

1.3GHz 至 2.3GHz 高线性度 上变频混频器

特点

- 宽 RF 输出频率范围：1.3GHz 至 2.3GHz
- 在 1.9GHz 的典型输入 IP3 为 15.9dBm
- 片上 RF 输出变压器
- 无需外部 LO 或 RF 匹配
- 单端 LO 和 RF 操作
- 集成 LO 缓冲器：-5dBm 驱动电平
- 低 LO 至 RF 漏泄：-41dBm (典型值)
- 宽 IF 频率范围：DC 至 400MHz
- 在关断状态时具低漏电流的使能功能
- 单 5V 电源
- 小外形 16 引脚 QFN 塑料封装

应用

- 无线基础设施
- 电缆下行链路基础设施
- 点对点数据通信
- 高线性度频率变换

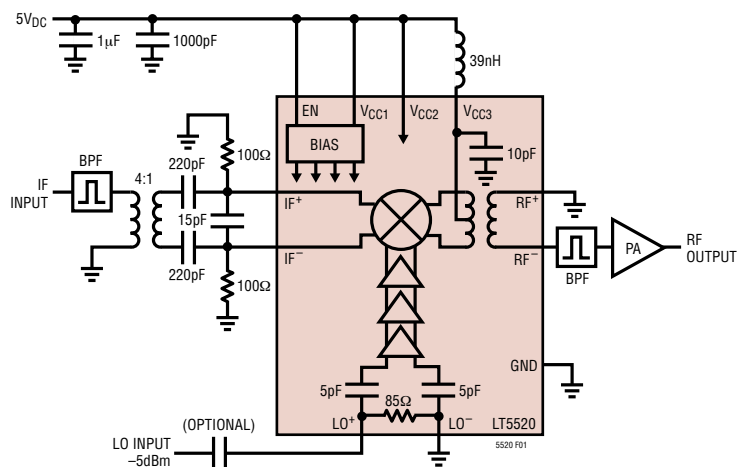
描述

LT[®]5520 混频器专为满足无线和电缆基础设施传输应用的高线性度要求而设计。一个高速、内部匹配的 LO 放大器用于驱动一个双平衡混频器内核，因而允许采用一个低功率、单端 LO 信号源。该器件集成了一个 RF 输出变压器，从而免除了在 RF 输出端上增设外部匹配元件的需要，并减少了系统成本、元件数目、电路板占用面积和系统级偏差。IF 端口能够容易地与诸多频率相匹配，以满足各种应用的需要。

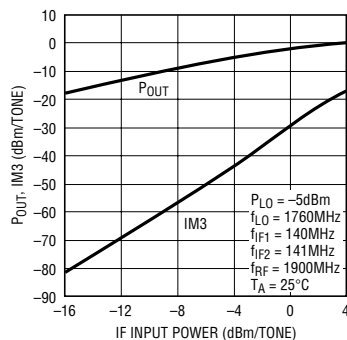
当 IF 输入信号电平为 -10dBm 时，LT5520 混频器可在 1.9GHz 频率条件下提供 15.9dBm 的典型输入三阶截取点。输入 1dB 压缩点通常为 4dBm。该 IC 仅需一个单 5V 电源。

LT[®]、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。

典型应用



RF 输出功率和输出 IM3 与 IF 输入功率的关系曲线 (两个输入音调)



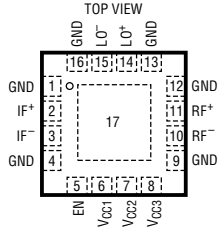
5520 • F01b

图 1：无线基础设施发送器中的频率变换

绝对最大额定值 (注1)

电源电压	5.5V
使能电压	-0.3V 至 ($V_{CC} + 0.3V$)
LO 输入功率 (差分)	10dBm
RF ⁺ 至 RF ⁻ 差分 DC 电压	$\pm 0.13V$
RF 输出 DC 共模电压	-1V 至 V_{CC}
IF 输入功率 (差分)	10dBm
IF ⁺ , IF ⁻ DC 电流	25mA
LO ⁺ 至 LO ⁻ 差分 DC 电压	$\pm 1V$
LO 输入 DC 共模电压	-1V 至 V_{CC}
工作温度范围	-40°C 至 85°C
贮存温度范围	-65°C 至 125°C
结温 (T _J)	125°C

封装 / 订购信息

 TOP VIEW 16-LEAD (4mm × 4mm) PLASTIC QFN EXPOSED PAD IS GND (PIN 17). MUST BE SOLDERED TO PCB $T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 37^{\circ}C/W$	产品型号
	LT5520EUF
	UF 器件标记
	5520

