

Technical Article

Wie HF-FDAs Prüfsysteme mit HF-Abtast-ADCs verbessern



Srinivas Seshadri und Keyur Tejani

Höhere Datenraten in drahtlosen Kommunikationssystemen und die Verwendung schmalere Impulse in Radargeräten zur Auflösung naher Ziele erfordern eine höhere Leistung und Bandbreite bei Prüf- und Messgeräten. Hochfrequenz-Prüf- und Messgeräte wie Oszilloskope mit hoher Bandbreite und HF-Digitalisierer verwenden Analog-Digital-Wandler (ADCs) mit HF-Abtastung, die gleichzeitig Signale von Gleichstrom bis zu mehreren Gigahertz digitalisieren.

ADCs mit HF-Abtastung ersetzen Mischer, gefolgt von Schmalband-ADCs, wodurch die Systemkomplexität verringert und die Leistung von Breitband-Prüf- und -Messgeräten, Radargeräten und drahtlosen Sende-/Empfangsgeräten verbessert wird.

Die Entwickler verwenden in der Regel einen Single-Ended-Verstärkerblock in Kaskade mit einem passiven Balun, um ADCs mit HF-Abtastung anzusteuern. Dieser Ansatz hat jedoch Nachteile, die die erreichbare Leistung einschränken. In diesem Artikel werden wir diese Nachteile diskutieren und aufzeigen, wie ein HF-Volldifferenzverstärker (FDA) Ihnen helfen kann, die Leistung Ihrer ADCs mit HF-Abtastung zu maximieren.

Gleichstromkopplung, HF-Abtastung, Analog-Digital-Wandler

ADCs mit HF-Abtastung akzeptieren Differenzeingänge, um Gleichtaktrauschen und Störungen zu unterdrücken und Verzerrungen zweiter Ordnung zu verbessern. Wegen ihrer großen Bandbreite verwenden Systementwickler transformatorbasierte passive Baluns, um unsymmetrische HF-Signale in Differenzsignale umzuwandeln, um ADCs mit HF-Abtastung anzusteuern. Passive Baluns arbeiten jedoch auf der Niederfrequenzseite mit Hunderten von Kilohertz oder Dutzenden von Megahertz, je nach der Bandbreite, die sie unterstützen. Daher begrenzt die Verwendung eines passiven Baluns zur Ansteuerung von ADCs mit HF-Abtastung in Prüf- und Messgeräten die niedrigste Frequenz, die digitalisiert werden kann.

Der DC-gekoppelte HF-FDA [TRF1305](#) führt die Wandlung von unsymmetrischen zu differenziellen Signalen mit einer nutzbaren Großsignalbandbreite von DC bis 6,5 GHz durch und bietet dabei einen Verstärkungsfaktor. [Abbildung 1](#) zeigt, wie der HF-FDA TRF1305 einen ADC mit HF-Abtastung in einer DC-gekoppelten Anwendung ansteuert. ADCs mit HF-Abtastung haben einen engen Eingangsgleichtaktbereich, und der Betrieb außerhalb dieses Gleichaktbereichs beeinträchtigt die ADC-Leistung. Flexible Stromversorgungen mit einfacher oder geteilter Spannungsversorgung erleichtern in Verbindung mit der Ausgangsgleichtaktsteuerung des TRF1305 den Abgleich des Ausgangsgleichtakts mit dem Eingangsgleichtakt des A/D-Wandlers. Diese Eigenschaften machen diesen Verstärker zu einem vielseitig einsetzbaren Verstärker in DC-gekoppelten HF-Prüf- und Messgeräten wie Oszilloskopen mit großer Bandbreite, Arbiträrsignalgeneratoren und HF-Digitalisierern.

