

Technical Article

在发送信号链设计中使用差分转单端射频放大器的优势



Srinivas Seshadri、Keyur Tejani 和 Carey Ritchey

传统的射频 (RF) 发送信号链通常使用数模转换器 (DAC) 来生成基带信号。然后，使用射频混频器和本地振荡器将此信号上变频为所需的射频频率。射频 DAC 技术取得进步，现在允许直接以所需的射频频率生成信号，从而显著简化射频发送信号链的设计和复杂性。

高频射频 DAC 具有平衡差分输出，而射频发送链和天线为单端。过去，射频工程师使用两种器件（即无源平衡-非平衡变压器和中间级射频增益块）来执行差分至单端 (D2S) 转换并提高射频信号的功率。但是，无源平衡-非平衡变压器具有多种局限性，包括印刷电路板 (PCB) 尺寸大、插入损耗高、匹配不良、增益以及需要在宽带宽范围内运行时相位不平衡。此外，射频无源平衡-非平衡变压器也无法支持直流或近直流运行。

D2S 射频放大器是一款单片器件，能够将差分信号转换为单端信号，并在宽带宽范围内提供增益。本文概述了使用 D2S 射频放大器相对于传统无源平衡-非平衡变压器和射频增益块方法的优势。

图 1 展示了用作 DAC 缓冲器和功率放大器 (PA) 前置驱动器的 TRF1108 D2S 射频放大器。

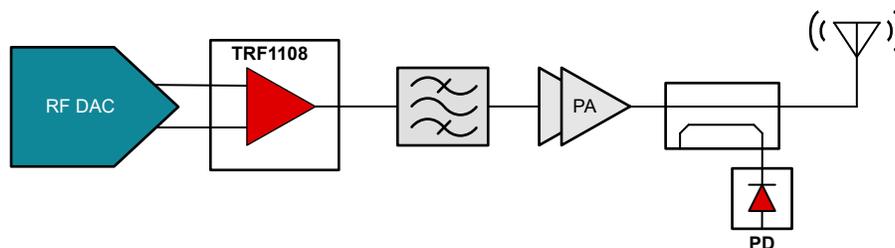


图 1. 简化的射频发送器信号链，其中显示了用作 DAC 缓冲器和 PA 前置驱动器的 TRF1108 差分转单端射频放大器

4mm² 封装内的差分至单端转换和增益

在射频 DAC 输出端执行 D2S 转换的无源平衡-非平衡变压器通常体积庞大且成本高昂，尤其是在需要宽带时。无源平衡-非平衡变压器的大尺寸增加了 PCB 面积，并导致 PCB 布线较长，从而限制了射频性能，尤其是在与多通道射频 DAC 配合使用时。此外，宽带无源平衡-非平衡变压器还具有高插入损耗，因此需要高性能射频增益块来补偿信号功率损耗。

TRF1108 D2S 射频放大器是一款执行 D2S 转换并提供增益的单片器件。D2S 射频放大器的带宽涵盖直流至 12GHz 的范围，可用于从直流到数千兆赫兹的宽带 DAC 缓冲器应用。TRF1108 具有仅 2mm x 2mm 的微型 PCB 尺寸，可减小 PCB 面积，从而缩短布线，并提高射频性能。

图 2 所示为 TRF1108 的 2mm x 2mm PCB 尺寸，减小了所需的 PCB 面积，从而在 TRF1108 DAC39RF10 评估模块上缩短了布线并提高了射频性能。