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌特公司。

电特性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
IF 输入频率范围		DC 至 400			MHz
LO 输入频率范围		900 至 2700			MHz
RF 输出频率范围		1300 至 2300			MHz

1900MHz 应用：V_{CC} = 5V_{DC}，EN = 高电平，T_A = 25°C，IF 输入 = 140MHz (在 -10dBm)，LO 输入 = 1.76GHz (在 -5dBm)，RF 输出在 1900MHz 频率上进行测量，除非特别注明。测试电路示于图 2。(注 2，3)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
IF 输入回程损耗	Z ₀ = 50Ω，采用外部匹配	20			dB
LO 输入回程损耗	Z ₀ = 50Ω	16			dB
RF 输出回程损耗	Z ₀ = 50Ω	20			dB
LO 输入功率		-10 至 0			dBm
转换增益		-1			dB
输入三阶截取	-10dBm/音，Δf = 1MHz	15.9			dBm
输入二阶截取	-10dBm，单音	45			dBm
LO 至 RF 漏泄		-41			dBm
LO 至 IF 漏泄		-35			dBm
输入 1dB 压缩		4			dBm
IF 共模电压	在内部施加偏压	1.77			V _{DC}
噪声指数	单边带	15			dB

DC 电特性

(测试电路示于图 2) V_{CC} = 5V_{DC}，EN = 高电平，T_A = 25°C (注 3)，除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
使能 (EN) 低电平 = 关断，高电平 = 接通					
接通时间 (注 4)		2			ms
关断时间 (注 4)		6			μs
输入电流	V _{ENABLE} = 5V _{DC}	1		10	μA

DC 电 特 性

(测试电路示于图 2) $V_{CC} = 5V_{DC}$, $EN = \text{高电平}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (注 3), 除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
使能 = 高电平 (接通)		3			V_{DC}
使能 = 低电平 (关断)				0.5	V_{DC}
电源要求 (V_{CC})					
电源电压			4.5 至 5.25		V_{DC}
电源电流	$V_{CC} = 5V_{DC}$		60	70	mA
停机电流	$EN = \text{低电平}$		1	100	μA

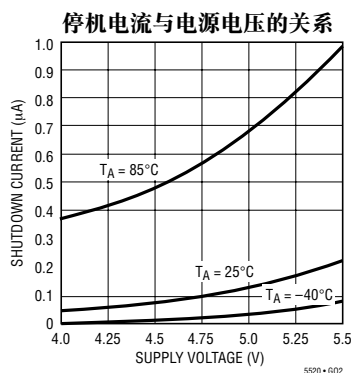
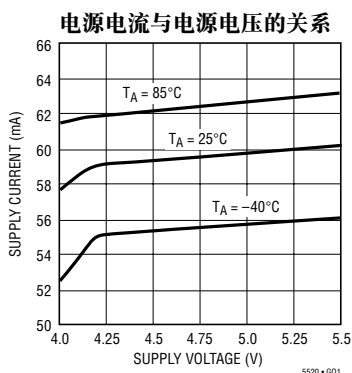
注 1: 绝对最大额定值是指超出该值则器件的使用寿命有可能受损。

注 2: 最终测试电路上的外部元件专门针对 $f_{RF} = 1900\text{MHz}$ 、 $f_{LO} = 1.76\text{GHz}$ 和 $f_{IF} = 140\text{MHz}$ 频率条件下的操作进行了优化。

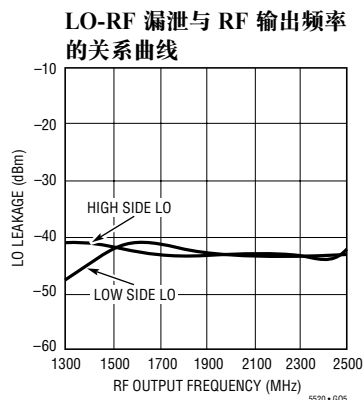
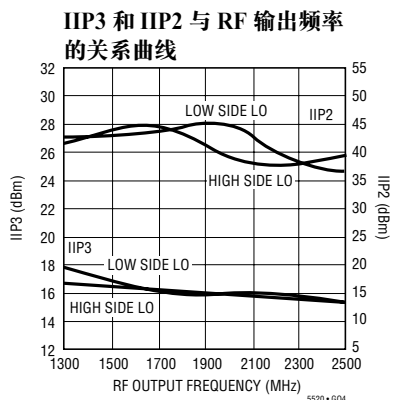
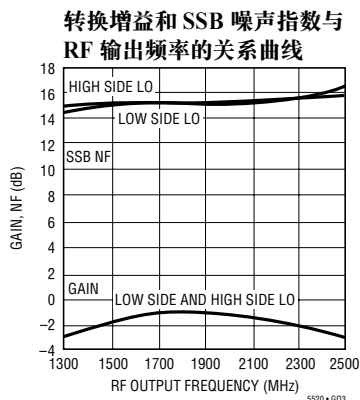
注 3: -40°C 至 85°C 工作温度范围内的指标通过设计、特征和统计过程控制中的相关性来保证。

注 4: 接通和关断时间基于从满功率至 -40dBm 的 RF 输出包络的上升和下降时间以及一个 -10dBm 的 IF 输入功率。

典型性能特征 (测试电路示于图 2)



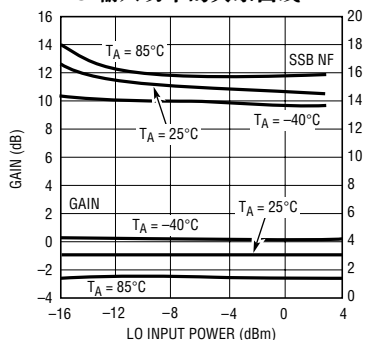
$V_{CC} = 5V_{DC}$, $EN = \text{高电平}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, IF 输入 = 140MHz (在 -10dBm), LO 输入 = 1.76GHz (在 -5dBm), RF 输出在 1900MHz 频率条件下进行测量, 除非特别注明。对于双音输入: 第二个 RF 输入 = 141MHz (在 -10dBm)。(测试电路示于图 2。)



典型性能特征

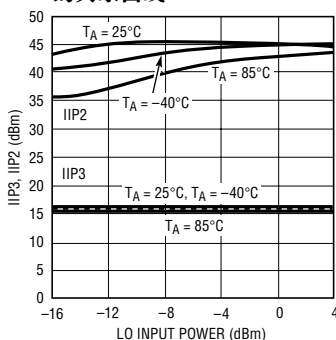
$V_{CC} = 5V_{DC}$, EN = 高电平, $T_A = 25^\circ\text{C}$, IF 输入 = 140MHz (在 -10dBm), LO 输入 = 1.76GHz (在 -5dBm), RF 输出在 1900MHz 频率条件下进行测量, 除非特别注明。对于双音输入: 第二个 IF 输入 = 141MHz (在 -10dBm)。(测试电路示于图 2。)

转换增益和 SSB 噪声指数与 LO 输入功率的关系曲线



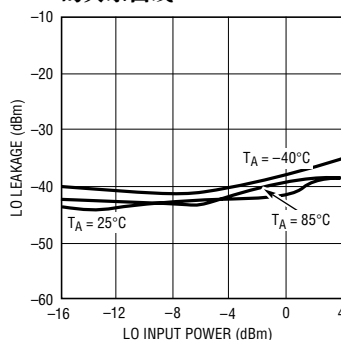
5520 • G06

IIP3 和 IIP2 与 LO 输入功率的关系曲线



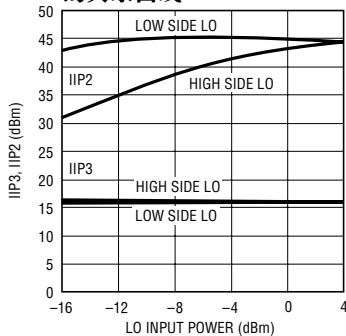
5520 • G07

LO-RF 漏泄与 LO 输入功率的关系曲线



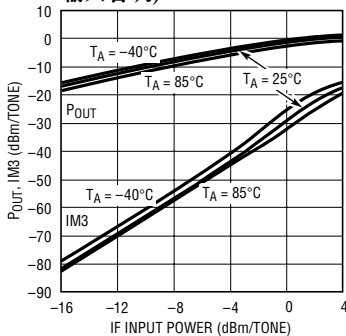
5520 • G08

IIP3 和 IIP2 与 LO 输入功率的关系曲线



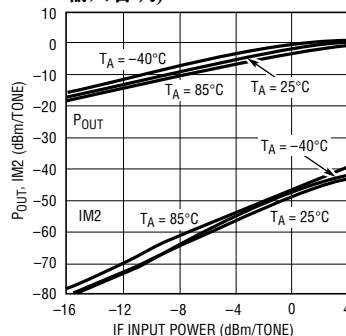
5520 • G09

RF 输出功率和输出 IM3 与 IF 输入功率的关系曲线(两个输入音调)



