

MUX 対応高精度オペアンプ

Tamara Alani, Richard Barthel



概要

多重化は、最小限の信号チェーン要件のマルチチャネル・システムでデータ・アキュイジションを実行する一般的な手法です。この場合、アキュイジション・システムでのマルチプレクサ (MUX) の役割は、チャンネルを切り替え、各信号を 1 つのデータ・コンバータにできるだけ高速に送信し、システムのスループットを最大限に高め、遅延を最小限に抑えることです。精度の高い処理を実現するには、高精度アンプをマルチプレクサの下流側に配置し、アナログ / デジタル・コンバータ (ADC) を正確に駆動します。

従来型のアンプ・アーキテクチャ

従来型 CMOS 入力アンプ・アーキテクチャは、MOSFET のソースを互いに接続しアクティブ電流源を介して接地した差動トランジスタ・ペアで構成されます (図 1 参照)。最新のトランジスタ製造技術は、酸化膜厚 (t_{ox}) を薄くして MOSFET の相互コンダクタンス (g_m) を最大化しようとしています。しかし、その代償としてゲートとソースの間の降伏電圧は約 5V に低下します。通常大きなゲート・ソース間電圧は大きな入力差動信号から生じ、この現象はスルーイング中または開ループ動作中によく見られます。永続的な損傷から入力を守るため、クランプ電圧が $\pm 0.5V \sim \pm 1.5V$ (標準値) の 2 つの堅牢な逆並列ダイオードをアンプの入力間に接続します。これらのダイオードは、入力間の電圧振幅をダイオード 1~2 個の順方向電圧降下に制限します。この電圧は、降伏電圧をはるかに下回る値です。このような入力はある程度の保護を実現できますが、大きな欠点もあります。

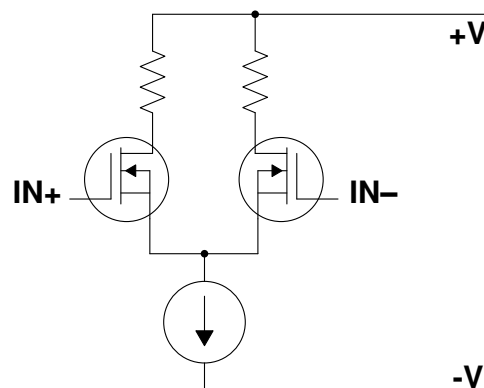


図 1. トランジスタ差動入力ペア

従来型オペアンプによる大きな差動入力

図 2 に、2 つのチャンネル (A と B) を備えた MUX を示します。MUX の出力がチャンネル A に接続されると、オペアンプの非反転入力に 10V が印加されます。このアンプは線形動作するため、入力の電位は 0V です (オフセット電圧は無視)。MUX がチャンネル A からチャンネル B に切り替わると、オペアンプの非反転入力の電位は瞬時に -10V に変わります。オペアンプの出力電圧はすぐには変わらないため、入力に大きな差動電圧が生じ、逆並列ダイオードが電流を流し始めます。この動作によって、入力バイアス電流が急増し、入力インピーダンスが低下します。前述の入力逆並列ダイオードがなければ、この大きな差動電圧は降伏電圧を上回り、オペアンプに永続的な損傷を与えます。入力逆並列ダイオード (図 2 の青い円内) があれば、大きな差動電圧から入力を保護できますが、大きな突入電流がダイオードを流れます。パッシブ・フィルタを使用していたり、ソース・インピーダンスが高い場合には、大きな突入電流がセトリング時間に悪影響を与えるおそれがあり、結果的にシステムのスループットは制限され、信号チェーンの精度も低下します。

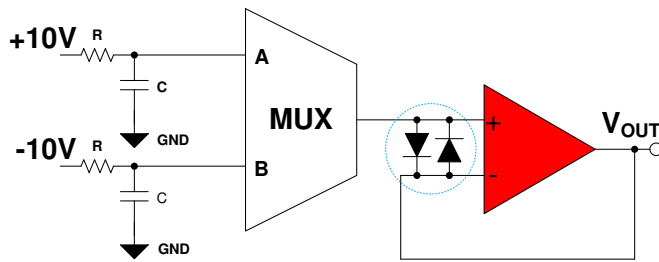


図 2. MUX とバッファ構成オペアンプ

オペアンプの出力が落ち着くまでの時間は、高速または高スループットの用途で問題になることがあります。ほとんどの MUX はナノ秒レベルの立ち上がり時間で動作し、大抵の高精度オペアンプよりはるかに高速です。オペアンプのスループレートが MUX のスループレートに追従できない場合、差動電圧が増大し、入力電流に起因してセリング時間が悪化します。MUX がチャンネルを切り替えると、入力に対する出力の応答時間が長くなり、システム性能が低下することがあります。一部のアンプはスループレートを高くすることでこの問題の解決を図っていますが、代償として消費電力が増加し、安定性も低下します。TI の高精度アンプ・チームが開発し特許を取得した独自のテクノロジーは、高スループレートとダイオードレス・フロント・エンドを組み合わせることにより、高スループレート・アンプの代償を伴わずに、高精度の信号処理を実現します。図 3 に、切り替わった MUX に追従するデバイス性能を示します。MUX 非対応アンプ (黒) と MUX 対応アンプ (赤) のソース負荷効果に注目してください。図 3 の上半分に示す突入電流は、アンプの出力電流制限に応じて数十～数百ミリアンペアに達する可能性があります。図 3 の下半分は、スルーイング中のセリング時間の影響を示しています。従来型アンプの出力は入力ダイオードのせいで高速にตอบสนองしますが、RC ネットワークのセリングが阻害され、システムが安定化するのに必要な時間が長くなります。

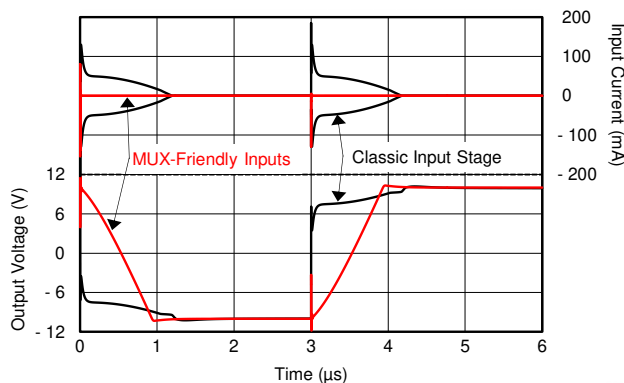


図 3. スイッチング・タイミング図

MUX 対応オペアンプ

TI は、本質的に MUX 対応である JFET 入力アンプに加えて、デバイス保護用の逆並列ダイオードを必要としない、36V CMOS 入力用の新しい入力回路を開発しました。これらの MUX 対応アンプは、切り替えたシステムのセリング時間を短縮すると同時に保護と堅牢性も維持できます。この特許取得済みの入力保護方式は、開閉を切り替える 1 組の内部スイッチを使用して、大きな電圧ステップが印加されたときにオペアンプの入力を保護します。この保護方式には突入電流が生じないという利点もあります。図 4 に、この新しい MUX 対応保護方式 (静止状態) を示します。両方のスイッチは閉じており、ダイオードは非アクティブであることに注意します。

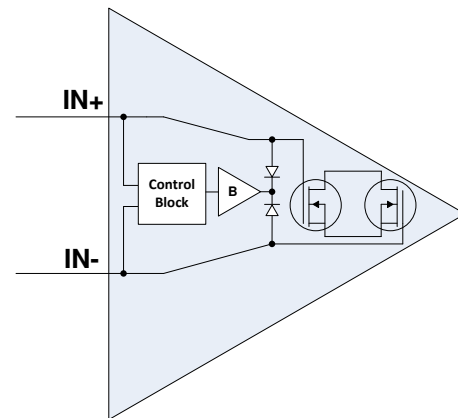


図 4. MUX 対応方式

正入力が Low になると (+10V から -10V)、制御ブロックは反転端子 (IN-) のスイッチを開き、一方のダイオードをアクティブにします (図 5 参照)。正入力が High になると (-10V から +10V)、制御ブロックは非反転端子 (IN+) のスイッチを開き、もう一方のダイオードをアクティブにします。

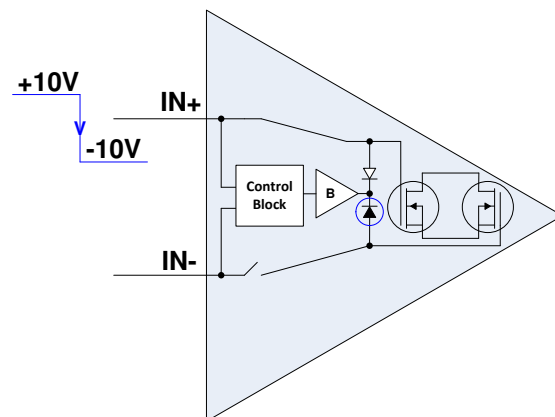


図 5. High から Low への入力ステップ

内部バッファ・オペアンプ (B と表示) は、ダイオードの電流を他の資料を入力信号から絶縁します。絶縁することで、電流がオペアンプの入力ピンを流れないようにします。この新しい MUX 対応アーキテクチャは、セトリング時間の増大を防止します。この構成により、精度を犠牲にしないで MUX チャンネルを素早く切り替えることができます。

表 1. TI MUX 対応アンプ

デバイス	最適化されるパラメータ
OPA191	CMOS 入力、オフセット 25 μ V (最大値)、ドリフト 0.8 μ V/ $^{\circ}$ C (最大値)、2.5MHz、消費電流 200 μ A (最大値)
OPA192	CMOS 入力、オフセット 25 μ V (最大値)、ドリフト 0.5 μ V/ $^{\circ}$ C (最大値)、10MHz、消費電流 1.2mA (最大値)
OPA189	CMOS 入力、オフセット 2.5 μ V (最大値)、ドリフト 0.02 μ V/ $^{\circ}$ C (標準値)、14MHz、消費電流 1.7mA (最大値)
OPA145	JFET 入力、オフセット 150 μ V (最大値)、ドリフト 1 μ V/ $^{\circ}$ C (標準値)、5.5MHz、消費電流 475 μ A (最大値)
OPA828	JFET 入力、オフセット 300 μ V (最大値)、ドリフト 1.5 μ V/ $^{\circ}$ C (標準値)、45MHz、消費電流 5.5mA (最大値)

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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。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 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html)、または ti.com やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。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。

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。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 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termssofsale.html)、または ti.com やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。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。

Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社