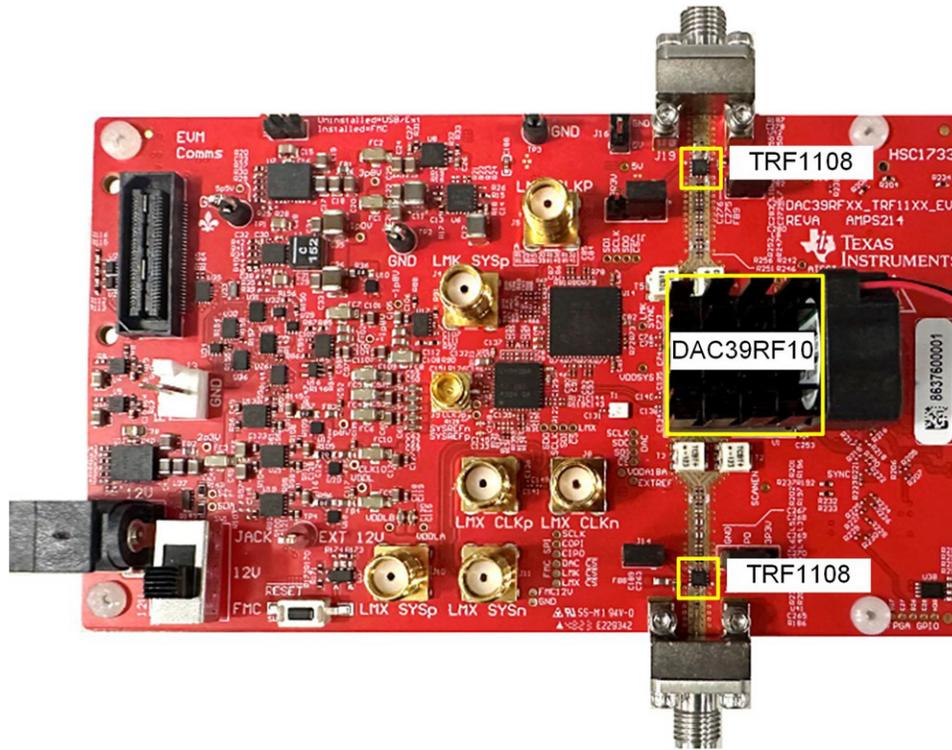


图 2. TRF1108 DAC39RF10 评估模块 (TRF1108-DAC39RFEVM)

高密度用例示例

雷达系统设计人员根据所需的距离、分辨率和天线尺寸选择工作频率。具有宽带覆盖范围的射频 DAC 与 D2S 射频放大器相结合，只需对射频发送信号链进行极小的更改，即可针对不同频带应用进行硬件设计重用。

将射频 DAC 和 D2S 射频放大器相结合，能够为采用数字波束形成的高密度相控阵雷达应用带来诸多优势。在这些应用中，多个 DAC 输出连接到大量天线，每根天线相对于彼此发送一个相移射频信号。多通道射频采样 DAC 和收发器在单个裸片和封装内集成了多个 DAC。这种集成有助于简化系统设计、缩小硬件尺寸并降低复杂性。但是，需要使用一个小型高性能 D2S 射频放大器才能有效利用由这些多通道射频 DAC 实现的尽可能高的密度。

匹配的输入和输出

过去与射频 DAC 配合使用的宽带无源平衡-非平衡变压器很难保持良好的输入和输出回波损耗，而且回波损耗也对输入和输出终端阻抗敏感。这种敏感性会导致相关射频频带范围内的阻抗变化，从而使发送的信号产生不必要的增益变化。TRF1108 的差分输入具有 100 Ω 的阻抗匹配。TRF1108 的单端输出具有 50 Ω 的宽带匹配，从而改善回波损耗，并在宽射频带宽范围内产生非常平坦的通带响应（请参阅图 3）。