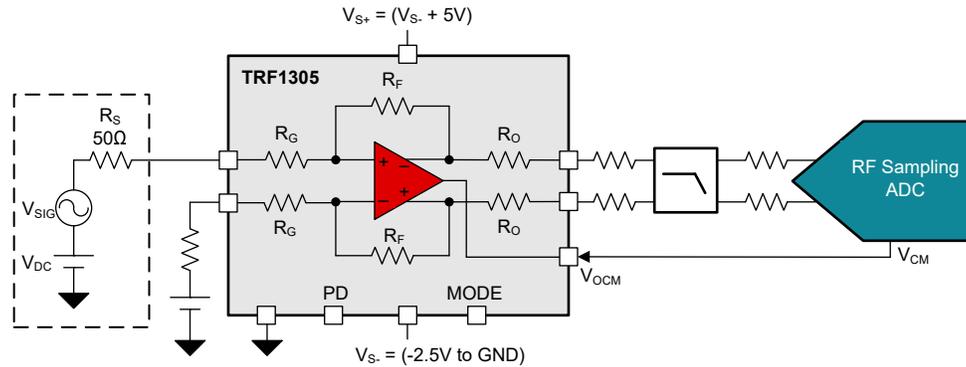


Abbildung 1. Der an einen ADC mit HF-Abtastung DC-gekoppelte HF-FDA TRF1305

Verbesserte Linearität

Die Nichtlinearität von Komponenten in einer Signalkette beeinflusst die Erkennung kleiner Signale in Gegenwart großer Störsignale. Nichtlinearität zweiter Ordnung ist in Schmalbandsystemen nicht besonders wichtig, da die erzeugte Nichtlinearität außerhalb des relevanten Frequenzbandes liegt und im Allgemeinen herausgefiltert wird. Bei Breitbandsystemen ist dies allerdings nicht der Fall. Wenn die Bandbreite des Eingangssignals mehrere Oktaven umfasst, tritt die Nichtlinearität zweiter Ordnung des Signals innerhalb des Bandes auf. Nehmen wir beispielsweise einen ADC mit HF-Abtastung, der mit einer HF-Bandbreite von 0,5 GHz bis 2 GHz verwendet wird. Die Nichtlinearität eines Signals zweiter Ordnung bei 0,5 GHz tritt bei 1 GHz auf, was der doppelten Frequenz entspricht. Diese Nichtlinearität zweiter Ordnung liegt jedoch unter der relevanten Maximalfrequenz von 2 GHz und muss minimiert werden, da sie nicht herausgefiltert werden kann.

ADCs mit HF-Abtastung sind so ausgelegt, dass die Nichtlinearität zweiter Ordnung minimiert wird, wenn ihre Eingänge mit symmetrischen Differenzsignalen angesteuert werden. Passive Breitband-Baluns können eine schlechte Verstärkung und Phasenungleichheit an ihrem Differenzausgang aufweisen, was zu einer unausgewogenen Signalübertragung und einer Verschlechterung der Linearitätsleistung von ADCs führt [1]. HF-Verstärkerblöcke, die zur Verstärkung des Signals vor dem passiven Balun verwendet werden, weisen aufgrund ihres unsymmetrischen Betriebs eine schlechte Nichtlinearität zweiter Ordnung auf. HF-FDAs wie der TRF1305 und der TRF1208 verfügen über Rückkopplungstechniken, die zu einer verbesserten Verstärkung und Phasenungleichheit an den Differenzausgängen beitragen. Die unterschiedliche Beschaffenheit der Verstärker minimiert Verzerrungen zweiter Ordnung und verbessert die Linearität des Gesamtsystems bei gleichzeitiger Signalverstärkung.

Schutz der ADCs vor Beschädigungen

Bei vielen Prüf- und Messsystemen sowie Luft- und Raumfahrtssystemen sind die Benutzereingaben unbekannt. Die HF-ADCs im Kern dieser Systeme sind empfindlich gegenüber hohen Leistungspegeln und Übersteuerung. Diese ADCs bieten in der Regel auch eine hohe Leistung und sind oft eine der teuersten Komponenten in der Signalkette. Daher ist es wichtig, die Signalkette so zu entwerfen, dass die vorgeschalteten Komponenten den ADC nicht beschädigen. HF-FDAs sind bei der Ansteuerung von ADCs mit HF-Abtastung auf Vollausschlag linear.

Abbildung 2 zeigt den Sättigungsgrad des Ausgangs, wenn der TRF1208 FDA mit einer Dauerstrichleistung bei 4 GHz überlastet wird. Der TRF1208 besitzt eine Verstärkung von 16 dB, und sein Ausgang erreicht bei etwa 2 dBm der Eingangsleistung des FDA 3,6 Vpp. Die Verwendung von HF-FDAs zur Ansteuerung von ADCs führt daher zu einer inhärenten Leistungsbegrenzung bei Überlast durch Ausgangsbegrenzungen.

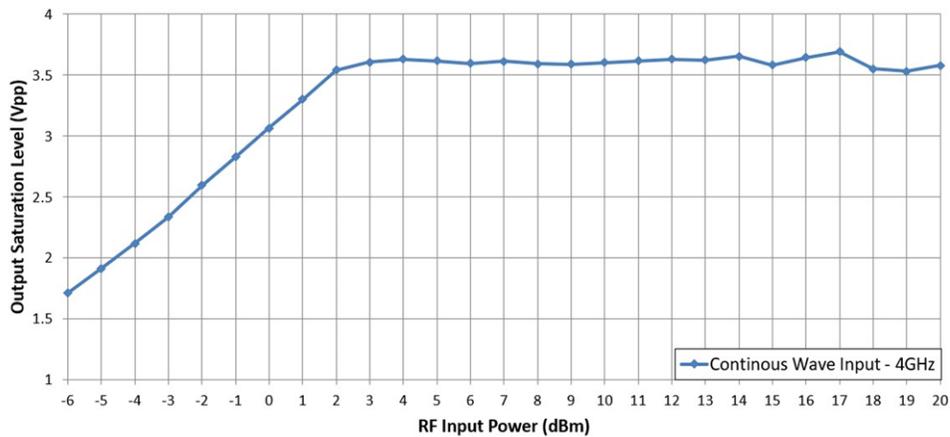


Abbildung 2. Der Differenzausgang der TRF1208-FDA-Klemmen beträgt 3,6 Vpp bei Überlast mit einem kontinuierlichen Welleneingang bei 4 GHz.

Wie in [Abbildung 3](#) dargestellt, begrenzt der Einbau eines Dämpfungsgliedes zwischen der FDA und den ADC-Anschlüssen den Spannungshub an den ADC-Anschlüssen, schützt den ADC vor Beschädigung und vereinfacht die Überlegungen zum Systemdesign bei gleichzeitig größerer Designflexibilität.

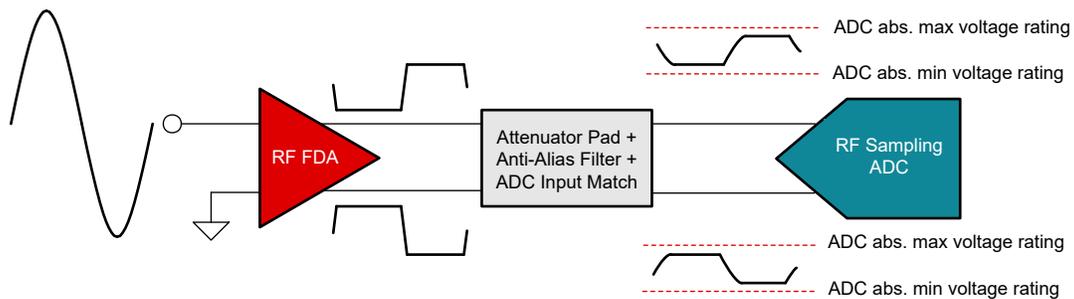


Abbildung 3. Ausgabe von RF-FDA-Klemmen bei Überlast zur Begrenzung der Signalleistung im ADC

Fazit

Die Weiterentwicklung und Einführung von ADCs mit HF-Abtastung vereinfacht die Systemarchitektur von HF-Prüf- und Messinstrumenten durch eine geringere Anzahl von Komponenten und eine geringere Platinengröße. HF-FDAs wie der TRF1305, der speziell für ADC-Antriebsanwendungen entwickelt wurde, vereinfachen die Systemarchitekturen, indem sie Signale von DC bis über 6,5 GHz von unsymmetrisch zu differenziell umwandeln. Die Verwendung von Breitband-HF-FDAs in Verbindung mit ADCs mit HF-Abtastung in Empfangssignalketten bietet eine verbesserte Systemleistung bei gleichzeitiger Reduzierung der Komponentenanzahl, der Platinengröße und der Systemkosten.

Weitere Ressourcen

- Bestellen Sie das [TRF1305EVM](#) auf TI.com und beginnen Sie noch heute.
- Lesen Sie den Artikel „[Vorteile der Verwendung von HF-Differenzverstärkern anstelle von unsymmetrischen Verstärkern in einer Signalkette.](#)“
- Erfahren Sie mehr im Anwendungshinweis: [TRF1208, TRF1108 aktive Balun-Schnittstelle mit Xilinx RFSoc-Datenwandlern.](#)
- Sehen Sie sich [die HF- und Mikrowellen-Produkte von TI](#) an.

Quellennachweise

1. Reeder, Rob. „[A close look at active vs. passive RF converter front ends](#)“. Planet Analog, 26. Januar 2022.

Wie in Electronic Design veröffentlicht.

Marken

Alle Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

WICHTIGER HINWEIS UND HAFTUNGSAUSSCHLUSS

TI STELLT TECHNISCHE UND ZUVERLÄSSIGKEITSDATEN (EINSCHLIESSLICH DATENBLÄTTER), DESIGNRESSOURCEN (EINSCHLIESSLICH REFERENZDESIGNS), ANWENDUNGS- ODER ANDERE DESIGNBERATUNG, WEB-TOOLS, SICHERHEITSMITTELSYSTEME UND ANDERE RESSOURCEN „WIE BESEHEN“ UND MIT ALLEN FEHLERN ZUR VERFÜGUNG, UND SCHLIESST ALLE AUSDRÜCKLICHEN UND STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN AUS, EINSCHLIESSLICH UND OHNE EINSCHRÄNKUNG ALLER STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN DER MARKTGÄNGIGKEIT, DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ODER DER NICHTVERLETZUNG VON RECHTEN.

Diese Ressourcen sind für qualifizierte Entwickler gedacht, die mit TI-Produkten entwickeln. Sie allein sind verantwortlich für (1) die Auswahl der geeigneten TI Produkte für Ihre Anwendung, (2) das Design, die Validierung und den Test Ihrer Anwendung und (3) die Sicherstellung, dass Ihre Anwendung die geltenden Normen sowie alle anderen Sicherheits-, regulatorischen und sonstigen Vorgaben erfüllt.

Diese Ressourcen können jederzeit und ohne Vorankündigung geändert werden. Sie erhalten von TI die Erlaubnis, diese Ressourcen ausschließlich für die Entwicklung von Anwendungen mit den in der Ressource beschriebenen TI-Produkten zu verwenden. Jede andere Vervielfältigung und Darstellung dieser Ressourcen ist untersagt. Es wird keine Lizenz für andere Rechte am geistigen Eigentum von TI oder an Rechten am geistigen Eigentum Dritter gewährt. TI übernimmt keine Verantwortung für und Sie schützen TI und seine Vertreter gegen Ansprüche, Schäden, Kosten, Verluste und Verbindlichkeiten, die sich aus Ihrer Nutzung dieser Ressourcen ergeben.

Produkte von TI werden gemäß den [Verkaufsbedingungen von TI](#) oder anderen geltenden Bedingungen bereitgestellt, die entweder auf [ti.com](#) verfügbar sind oder in Verbindung mit diesen TI-Produkten bereitgestellt werden. Durch die Bereitstellung dieser Ressourcen durch TI werden die geltenden Garantien oder Gewährleistungsausschlüsse von TI für TI-Produkte weder erweitert noch verändert.

TI widerspricht allen zusätzlichen oder abweichenden Bedingungen, die Sie möglicherweise vorgeschlagen haben, und lehnt sie ab.

Postanschrift: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024 Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated