

Technical Article

RF FDA가 RF 샘플링 ADC로 테스트 시스템을 개선하는 방법



Srinivas Seshadri와 Keyur Tejani

무선 통신 시스템의 더 높은 데이터 속도와 레이더에서 더 좁은 펄스를 사용하여 가까운 목표를 해결하려면 테스트 및 측정 기기의 더 높은 성능과 대역폭 요구 사항이 필요합니다. 고대역폭 오실로스코프 및 RF 디지털이저와 같은 무선 주파수(RF) 테스트 및 측정 장비는 DC에서 다중 기가헤르츠로 신호를 동시에 디지털화하는 RF 샘플링 아날로그-디지털 컨버터(ADC)를 사용합니다.

RF 샘플링 ADC는 시스템 복잡성을 줄이고 광대역 테스트 및 측정 장비, 레이더 및 무선 트랜시버의 성능을 개선하는 협대역 ADC를 대체합니다.

설계자는 일반적으로 RF 샘플링 ADC를 구동하기 위해 패시브 발룬과 함께 계단식으로 단일 종단 게인 블록을 사용합니다. 그러나 이러한 접근 방식에는 달성 가능한 성능을 제한하는 단점이 있습니다. 이 문서에서는 이러한 단점에 대해 논의하고 RF 완전 차동 증폭기(FDA)가 RF 샘플링 ADC의 성능을 극대화하는 데 어떻게 도움이 되는지 설명합니다.

DC 결합 RF 샘플링 ADC

RF 샘플링 ADC는 공통 모드 잡음 및 간섭을 제거하고 2차 왜곡을 개선하기 위해 차동 입력을 수용합니다. 넓은 대역폭으로 인해 시스템 설계자는 변압기 기반 패시브 밸런스를 사용하여 단일 종단 RF 신호를 차동 신호로 변환하여 RF 샘플링 ADC를 구동합니다. 하지만 패시브 밸런스는 지원하는 대역폭에 따라 저주파 측에서 수백 킬로헤르츠 또는 수십 메가헤르츠에서 작동합니다. 따라서 테스트 및 측정 장비에서 RF 샘플링 ADC를 구동하는 패시브 발룬을 사용하면 디지털화할 수 있는 최저 주파수가 제한됩니다.

DC 결합 TRF1305 RF FDA는 DC ~ 6.5GHz를 커버하는 사용 가능한 큰 신호 대역폭으로 싱글 엔드에서 차동으로 변환하는 동시에 이득을 제공합니다. 그림 1에서는 DC 결합 애플리케이션에서 RF 샘플링 ADC를 구동하는 TRF1305 RF FDA를 보여줍니다. RF 샘플링 ADC는 입력 공통 모드 범위가 좁으며, 이 공통 모드 범위를 벗어나 작동하면 ADC 성능이 저하됩니다. 출력 공통 모드 제어와 함께 단일 또는 분할된 유연한 전원 공급 장치를 사용하면 TRF1305의 출력 공통 모드를 ADC의 입력 공통 모드와 쉽게 일치시킬 수 있습니다. 이러한 기능을 통해 고대역폭 오실로스코프, 임의 파형 생성기 및 RF 디지털이저와 같은 DC 결합 RF 테스트 및 측정 장비에서 다용도 증폭기를 사용할 수 있습니다.

