.62V ~ 5.5V	TSSOP, 16 BQB (WQFN), 16	低電圧、バッテリーへの短絡
TMUX1208 TMUX1209	8:1, 1 チャンネル 4:1, 2 チャンネル	1.8V ~ 5.5V	TSSOP, 16 QFN, 16	低 RON と最小パッケージ オプション
TMUX4051	8:1, 1 チャンネル	5V~24V	TSSOP, 16	高電圧、1.8V 互換の制御入力
MUX508	8:1	10V~36V	TSSOP, 16 SOIC, 16	高電圧、ブレイク ビフォー メイク
TMUX8108	8:1	10V~100V	TSSOP, 16	ロジック ピン内蔵プルダウン抵抗

まとめ

マルチプレクサの選定は、ロボットの性能、信頼性、そ消費電力に影響を与えます。設計者は、特定のシステムにおけるこれらのトレードオフを最適化するために、電源電圧範囲、消費電流、帯域幅、オン抵抗、伝搬遅延、ESD 保護を評価する必要があります。この考え方は、コンパクトなドローンから精密なロボットアーム、自律走行車に至るまで、あらゆる設計に適用されます。これらの多様な用途に対して、TMUX1308A、TMUX1208、および TMUX4051 は、ロボット用途のさまざまな要求に対応するために、異なるチャネル構成と性能特性を提供します。

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

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むいかなる保証も、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、

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](#) 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