

# 高 IIP3 14GHz 混频器把易用性带到了微波无线电设计中

## A High IIP3 14GHz Mixer Brings Ease of Use to Microwave Radio Design

作者：Bruce Hemp 凌力尔特公司应用部门负责人  
James Wong 凌力尔特公司产品市场经理

在下一代无线接入应用中带宽将迅速拓展，以应对不断增长的互联网流量。与此同时，目前可供使用的频谱完全无法支持所需的带宽。因此，人们正在对更高的频谱进行适用性评估。有多种选项被纳入了考虑的范畴，从免执照的 5.8GHz 地面站到覆盖地球的低轨道卫星群等都在其列。提高带宽之路存在于可履行该承诺的更高和新的频率。这将需要具备改善性能的混频器。由凌力尔特推出的一款新型混频器 LTC5549 可为此项努力提供支持。

LTC5549 是一款无源双平衡混频器，其能够充当一个上变频器或下变频器。该器件具有一个 2GHz 至 14GHz 的非常宽 RF 工作频率范围。LTC5549 提供了异常高的线性度（在 5.8GHz 为 28.2dBm IIP3，而在 12GHz 则为 22.8dBm IIP3），从而改善了发送器和接收器等的动态范围。LTC5549 凭借其仅需 0dBm 驱

动功率的集成型 LO 缓冲器（因而实际上免除了增设外部高功率 LO 驱动器电路的需要）实现了高效的微波发送器和接收器设计。此外，LTC5549 还集成了一个用于 LO 信号的片内、可旁路倍频器，从而使得该器件能够在有益的场合中采用成本较低的常用低频合成器。LTC5549 运用了专为扩展 LO 和 RF 频率带宽而优化的宽带集成型平衡 - 不平衡变压器，同时实现了单端运作。而且，其 IF 端口能够支持 0.5GHz ~ 6GHz 的宽带宽。所有三个端口均为 50Ω 匹配，并具有卓越的端口至端口隔离指标，最大限度地减少了不希望 LO 泄漏，从而降低了外部滤波要求。

### 改善微波收发器性能

大多数微波混频器是采用分立式 GaAs 二极管或 FET 以混合模块的形式构建的。与此相反，LTC5549 则是采用一种非常高频的先进 SiGe

BiCMOS 工艺制作的。该器件实现了很高的集成度，内置了片内 LO 缓冲器和微波平衡 - 不平衡变压器。对单片式晶片进行了倒装并安装到一个具引线框架的纤巧型 3mm x 2mm 塑料表面贴装式封装上。免除了键合线以极大地提升器件的微波频率性能，并不会引入键合线电感。其固有的小封装再加上极少的外部电路有助于实现非常小巧的解决方案占板面积。

对于接收器而言，当存在邻近的高功率干扰时，不管它来自于带外非故意发送器源抑或是自感应（从多分区系统中的另一个发送器渗漏），较高的 IIP3 都将提升坚固性。较大动态范围接收器可提供附加的设计余量，因此在处理高障碍物时更具宽容性——这是因为随着无线电部署的日益增多，电波将随着时间的推移持续减弱。

同样，对于发送器来说，IIP3 较高（OIP3 因此也较高）的混频器有助产生较少的杂散分量，从而实现改善的频谱纯度和更好的 ACPR 性能。这对于那些采用较高阶调制的无线电设备特别有用，其能够推升至超过 1024 QAM 或更高。改善的线性有助于生成更好的构象准确度定义。此外，较高的 IIP3 还允许混频器在高输出功率下运作，因而可提供更加稳健的输出