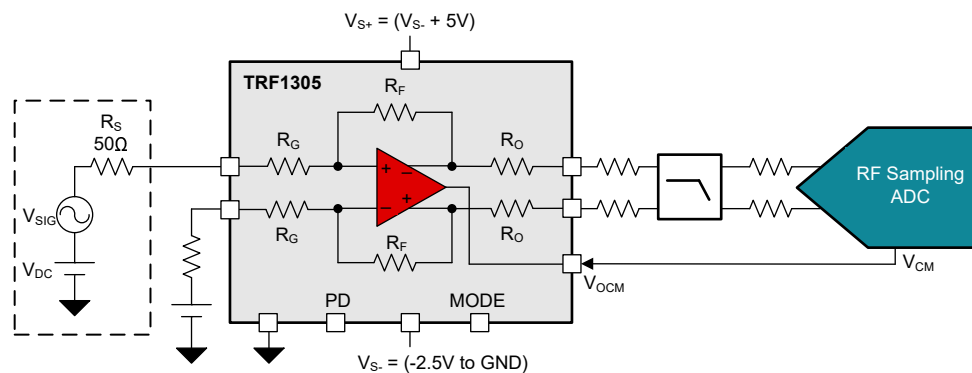


그림 1. TRF1305 RF FDA DC가 RF 샘플링 ADC에 결합됨

향상된 선형성

신호 체인에서 부품의 비선형성은 큰 간섭 신호가 있는 상태에서 작은 신호 감지에 영향을 미칩니다. 2차 비선형성은 협대역 시스템에서 그다지 중요하지 않습니다. 생성된 비선형성은 관심 주파수 대역 밖에 있고 일반적으로 필터링되기 때문입니다. 그러나 광대역 시스템에서는 그렇지 않습니다. 입력 신호 대역폭이 여러 옥타브를 처리할 때 신호의 2차 비선형성이 대역에 나타납니다. 예를 들어, 0.5GHz~2GHz의 RF 대역폭과 함께 사용되는 RF 샘플링 ADC를 예로 들어 보겠습니다. 0.5GHz에

서 신호의 2차 비선형성은 1GHz에서 발생하며, 이는 주파수의 두 배입니다. 그러나 이 2차 비선형성은 2GHz 최대 관심 주파수보다 작으며 필터링할 수 없기 때문에 최소화해야 합니다.

RF 샘플링 ADC는 입력이 균형 잡힌 차동 신호로 구동될 때 2차 비선형성을 최소화하도록 설계되었습니다. 광대역 패시브 밸런스는 차동 출력에 대한 게인과 위상 불균형이 불량할 수 있어 신호전달 불균형과 ADC의 선형성 성능이 저하될 수 있습니다 [1]. 패시브 밸런 이전에 신호를 증폭하는 데 사용되는 RF 게인 블록은 단일 중단 작동을 통해 2차 비선형성이 저하됩니다. TRF1305 및 TRF1208과 같은 RF FDA에는 차동 출력의 이득 및 위상 불균형을 개선하는 데 도움이 되는 피드백 기술이 통합되어 있습니다. 증폭기의 차동 특성은 2차 왜곡을 최소화하고 전체 시스템의 선형성을 향상시키는 동시에 신호 증폭을 제공합니다.

ADC를 손상으로부터 보호

많은 테스트 및 측정, 항공우주 및 방위 시스템에서 사용자 입력은 알려지지 않았습니다. 이러한 시스템의 핵심인 RF ADC는 높은 전력 수준과 오버드라이브에 민감합니다. 이러한 ADC는 또한 고성능의 경향이 있으며 신호 체인에서 가장 비싼 부품 중 하나인 경우가 많습니다. 그렇기 때문에 앞의 구성 요소가 ADC에 손상을 주지 않도록 신호 체인을 신중하게 설계하는 것이 중요합니다. RF FDA는 RF 샘플링 ADC를 최대 규모로 구동할 때 선형적으로 작동하도록 설계되었습니다.

그림 2에서는 TRF1208 FDA가 4GHz에서 연속파 입력으로 과부하될 때의 출력 포화 레벨을 보여줍니다. TRF1208는 16dB의 게인을 가지고 있으며 출력은 FDA로 공급되는 입력 전원에서 약 2dBm의 3.6Vpp입니다. 따라서 RF FDA를 사용하여 ADC 구동을 하면 출력 클리핑으로 인한 과부하 상태에서 본질적으로 전력이 제한됩니다.

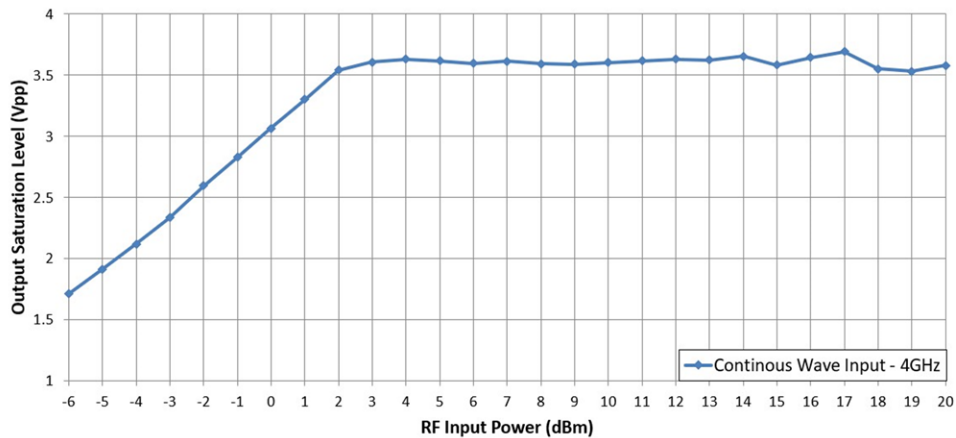


그림 2. 4GHz에서 연속파 입력으로 과부하될 때 TRF1208 FDA 클램프의 차동 출력

그림 3에서 보듯이, FDA와 ADC 사이의 감쇠기 패드를 설계하면 ADC 핀의 전압 스윙을 제한함으로써 ADC를 손상으로부터 보호하고 시스템 설계 고려 사항을 간소화하고 더 많은 설계 유연성을 제공합니다.

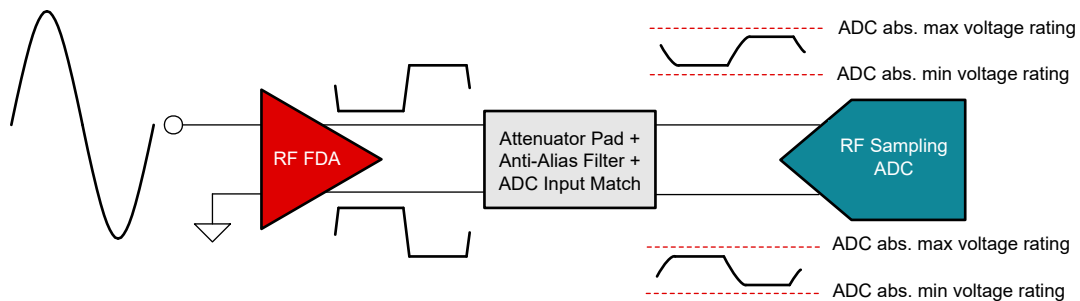


그림 3. 과부하 시 RF FDA 클램프의 출력, ADC로의 신호 전력 제한

마무리

RF 샘플링 ADC의 향상 및 채택은 부품 수와 보드 크기를 줄여 RF 테스트 및 측정 기기의 시스템 아키텍처를 간소화합니다. ADC 드라이브 애플리케이션에 맞게 맞춤화된 TRF1305 같은 RF FDA는 DC에서 6.5GHz 이상으로의 신호 변환을 통해 시

시스템 아키텍처를 더욱 간소화합니다. 광대역 RF FDA를 수신 신호 체인에 RF 샘플링 ADC와 페어링하면 향상된 시스템 성능을 제공하는 동시에 부품 수, 보드 크기 및 시스템 비용을 줄일 수 있습니다.

추가 리소스

- TI.com에서 [TRF1305EVM](#)을 주문하고 지금 바로 시작하세요.
- "[전송 신호 체인 설계에 차동-단일 종단 RF 증폭기를 사용할 때의 장점](#)" 문서를 읽어보세요.
- [Xilinx RFSoc 데이터 컨버터를 사용한 TRF1208, TRF1108 능동 발룬 인터페이스 애플리케이션 노트](#)에서 자세히 알아보세요.
- [TI의 RF 및 마이크로파 제품](#)을 확인해 보세요.

참고 자료

1. Reeder, Rob. "[A close look at active vs. passive RF converter front-ends.](#)" Planet Analog, 2022년 1월 26일.

Electronic Design에서 출판.

상표

모든 상표는 각 소유권자의 자산입니다.

중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [ti.com](https://www.ti.com)에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: 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