

Technical Article

RF FDA 如何利用 RF 取樣 ADC 強化測試系統



Srinivas Seshadri 和 Keyur Tejani

無線通訊系統中的較高資料速率，以及雷達中使用較窄脈衝來解析近距離目標等，都需要對測試和測量儀器採用更高的性能和頻寬要求。高頻寬示波器和 RF 數位器等射頻 (RF) 測試和測量儀器使用 RF 取樣類比轉數位轉換器 (ADC)，將來自 DC 的訊號同步數位化為多 GHz。

RF 取樣 ADC 取代了後接窄頻 ADC 的混頻器，不僅可降低系統複雜性，也能提升寬頻測試和測量儀器、雷達和無線收發器的性能。

設計師通常會串連使用單端增益區塊與被動式平衡不平衡轉換器，以驅動 RF 取樣 ADC。但是，這種方法存在缺陷，限制了可達到的性能。在本文中，我們會探討前述缺陷，並說明 RF 全差動放大器 (FDA) 如何協助您實現最高的 RF 取樣 ADC 性能。

DC 耦合 RF 取樣 ADC

RF 取樣 ADC 接受差動輸入，以拒斥共模雜訊和干擾，並改善二階失真。由於其具備高頻寬，系統設計師會使用變壓器式被動平衡不平衡轉換器，將單端 RF 訊號轉換為差動訊號，以驅動 RF 取樣 ADC。然而，根據其支援的頻寬而定，被動式平衡不平衡轉換器會從低頻側的數百 kHz 或數十 MHz 運作。因此，在測試與測量儀器中使用被動式平衡不平衡轉換器驅動 RF 取樣 ADC，會限制可數位化的最低頻率。

DC 耦合 TRF1305 RF FDA 以涵蓋 DC 至 6.5GHz 的可用大訊號頻寬，執行單端至差動轉換，同時也可提供增益。圖 1 顯示在 DC 耦合應用中驅動 RF 取樣 ADC 的 TRF1305 RF FDA。RF 取樣 ADC 的輸入共模範圍較窄，若在該共模範圍以外運作，ADC 的性能將會下降。單一或分離式彈性電源供應器，搭配輸出共模控制，可簡化將 TRF1305 的輸出共模匹配至 ADC 輸入共模的作業。這些功能讓此放大器能在高頻寬示波器、任意波形產生器和 RF 數位器等 DC 耦合 RF 測試和測量儀器中，發揮多樣功能。

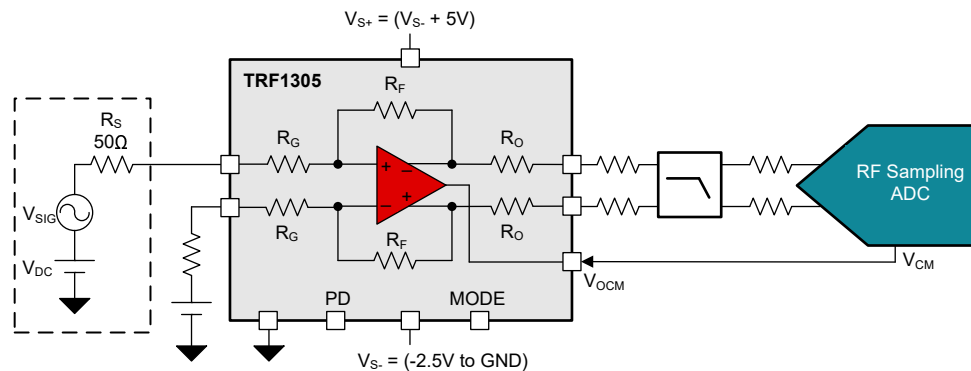


圖 1. TRF1305 RF FDA DC 耦合至 RF 取樣 ADC

改善線性度

存在大型干擾訊號時，訊號鏈元件的非線性會影響偵測小訊號。二階非線性在窄頻系統中並不重要，因為產生的非線性會落在目標頻帶範圍外，通常會加以濾除。然而寬頻系統就不是如此。當輸入訊號頻寬涵蓋多個倍頻程時，訊號的二階非線性就會出現在頻帶中。例如，假設將 RF 取樣 ADC 搭配 0.5GHz 至 2GHz 的 RF 頻寬使用。0.5GHz 訊號的二階非線性會在 1GHz 時發生，也就是頻率的兩倍。然而，這種二階非線性低於前述最大頻率 2GHz，且由於無法濾除，所以必須將其降至最低。

RF 取樣 ADC 的設計可在其輸入由平衡差動訊號驅動時，將二階非線性降至最低。寬頻被動式平衡不平衡轉換器的差動輸出，可能具有不良增益和相位不平衡，導致訊號不平衡及 ADC 線性性能下降 [1]。用於在被動式平衡不平衡轉換器前放大訊號的 RF 增益區塊，由於採用單端運作，因此二階非線性較差。TRF1305 和 TRF1208 等 RF

FDA 整合了回饋技術，有助於改善差動輸出的增益和相位不平衡。放大器的差動本質可將二階失真降至最低，並可強化整體系統的線性度，同時提供訊號放大功能。

保護 ADC 免於受損

在許多測試與測量系統以及航太與國防系統中，使用者輸入均為未知。位於這些系統核心的 RF ADC，對高功率位準和過驅動十分敏感。這些 ADC 大多也具備高性能，且通常是訊號鏈中最昂貴的元件之一。因此必須仔細設計訊號鏈，以確保前接的元件不會損壞 ADC。RF FDA 的設計可在將 RF 取樣 ADC 驅動至全刻度時，成為線性。

图 2 顯示當連續波輸入為 4GHz，而造成 TRF1208 FDA 過載時的輸出飽和位準。TRF1208 的增益為 16dB，當饋入 FDA 的輸入功率約 2dBm 時，其輸出會飽和至 3.6Vpp。因此，在因輸出截波造成過載期間，使用 RF FDA 驅動 ADC 本質上就會限制功率。

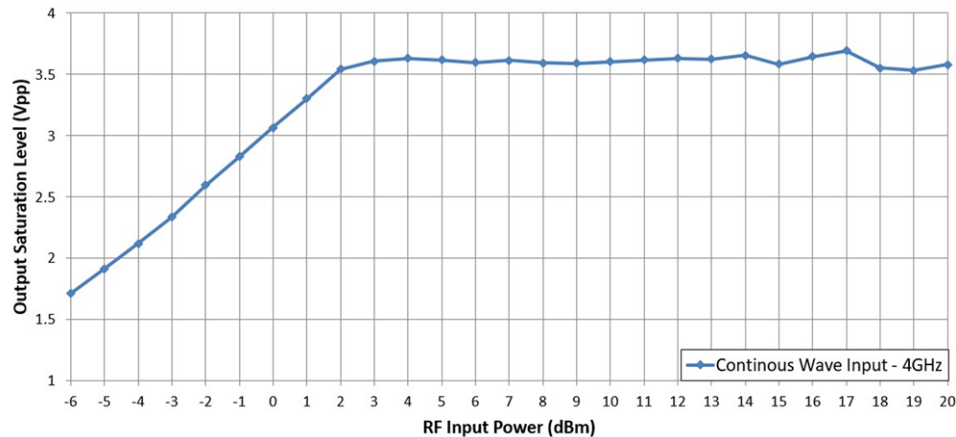


图 2. 因連續波輸入為 4GHz 而過載時，TRF1208 FDA 的差動輸出會箝制在 3.6Vpp

如 图 3 所示，在 FDA 和 ADC 之間設計衰減器墊，即可限制 ADC 針腳的電壓擺幅，進而保護 ADC 免於損壞，並簡化系統設計考量，同時提供更多設計彈性靈活性。

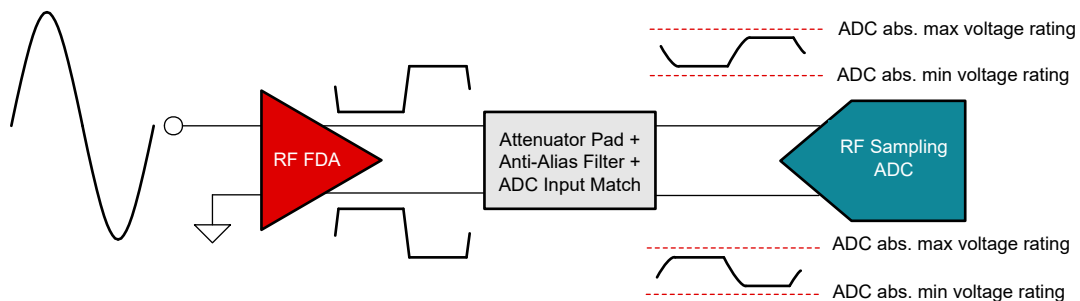


图 3. 過載時，RF FDA 的輸出會截波，限制饋入 ADC 的訊號功率

結論

RF 取樣 ADC 的進步與採用可減少元件數量及電路板尺寸，進而簡化 RF 測試與測量儀器的系統架構。針對 ADC 驅動應用量身打造的 TRF1305 等 RF FDA，可將來自 DC 的訊號透過單端至差動轉換至 6.5GHz 以上，進一步簡化系統架構。在接收訊號鏈中，將寬頻 RF FDA 搭配 RF 取樣 ADC 使用，即可強化系統性能，同時減少元件數量、電路板尺寸和系統成本。

其他資源

- 前往 TI.com 訂購 [TRF1305EVM](#) 並立即開始使用。
- 閱讀文章：「[在發射訊號鏈設計中使用差動至單端 RF 放大器的優勢](#)」。
- 透過應用說明進一步了解：[TRF1208、TRF1108 主動式平衡不平衡轉換器介面與 Xilinx RFSoc 資料轉換器](#)。
- 查看 TI 的 [RF 與微波產品](#)。

參考資料

1. Rob Reeder。 [[A close look at active vs. passive RF converter front ends](#)]。Planet Analog，2022 年 1 月 26 日。

如同在 Electronic Design 所發表內容。

註冊商標

所有商標皆屬於其各自所有者之財產。

重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：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