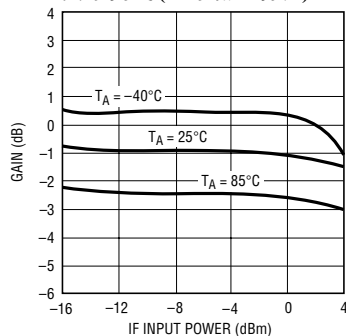
5520 • G10

RF 输出功率和输出 IM2 与 IF 输入功率的关系曲线(两个输入音调)



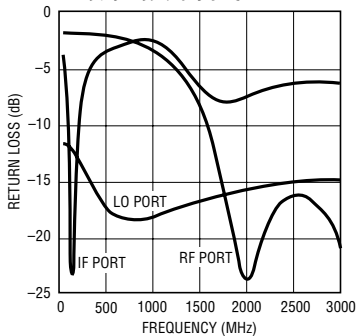
5520 • G11

转换增益与 IF 输入功率的关系曲线(一个输入音调)



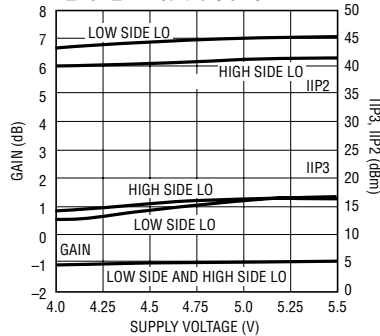
5520 • G12

IF、LO 和 RF 端口回程损耗与频率的关系曲线



5520 • G13

转换增益、IIP3 和 IIP2 与电源电压的关系曲线



5520 • G14

引脚功能

GND(引脚1、4、9、12、13、16)：内部地。这些引脚被用来改善隔离而非用作 IC 的 DC 或 RF 地。将这些引脚连接至低阻抗地以实现最佳性能。

IF⁺、IF⁻(引脚2、3)：差分 IF 信号输入。必须通过 DC 隔离电容器来把一个差分信号加至这些引脚。这两个引脚必须通过 100Ω 电阻器接地(每个地都必须能够吸收约 18mA 的电流)。为了获得最佳的 LO 漏泄性能,这些引脚彼此之间应进行 DC 隔离。需要进行阻抗变换以使 IF 输入与期望的源阻抗(通常为 50Ω 或 75Ω)相匹配。

EN(引脚5)：使能引脚。当所加的电压高于 3V 时, IC 被使能。当所加的电压低于 0.5V 时, IC 失效且 DC 电流降至 1μA 左右。

V_{CC1}(引脚6)：用于偏置电路的电源引脚。典型消耗电流约为 2mA。该引脚应在外部连接至 V_{CC} 并具有合适的 RF 旁路电容器。

V_{CC2}(引脚7)：用于 LO 缓冲器电路的电源引脚。典型消耗电流约为 22mA。如图 2 所示, 该引脚应具有合适的 RF 旁路电容器。该 1000pF 电容器应布设在

尽可能靠近器件引脚的地方。

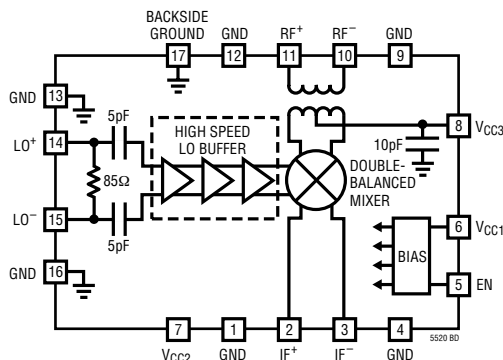
V_{CC3}(引脚8)：用于内部混频器的电源引脚。典型消耗电流约为 36mA。该引脚应通过一个电感器在外部连接至 V_{CC}。在图 2 中, 采用了一个 39nH 的电感器, 不过, 电感值并不是至关重要的。

RF⁻、RF⁺(引脚10、11)：差分 RF 输出。一个引脚可以被 DC 连接至一个低阻抗地以实现一个 50Ω 单端输出。无需采用外部匹配元件。在这些引脚的两端不应施加 DC 电压, 因为它们在内部是通过一个变压器绕组进行连接的。

LO⁺、LO⁻(引脚14、15)：差分本机振荡器输入。LT5520 可与一个用于驱动连接至低阻抗地的 LO⁺ 引脚和 LO⁻ 引脚的单端信号源很好地配合使用。无需采用外部匹配元件。在这些引脚上跨接了一个内部电阻器; 于是, 在输入端上不应施加 DC 电压。

