

高性能双无源混频器可应对5G MIMO接收器挑战

High performance dual passive mixer steps up to 5G MIMO receiver challenges

Bill Beckwith Xudong Wang Tom Schiltz

ADI公司

摘要：5G的带宽至少需要从目前的20MHz带宽增大到100MHz甚至更高，这就意味着需要进入3.6GHz以上或更高的频段。为了满足这种需求，凌力尔特的LTC5593双无源下变频混频器在3.6GHz提供了出色的线性度和动态范围性能，同时支持超过200MHz的平坦信号带宽，可用于构成极其坚固的MIMO(多输入多输出)接收器。

关键词：5G；MIMO；混频器；无源

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2017.10.018

引言

数据传输速率日益提高是一种全球化需求，这种需求已经超越了目前4G无线网络容量的极限。下一代5G网络需要将容量提高10倍以上，以跟上未来的发展

需求。尽管5G标准尚未最终确定，但即使不是全部也是大部分市场参与者都认为，带宽至少需要(从目前的20MHz带宽)增大到100MHz，有些人甚至说，会增大到200MHz。如果这样，就需要进入3.6GHz以上或更高

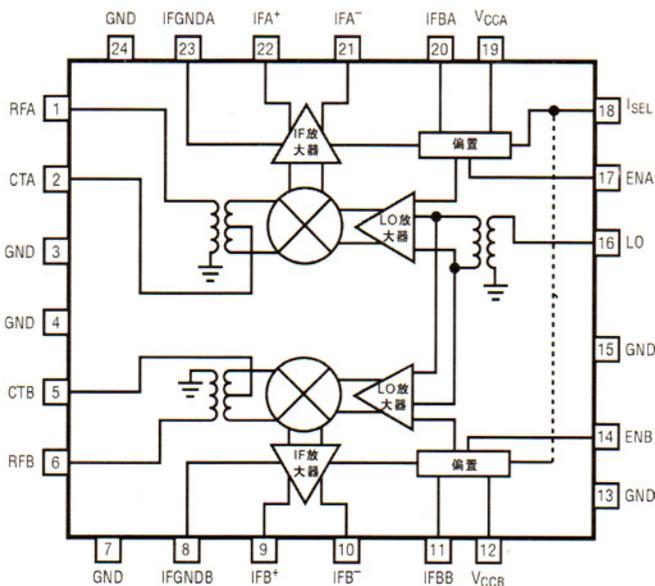


图1 双通道混频器方框图

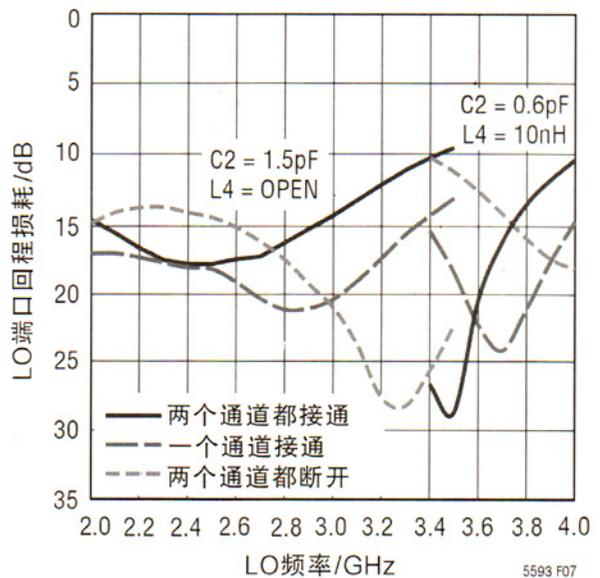


图2 在不同工作状态下LTC5593的LO 回程损耗

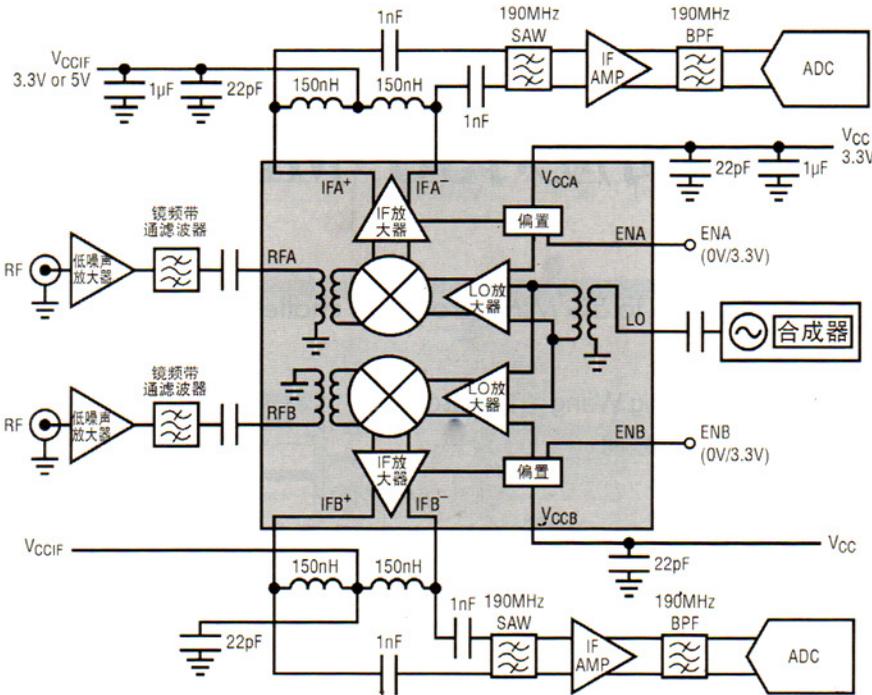


图3 接收器应用中的LTC5593双无源混频器

的频段。

为了满足这种需求，凌力尔特的LTC5593双无源下变频混频器在3.6GHz提供了出色的线性度和动态范围性能，同时支持超过200MHz的平坦信号带宽，可用来构成坚固的MIMO(多输入多输出)接收器。在Wi-Fi和4G网络等系统中，当带宽有限时，MIMO技术显著提高了数据的净吞度速率和接收率，因此MIMO技术已经证明了其自身的有用性。在5G系统向频率更高的频段迁移时，LTC5593在2.3GHz至4.5GHz范围内提供连续的50Ω匹配，从而支持在2.6GHz和3.6GHz频段上的多频段接收器。就频率较低的频段而言，凌力尔特还提供其他引脚兼容的混频器，包括LTC5590、LTC5591和LTC5592，这些混频器涵盖了其余所有LTE接收器。每款混频器的频率覆盖范围和典型的3.3V性能如表1所示。这些混频器可提供高转换增益、低噪声指数(NF)以及高线性度和低DC功耗。典型功率转换增益为8dB，并具有26dBm的输入三阶截点(IIP3)、10dB的噪声指数和1.3W功耗。

