

Technical Article

低ノイズ電圧リファレンスを選択することで、X線画像解像度が向上



Jackson Wightman

X線の画像解像度を改善する最も効果的な方法の1つは、データアキュイジション部分を慎重に設計して、フロントエンドに存在するノイズを低減することです。データ収集回路で低ノイズの直列電圧リファレンスを使用することは、ノイズの低減につながるため、画像の解像度を高くできる設計上の選択肢の1つです。

この記事では、REF54やREF70などの低ノイズ電圧リファレンスを選択することで、最終的なX線画像解像度をどのように向上させることができるかを説明します(カスタムICとX線システムのフロントエンドを区別するため、「フロントエンド」という記述は、カスタムIC、電圧リファレンス、その他のデバイスを含むX線システムのセクションを指します。また、「アナログフロントエンド(AFE)」と記述されている場合は、カスタムICを指します)。

X線イメージングの動作とシステム設計の概要

X線システムでは、X線パネルから生成された信号をAFEが受信します。AFEは、専用に設計されたICであり、フロントエンドでデータ収集を実行します。X線システムには、X線システムでの使用を想定して設計された複数のAFEが搭載され、そのすべてが共通の電圧リファレンスを使用します。

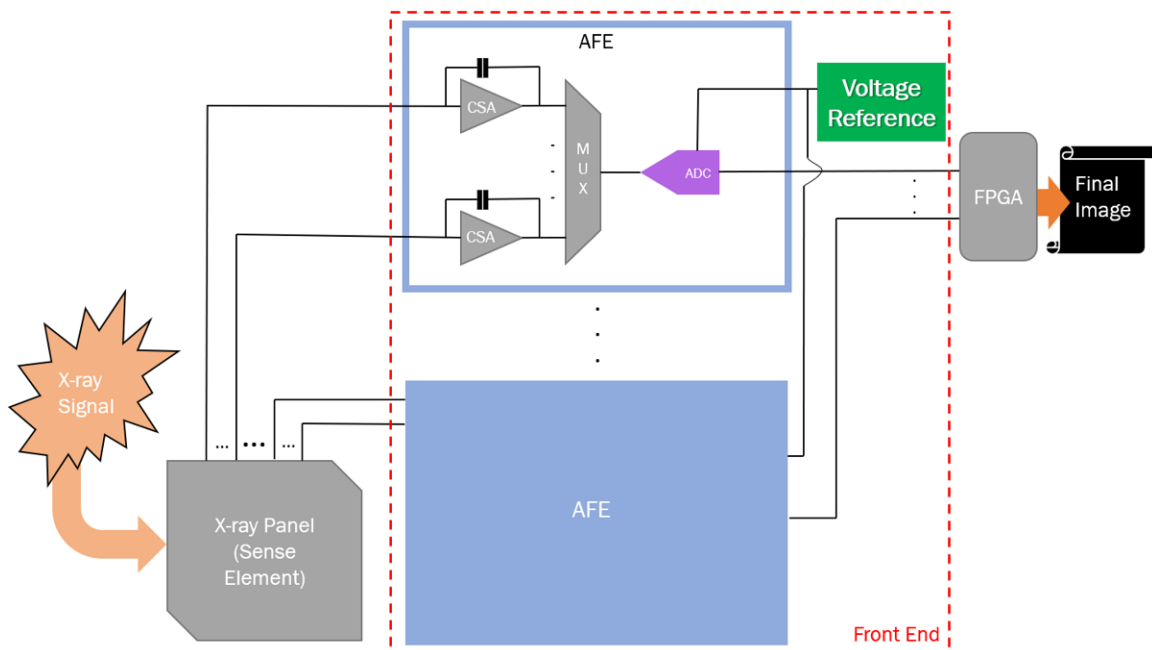


図 1. X線システム フロント エンドのブロック概略図

AFEは、電荷加算アンプを使用して、X線パネルからの電荷を電圧に変換します。その後、この電圧をマルチプレクサに供給し、マルチプレクサがアナログ信号をA/Dコンバータ(ADC)に供給します。AFEに搭載されているADCは、外部の高精度電圧リファレンスを使用して、正確なデータ変換を行います。