图 4 突出显示了 TRF1108 与射频 DAC 结合使用时匹配输入和输出如何在 100MHz 至 8GHz 范围内产生平坦的宽带响应。

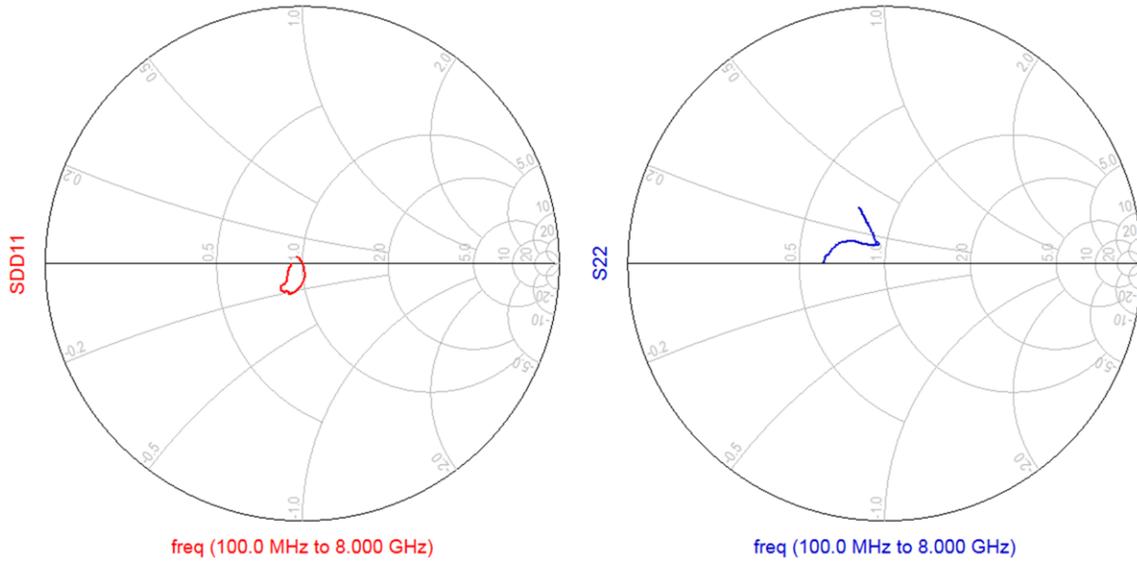


图 3. 史密斯圆图上的 TRF1108 输入和输出 S 参数

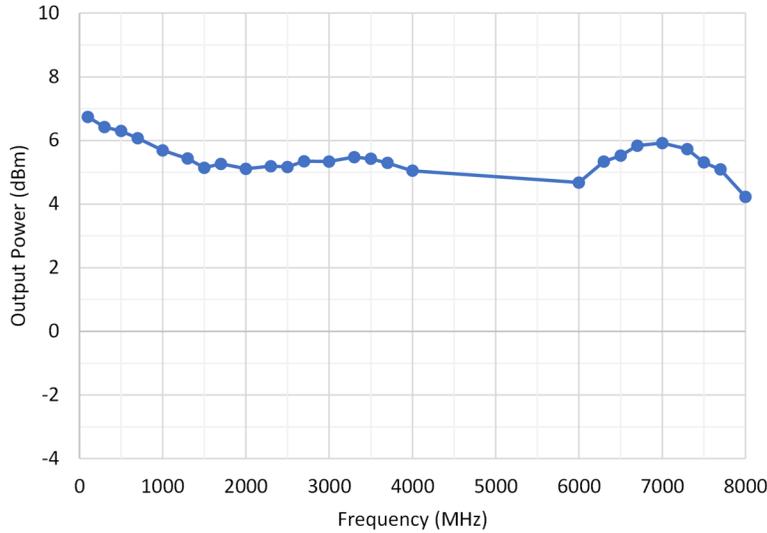


图 4. TRF1108 DAC39RF10 在 100MHz 至 8GHz 范围内的频率响应

性能优化

宽带无源射频平衡-非平衡变压器具有高插入损耗，因此会降低射频 DAC 的最大信号功率电平。为了补偿插入损耗并提高射频信号的功率电平，在无源平衡-非平衡变压器之后需要一个单端高性能射频增益块。单端射频增益块的二阶非线性性能通常较差，当信号带宽涵盖多倍频程时，无法滤除产生的失真。此外，宽带平衡-非平衡变压器较差的增益和相位不平衡也会导致进一步的不平衡，从而降低射频信号的二阶非线性性能。

TRF1108 等 D2S 射频放大器采用了反馈技术，有助于提高增益和相位不平衡性能。与单端射频增益块相比，输入的差分特性可改善二阶失真。TRF1108 D2S 射频放大器为多倍频程射频发送应用提供了改进的二阶非线性性能。

结语

射频 DAC 的技术进步使得雷达、软件定义无线电以及射频测试和测量设备领域实现了灵活的宽带射频应用。通过多通道 DAC 和射频采样收发器中集成多个射频 DAC，简化了发送信号链设计，并减少了在多发送射频和相控阵应用中对大面积 PCB 的需求。

像 [TRF1108](#) 这样的 D2S 射频放大器可以提供直至 12GHz 范围的射频信号带宽。它们可以补偿射频 DAC 的宽射频带宽和性能。[TRF1108](#) 是一款单芯片 D2S 射频放大器，改进了传统无源平衡-非平衡变压器和射频增益块。它的 PCB 面积更小，射频布线长度更短，匹配更好，性能更强。因此，可以实现更高的密度、更好的性能和灵活的射频发送设计。

其他资源

- 有关 D2S 射频放大器的更多技术信息，请查看应用手册“[TRF1208、TRF1108 具有 Xilinx RFSoc 数据转换器的有源平衡-非平衡变压器接口](#)”。
- 阅读我们的模拟设计期刊文章“[平衡-非平衡变压器对于射频 DAC 二次谐波的影响](#)”。
- 在 TI.com 上订购 [TRF1108EVM](#) 并立即开始使用。
- 查看 TI 的[射频和微波产品](#)。

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司