LTC5593系列的双高性能混频器非常适合无线基础设施MIMO接收器，例如RRH(远端射频头)。这类系统

极端紧凑，采用密封且不受天气影响和自成一体的外壳，因此在采用大量电子器件时，对保持小尺寸和热量管理造成了挑战。双通道解决方案减少了所需器件数量，简化了LO信号走线并减小了电路板面积。此外，每个LTC5593都包含集成的RF和LO平衡-不平衡转换器、双平衡混频器、LO缓冲放大器和差分IF放大器，从而进一步减小了总的解决方案尺寸、降低了复杂性和成本。

1 混频器描述

图1中的简化方框图表示出了双通道混频器拓扑，其采用无源双平衡混频器内核驱动IF输出放大

器。混频器内核是四路开关MOSFET，通常具有大约7dB的转换损耗。然而在此场合中，位于其后的片内IF放大器增益大大弥补了该损耗，从而实现了8dB左右的总功率增益。差分IF输出针对一个标准的200Ω接口进行了优化，它能够直接驱动差分IF滤波器和可变增益放大器，从而最大限度减少了外部组件。

LO通路采用了一个共用的平衡-不平衡转换器，将单端输入转换为一个差分LO，然后驱动每个通道的独立缓冲放大器。这种分离的LO驱动拓扑保持了至两个混频器之LO信号的相位相干性，同时可提供卓越的通道隔离度。此外，为了避免发生不希望的VCO负载拉移或者对VCO的干扰，在所有的操作模式中均保持了恒定的50Ω LO输入阻抗匹配，甚至当一个或两个混频器级被接通和关断时也不例外。2.1GHz至3.4GHz频率范围内的50Ω阻抗匹配通过增设一个1.5pF外部串联电容器C2来实现。该电容器也是DC隔离所需要的。对于更高的3.6GHz频段，在电容器的电源侧上增设一个10nH并联电感器可在LO提供良好的回程损耗。图2显示了在各种工作条件下LTC5593的LO输入回程损耗。该功能消除了对外部LO缓冲级的需要。



表1 LTC559x 频率覆盖范围和 3.3V 性能总结

器件型号	RF 范围/GHz	LO范围/GHz	增益/dB	IIP3/dBm	噪声指数/dB
LTC5590	0.6~1.7	0.7~1.5	8.7	26.0	9.7
LTC5591	1.3~2.3	1.4~2.1	8.5	26.2	9.9
LTC5592	1.6~2.7	1.7~2.5	8.3	27.3	9.8
LTC5593 (3.6GHz)	2.3~4.5	2.1~4.2	7.6	26.0	11.3

传统基站保持其环境是温度受控的，要求组件在温度高达+85° 时保持正常工作。然而，较小的蜂窝和远端射频头对组件而言则是一种更严酷的环境，要求在温度高达+105°C时保持正常运行。LTC5593混频器针对高达+105°C的温度而设计，并在这一温度上经过测试，以满足要求。

为了最大限度减小解决方案尺寸，LTC5593系列混频器组装在小型5mmx5mm 24引线QFN封装中。然而，较小的封装尺寸仅在减小总体解决方案尺寸上起到了部分作用。该器件的高集成度将所需外部组件数减少到约19个，从而最大限度减小了电路板面积、降低了复杂性和成本。

2 接收器应用

双通道接收器中的LTC5593混频器功能图如图3所示。单端RF信号加到混频器输入之前经过放大和滤波。在这个例子中有差分IF信号通路，因此无需IF平衡-不平衡转换器。SAW滤波器、IF放大器和集总元件带通滤波器都是差分式的。这个例子中的接收器采用如图3所示的电路组件值时，支持150MHz IF带宽。通过降低差分引脚之间的阻抗，可以实现更大的带宽，但增益会略有降低。

在很多MIMO接收器中，都采用高选择性SAW滤波器，以在混频器输出端隔离不想要的杂散噪声和噪声。混频器的8dB转换增益补偿了这类滤波器的高插入损耗，降低了它们对系统噪声层的影响。混频器的总体性能很高，因此可以在承受滤波器损耗的同时，使接收器满足灵敏度和无寄生要求。

多通道接收器的另一个重要性能目标是通道至通道隔离度。通道至通道隔离度指的是，未驱动通道的IF输出值与已驱动通道的IF输出值之比。这个参数通常

规定为比天线至天线隔离度高10dB，以避免降低系统性能。

LTC5593以精确的IC设计为基础，在3.6GHz时实现了44dB通道至通道隔离度，在2.6GHz时则为52dB，这满足了很多种多

通道应用的需求。

3 功耗和解决方案尺寸

随着多频段 / 多模式基站拓扑的成熟以及从4G到未来的5G网络系统的定义更加精确，无线基础设施系统也正在向新的平台配置方式转变，这些配置方式允许以最低限度的硬件和软件更改，满足各种不同的频段或模式需求。LTC559x系列双混频器全部拥有相同的引脚布局，因此易于针对所有频段使用相同的电路板布局。

无线通信的持续增长也刺激了更小型蜂窝的使用，例如微微蜂窝和毫微微蜂窝。需要更多更小的蜂窝加上越来越多地使用远端射频头，已经对基础设施系统造成了更多限制，因此需要更高的集成度和更小的解决方案尺寸，

随着蜂窝数量的增加，功耗也变得日益重要，因为能耗成本成比例地上升了。另一方面，在远端射频头中，由于依靠被动冷却，所以热量压力成了主要问题。只是减小解决方案尺寸还不够，因为系统尺寸减小会导致功率密度提高、结温上升和潜在的组件可靠性降低问题。因此，有必要同时降低系统功耗和减小尺寸。这个目标很有挑战性，因为必须保证不影响RF性能。

过去，将两个单独的混频器整合到一个芯片上会导致2W的总体功耗。为了降低功耗，LTC5593系列混频器设计为以3.3V而不是5V运行。低压电路设计方法降低了功耗但不影响转换增益、IIP3或噪声指数性能。惟一受到较低电源电压影响的参数是输出P1dB性能，该性能参数约为10.4dBm。当驱动200Ω负载阻抗时，P1dB受IF放大器开路集电极端输出电压摆幅的限制。就需要较高P1dB的应用而言，这些混频器被专门设计成允许在IF放大器上使用5V电源。电源电压提高后，P1dB改善为13.7dBm。

(下转第68页)

(上接第76页) 如表1所示, 双混频器实现了卓越的性能, 同时在两个通道都启动时, 功耗才刚刚超过1.3W。为了进一步降低功率, 通过使用独立的使能控制, 每个通道都可以独立地按需关闭。在可以接受降低线性度要求的情况下, ISEL引脚允许用户切换至小电流模式, 以进一步降低DC功耗。

4 结论

为满足新兴5G多通道基础设施接收器的严格要求, LTC5593双无源下变频混频器提供了所需的高性能, 推进了频率升高和带宽增大。该混频器兼具高转换增益、低噪声指数和高线性度, 改善了系统总体性能, 同时低功耗和很小的解决方案尺寸满足了不断变小的基站和远端射频头越来越严格的要求。