フロント エンドに送信されたデジタル信号は、デジタル サブトラクション X 線撮影による画質の向上に役立ちます。デジタル サブトラクション X 線撮影では、患者のスキャンと患者を含まないスキャンを比較して、画像の欠陥を除去します。2 つの画像は非常に短い時間枠で撮影されるため、温度の変化は最小限です。つまり、X 線システムは温度制御された環境にあります。ただし、デジタル サブトラクション X 線撮影のプロセスでは、フロント エンドの小さな温度変化によって生じる画像の不一致が補正されます。

X 線システム向け低ノイズ回路を実装する際の設計上の課題

高精度の電圧リファレンスと AFE を含めた、フロント エンドに存在するすべてのノイズは、すべてのチャンネルを通して伝搬し、最終的な画像の解像度を低下させるため、結果として画質が低くなります。

内部電圧リファレンスの代わりに、超低ノイズの外部高精度電圧リファレンスを選択すると、画像の解像度が向上し、照射する X 線の数が減少するため、患者や医療従事者の被ばく量と医療コストを削減できます。

表 1 に、考慮すべき電圧リファレンスのパラメータをいくつか示します。

表 1. 電圧リファレンスの重要なパラメータ

パラメータ	説明
フリッカー ノイズ	0.1Hz~10Hz の範囲に存在するノイズ
出力電圧ノイズ	10Hz~1kHz の範囲に存在するノイズ
温度ドリフト	温度変化に対応する出力電圧の変化量

D/A コンバータまたは ADC のビット数または有効ビット数 (ENOB) に応じて、表 1 のパラメータは回路のゲイン誤差と信号対雑音比 (SNR) に直接影響を及ぼす場合があります。X 線システムでは、ゲイン誤差が大きいほど画質が低下します。また、電圧リファレンスのフリッカー ノイズは ADC の SNR に影響を及ぼします。

式 1 および式 2 に、ADC のノイズと SNR を示します。

$$\text{Total ADC Noise (RMS)} = \sqrt{(\text{Inherent ADC Noise})^2 + (\text{Voltage Reference Noise})^2 + (\text{Buffer Noise})^2} \quad (1)$$

$$\text{SNR}_{\text{ADC}} = 20 \log\left(\frac{V_{\text{ref}}}{2\sqrt{2} \text{ Total ADC Noise}}\right) \quad (2)$$

式 1 から、電圧リファレンスのノイズが減少するにつれて、ADC の合計ノイズが減少することがわかります。式 2 から、電圧リファレンス ノイズが減少すると ADC の SNR が上昇することがわかります。SNR が高いほど、ENOB も高くなります。これは、システムの分解能を高めるために必要です。したがって、電圧リファレンスのノイズは ADC のノイズよりもはるかに小さいことが重要です。

多くの場合、テキサス インストルメンツの REF70 または REF54 のような外部電圧リファレンスを選択することで、ADC の SNR を改善できます。低ノイズで高精度の電圧リファレンスが極めて重要な検討事項になります。表 2 に、REF70 および REF54 シリーズ電圧リファレンスのパラメータを示します。

表 2. REF70 および REF54 シリーズ電圧リファレンスのパラメータ

パラメータ	REF70	REF54
フリッカー ノイズ	0.23ppm _{p-p}	0.45ppm _{p-p} または 0.11ppm _{p-p} (ノイズリダクション コンデンサを付けた場合)
出力電圧ノイズ	0.35ppm _{rms}	0.7ppm _{rms}
温度ドリフト	2ppm/°C	0.8ppm/°C

REF70 や REF54 など低ノイズで高精度の電圧リファレンスを選択してアナログ フロント エンドに存在するノイズを低減すると、ADC の SNR が増加し、X 線システムの画像解像度の向上に役立ちます。

まとめ

X線画像の品質を高めることで、医療の質が向上します。X線イメージング技術は広く使用されていることから、この分野には多くの技術進歩の機会があるといえます。

X線システムを設計する際の最終的な目標は、可能な限り高品質な画像を生成することです。これを実現する方法は多数ありますが、最も重要なことの1つは、X線システムのフロントエンドの設計に最適な電圧リファレンスを選択することです。さらに、低ノイズの回路設計が非常に重要です。REF54 や REF70 などの低ノイズ電圧リファレンスを選択すると、画像の解像度と全体的な画質を向上させるのに役立ちます。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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、テキサス・インスツルメンツ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 テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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 テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

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](#)、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。

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

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated