

## Technical Article

## RF FDA で RF サンプリング ADC を使用してテストシステムを強化する方法



Srinivas Seshadri および Keyur Tejani

ワイヤレス通信システムでデータレートを高めたり、レーダーで近接ターゲットを識別するために狭いパルスを使用したりするには、試験 / 測定装置に高い性能および帯域幅要件が求められます。高帯域幅オシロスコープや RF デジタイザなどの無線周波数 (RF) 試験 / 測定装置では、RF サンプリング A/D コンバータ (ADC) を使用して、DC から数 GHz までの信号を同時にデジタル化します。

RF サンプリング ADC は、狭帯域 ADC に接続されたミキサに置き換えます。これにより、システムの複雑さが軽減されるとともに、広帯域試験 / 測定装置、レーダー、ワイヤレストランシーバの性能が向上します。

設計者は通常、RF サンプリング ADC を駆動するために、シングルエンド ゲイン ブロックをパッシブ バランとのカスケードで使用します。ただし、このアプローチには、達成可能な性能が制限されるという欠点があります。この記事では、これらの欠点について説明するとともに、RF 完全差動アンプ (FDA) が RF サンプリング ADC の性能を最大限に高めるのにどのように役立つかを示します。

## DC 結合 RF サンプリング ADC

RF サンプリング ADC は、同相ノイズと干渉を除去し、2 次歪みを改善するために差動入力を受け付けます。帯域幅が広いので、システム設計者はトランス ベースのパッシブ バランを使用し、シングルエンド RF 信号を差動信号に変換して RF サンプリング ADC を駆動します。ただし、パッシブ バランは、サポートする帯域幅に基づいて、低周波側では数百 kHz から数十 MHz の周波数で動作します。したがって、試験 / 測定装置でパッシブ バランを使用して RF サンプリング ADC を駆動すると、デジタル化可能な最小周波数が制限されます。

DC 結合 TRF1305 RF FDA は、DC~6.5GHz をカバーできる大信号帯域幅を使って、シングルエンドから差動への変換を実行しながら、信号の増幅を行います。図 1 は、DC 結合アプリケーションで RF サンプリング ADC を駆動する TRF1305 RF FDA を示しています。RF サンプリング ADC は入力同相範囲が狭いため、この同相範囲外で動作すると ADC 性能が低下します。単一または分割を選択できる電源と出力同相モード制御により、TRF1305 の出力同相モードを ADC の入力同相モードに一致させることが簡単にできます。これらの特長により、このアンプは DC 結合 RF 試験 / 測定装置 (高帯域オシロスコープ、任意波形ジェネレータ、RF デジタイザなど) の様々な機能に利用されています。

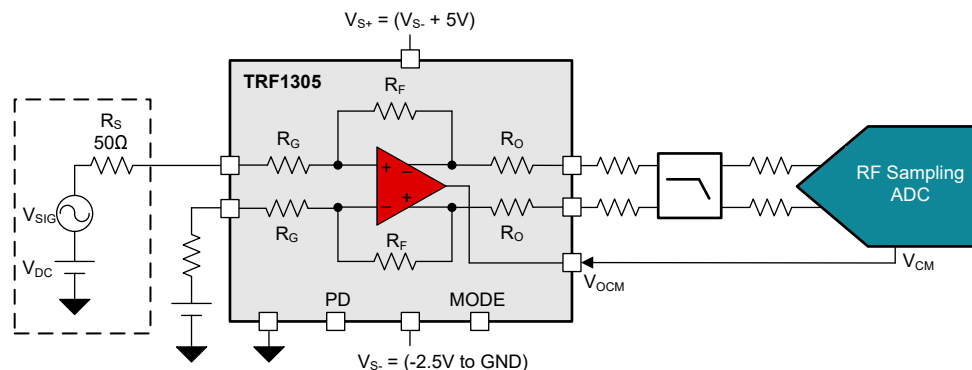


図 1. RF サンプリング ADC に結合されている TRF1305 RF FDA DC

## 直線性の向上

シグナル チェーン内の部品の非直線性は、大きな干渉信号の存在下での小さな信号の検出に影響を及ぼします。2 次非線形性は、狭帯域システムではあまり重要ではありません。発生した非直線性は、対象となる周波数帯域を外れ、通常はフィルタによって除去されるからです。ただし、広帯域システムではこれは当てはまりません。入力信号帯域幅が複数オクターブをカバーしている場合、信号の 2 次非直線性は帯域内に現れます。たとえば、RF サンプリング ADC を 0.5GHz~2GHz の RF 帯域幅で使用する例について考えてみます。0.5GHz の信号の 2 次非直線性は 1GHz で発生します。これは周波数の 2 倍です。ただし、この 2 次非直線性は、対象となる最大周波数 2GHz より低く、フィルタによって除外できないため、最小化する必要があります。

RF サンプリング ADC は、入力が平衡差動信号で駆動された場合に 2 次非直線性を最小化するように設計されています。広帯域パッシブ バランでは、差動出力でゲインの低下と位相不均衡が発生し、信号伝達の不均衡化と ADC の直線性性能の低下につながる可能性があります [1]。パッシブ バランの前にある、信号を増幅するために使用される RF ゲインブロックでは、動作がシングルエンドであるため、2 次非直線性が劣化します。TRF1305 や TRF1208 などの RF FDA には、差動出力でゲインおよび位相不均衡を改善するのに役立つフィードバック技法が組み込まれています。アンプの差動特性により、2 次歪みが最小限に抑えられ、システム全体の直線性が向上すると同時に、信号が増幅されます。