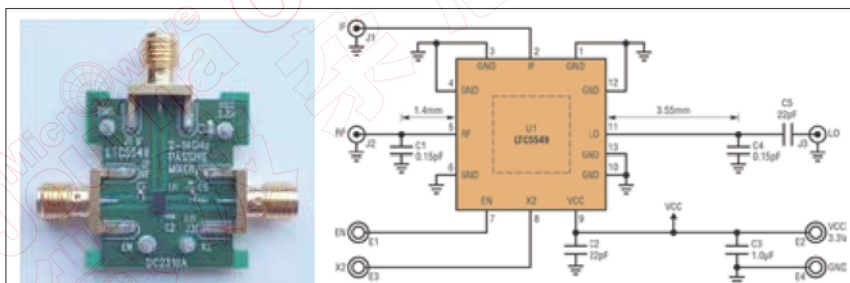


图 1. LTC5549 评估板和原理图。

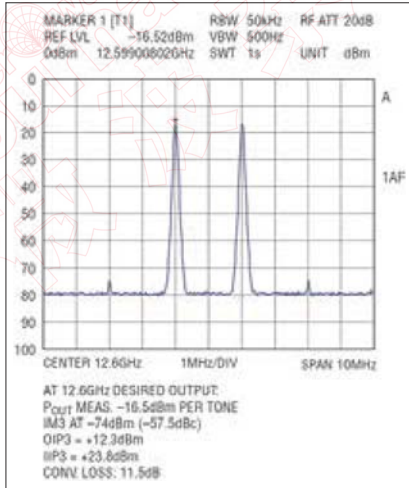


图 2. 三阶互调杂散的测量值为 -74dBm, 建议在 12.6GHz 频率条件下具有一个 +23.8dBm 的 IIP3。

功率级别。额外的设计余量有助放宽设计约束条件, 从而提供灵活性。

### 低 LO 驱动简化了设计

LTC5549 的集成型 LO 放大器实际上免除了驱动传统微波无源混频器通常所需的 +10dBm 至 +17dBm LO 放大器。于是, 其 0dBm LO 驱动使得能够直接采用一个 PLL / 合成器来驱动 LO, 并不需要进行缓冲。除了节省成本之外, 低 LO 功率所产生至 IF 或 RF 端口的 LO 泄漏天生就要低得多, 因此, 抑制与此类高功率源相关的任何带外辐射所必需的外部滤波较少。另一个好处是在 PCB 板上未布设一个高功率辐射源。这意味着可显著地节省成本, 因为它降低了 RF 抑制屏蔽的要求, 而对于许多具有这种高功率 LO 信号的设计来说, 满足此项要求是一件很麻烦的事情。

### 改善带宽

LTC5549 运用了平面平衡 - 不平衡变压器设计中正待专利审议的最新技术进展, 从而使单片式混频器能够在极宽的带宽内工作。实现

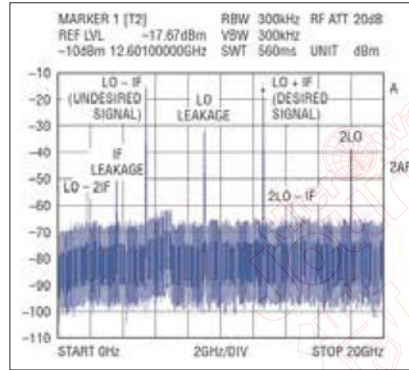


图 3. 宽带输出频谱示出了所有影响输出滤波器要求的杂散分量。

了前所未有的对称性, 产生了异常平衡的操作, 并在非常宽的带宽内获得了最优的杂散抵消和平坦的频率响应。例如: 50Ω 匹配的 RF 端口及其内置的变压器和一个 0.15pF 外部电容器在 2GHz 至 14GHz 频率范围内持续提供了优于 10dB 的回程损耗。同样, 通过在 LO 输入端上连接一个

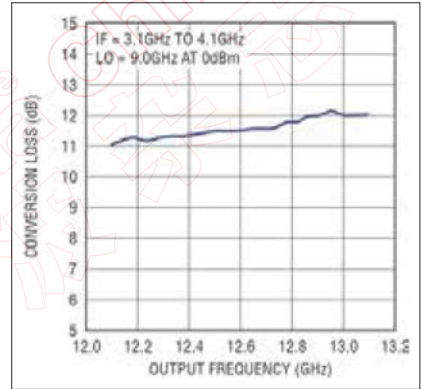


图 4. 上变频混频器的转换损耗为 12dB, 但是在 12.6GHz 载频条件下, 其在 1GHz 带宽内具有 1dB 的平坦度。

0.15pF 并联电容器和一个串联电容器, 端口在 1GHz 至 12GHz 频率范围内是 50Ω 匹配。在整个频率范围内回程损耗指标优于 10dB。

### 5G 数据速率增加, 带宽也将增加

5G 无线通信预计可提供 1Gbps

无源元件的领先制造者

成立于 1974 年

电阻  
负载  
衰减器  
宽带功分器  
宽带适配器  
热量解决方案  
分配器  
滤波器

贴片衰减器特性 DC-40GHz

- 额定功率 to 90W
- 尺寸 0402 - 3725
- 衰减变化 00-70dB
- 焊接, 环氧或接线端子
- 现货多

贴片负载 to 380W

- 特性 DC-40GHz
- 尺寸 0505 - 3725
- 阻抗 50Ω
- 焊接, 环氧或接线端子
- 货期短

特色产品

更多信息和案例请查看 [www.ims-resistors.com](http://www.ims-resistors.com)



的数据速率。为了实现这样的速度，将需要把带宽提高至 1GHz 或更高。可以肯定的是，必需开拓新的频谱。LTC5549 具有出色的带宽，可支持超过 1GHz 的平坦响应。

微波测试设备也可从 LTC5549 等紧凑型高线性度混频器获益。随着 RF 测试设备的频率不断攀升，其线性和带宽性能也必须改善，以跟上被测器件性能进步的步伐。

### 设计示例

我们来看一个把 3.6GHz 信号转换为 12.6GHz 载波的应用示例。采用了一个低压侧 LO。工作条件如下：

- IF 端口 (输入) = 3.6GHz
- RF 端口 (输出) = 12.6GHz
- LO (输入) = 9GHz (在 0dBm)
- 双音调输入，间隔 2MHz 的输入

在 IF 输入端上各为 -5dBm 性能测量采用一块 LTC5549 评估板 (图 1) 来进行。内部 2X LO 被旁路，于是采用一个干净的实验室信

号发生器直接注入一个 9GHz LO 信号。由于评估板的组件已经是宽带匹配，因此可以直接使用，无需改动 (见图 1 中的原理图)。

图 2 示出了该混频器的线性性能，在 12.6GHz 频率上对间隔 2MHz 的两个音调进行测量。测得的输出三阶互调失真杂散下降了 -57.5dBc。这对应于一个 +23.8dBm 的 IIP3。图 3 示出了 RF 输出的完整频谱曲线图。未使用外部滤波器，因此我们可以看到所有杂散分量均下降的地方。LO 泄漏在 12.6GHz 载频以下降低了大约 14dB，但是离开了 3.6GHz。所以，滤波应该不是一个大问题。最靠近的杂散实际上是 2LO-IF，其出现在距离载频 1.8GHz 之处。好消息是，其剩余功率在载频以下优于 -40dBc。

在 12.6GHz，该混频器的输出于 1GHz 带宽内表现出 1dB 的平坦度 (见图 4)，可支持下一代的宽带无线设备。■

## Qorvo 推出四款高度集成的多工器解决方案

Qorvo 公司推出四款多工器解决方案采用公司专有的 LowDrift BAW 滤波器技术，提供良好的插入损耗和收发通道的高度交叉隔离性能，优化了接收灵敏度，延长了智能手机的电池寿命。高性能滤波器满足或超过日益严苛的技术要求，如收发频段的狭窄缝隙，确保温度性能一致性，提升射频前端的性能。

QM25005 多工器用于 FDD-LTE 频段 1 和 3，尺寸为 3.0 × 2.0 mm，产品启用下行链路 CA，兼容 LTE 芯片组，性能经优化，改进插入损耗、高隔离度、接收灵敏度和覆盖范围。

QM25001、QM25011 和 QM25012 用于 TDD-LTE 频段 39 和 41，QM25001 采用 2.5 × 2.0 mm 尺寸，设计用于全球智能手机，支持全球范围所使用的全频段 41 频谱。QM25011 和 QM25012 设计用于中国国内智能手机市场，针对中国的频段 41 窄带配置进行了优化。QM25011 包括初级收发滤波器，1.7 × 1.3 mm 封装，互补性 QM25012 提供多样性接收滤波器，尺寸仅 1.5 × 1.1 mm。两款产品在分立元件方面均达到节省空间至少 60% 的优势。

## 产品到解决方案

### RF 产品

Ducommun 有超过 45 年设计、测试和制造同轴开关和集成系统的经验。



#### 同轴开关

- 400 MHz 至 8 GHz
- 低插入损耗
- 高隔离
- 适用于所有热真空室



#### 手动控制

- DC 至 18 GHz
- 提供 SPDT、DPDT、多掷类型
- 非常适合实验室测试



#### 超宽带固态开关

- SP1T 至 SP8T
- 隔离：  
反射式：最小 25 dB  
吸收式：最小 40 dB
- 完整的固态解决方案
- 0.05 GHz 至 67 GHz



欲了解更多信息，  
请联系我们的销售团队

+1 (310) 513-7256  
rfsales@ducommun.com  
微信 ID: rfsalesducommun

联系方式