## 損傷から ADC を保護する

多くの試験 / 測定および航空宇宙 / 防衛システムでは、ユーザーの入力は不明です。これらのシステムのコアにある RF ADC は、大電力レベルとオーバードライブに敏感です。また、これらの ADC は一般に高性能で、多くの場合、シグナル チェーン内で最も高価な部品の 1 つです。そのため先行部品によって ADC が損傷しないようにシグナル チェーンを注意深く設計することが重要です。RF FDA は、RF サンプリング ADC をフルスケールで駆動しているときに線形になるよう設計されています。

図 2 は、4GHz の連続波入力で TRF1208 FDA を過負荷にしたときの出力飽和レベルを示しています。TRF1208 のゲインは 16dB で、その出力は FDA への入力電力が約 2dBm のときに 3.6Vpp に飽和します。そのため、RF FDA を使用して ADC を駆動すると、出力クリッピングによって過負荷が発生しているときに本質的に電力が制限されます。

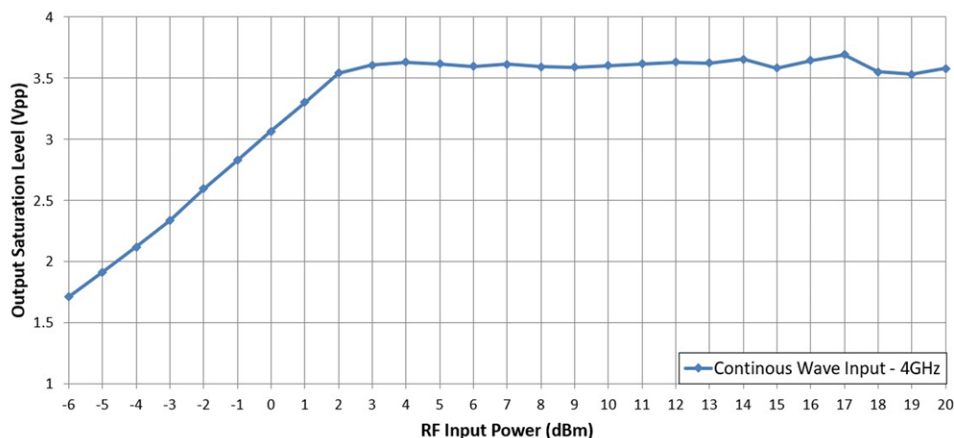


図 2. 4GHz の連続波入力によって過負荷が発生しているときに TRF1208 FDA の差動出力が 3.6Vpp でクランプする

図 3 に示すように、FDA と ADC の間にアッテネータパッドを配置すると、ADC ピンでの電圧スイングが制限され、ADC が損傷から保護されます。また、システム設計の考慮事項が簡素化され、設計の柔軟性が高まります。

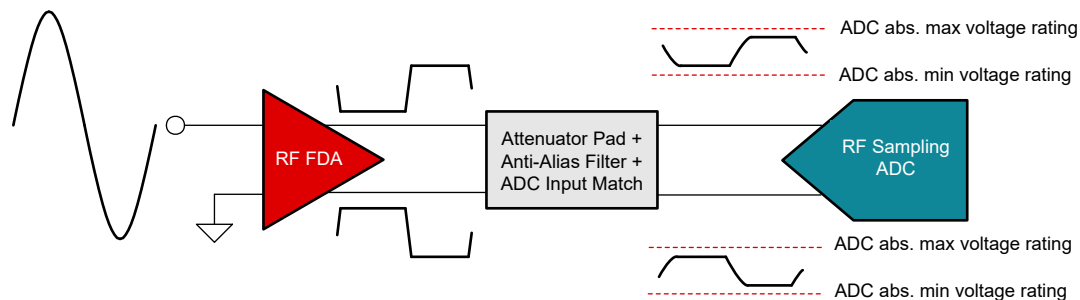


図 3. 過負荷が発生しているときに RF FDA の出力がクリップし、ADC への信号電力が制限される

## まとめ

RF サンプリング ADC の進歩と採用により、部品数を減らし、ボード サイズを小さくして RF 試験 / 測定装置のシステムアーキテクチャを簡素化することが可能になります。ADC 駆動アプリケーション用にカスタマイズされた TRF1305 などの RF FDA を使用すると、DC~6.5GHz 超の信号をシングルエンドから差動に変換することで、システムアーキテクチャをさらに簡素化できます。広帯域 RF FDA と RF サンプリング ADC を受信シグナルチェーンで組み合わせると、システム性能が向上すると同時に、部品数が減り、ボード サイズが小さくなり、システムコストが減少します。

## その他の資料

- TI.com で [TRF1305EVM](#) をご注文いただければ、開発を今すぐ開始できます。
- 記事『[送信シグナルチェーン設計で差動からシングルエンドへの RF アンプを使用する利点](#)』をお読みください。
- アプリケーションノート『[TRF1208, TRF1108 アクティブ バランと Xilinx RFSoc データコンバータとのインターフェイス](#)』で詳細をご確認ください。
- [テキサス・インスツルメンツの RF およびマイクロ波製品](#)をご確認ください。

## 参考資料

1. Reeder, Rob. 『[アクティブ型とパッシブ型の RF コンバータフロントエンドの比較](#)』。Planet Analog, 2022 年 1 月 26 日。

Electronic Design で公開されています。

## 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

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