GROUND(引脚17, 裸露衬垫)：用于整个 IC 的 DC 和 RF 地返回端。该引脚必须焊接至印刷电路板的低阻抗接地平面。

方框图



测试电路

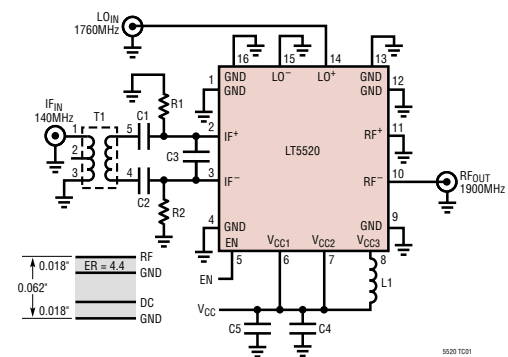


图 2：用于 LT5520 的测试电路示意图

参考指示符	数值	规格	产品型号
C1 , C2	220pF	0402	AVX04023C221KAT2A
C3	15pF	0402	AVX04023A150KAT2A
C4	1000pF	0402	AVX04023A102KAT2A
C5	1μF	0603	Taiyo Yuden LMK107BJ105MA
L1	39nH	0402	Toko LL1005-FH39NJ
R1 , R2	100Ω , 0.1%	0603	IRC PFC-W0603R-03-10R1-B
T1	4:1	SM-22	M/A-COM ETC4-1-2

应用信息

LT5520 包括一个双平衡混频器、一个高性能 LO 缓冲器以及偏置/使能电路。可对 RF 和 LO 端口进行差分驱动；然而，它们准备通过将每对输入中的一个连接至地来在单端模式中使用。必须对 IF 输入端口与信号源进行 DC 隔离并实施差分驱动。对于期望的输入频率，IF 输入的阻抗应该是匹配的。LO 输入具有一个内部宽带 50Ω 匹配阻抗，而且回程损耗在高至 3000MHz 的频率条件下优于 10dB。RF 输出频带范围为 1300MHz 至 2300MHz，并由一个内部 RF 变压器在该频段上提供一个 50Ω 的阻抗匹配。可采用低压侧或高压侧 LO 注入。

IF 输入端口

如图 3 所示，IF 输入与双平衡混频器晶体管的发射极相连。在内部对这些引脚施加偏压，而且，必须在每个 IF 引脚与地之间连接一个外部电阻器，以设定流经混频器内核的电流。该电路专为与 100Ω 电阻器配合使用而进行了优化，这将在每一侧产生约 18mA 的 DC 电流。为了获得最佳的 LO 漏泄性

能，电阻器应精确匹配；因此建议使用容限为 0.1% 的电阻器。如果 LO 漏泄不是您关注的重点，则可采用容限宽松一些的电阻器。布局的对称性对于实现最优的 LO 隔离也是很重要的。

图 3 中示出的电容器 C1 和 C2 起两个作用。它们可在 IF+ 和 IF- 端口之间提供 DC 隔离，从而避免导致在 LO 漏泄产生的不可预测变动的 DC 干扰。它们还通过消除封装和变压器中的过量电感而使阻抗匹配得以改善。用于在期望频率 f 上实现阻抗匹配所需的输入电容器数值可由下式估算：

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{(2\pi f)^2 (L_{IN} + L_{EXT})}$$

其中，f 的单位为 Hz，L_{IN} 和 L_{EXT} 的单位为 H，C1 和 C2 的单位为法拉 (F)。L_{IN} 为 LT5520 的差分输入电感，约为 1.67nH。L_{EXT} 代表外部差分元件和传输线路的组合电感。对于图 10 所示的评估电路板，L_{EXT} = 4.21nH。于是，当 f = 140MHz 时，由上式得出 C1 = C2 = 220pF。

应用信息

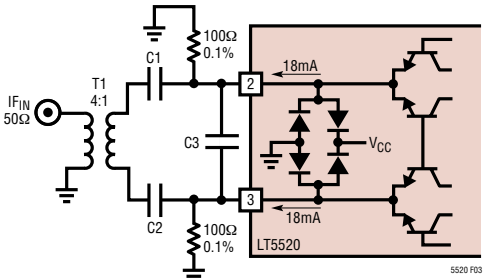


图 3：采用外部匹配的 IF 输入

表 1 罗列了针对多种频率的差分 IF 输入阻抗和反射系数。可以采用一个 4：1 平衡-不平衡变压器来对高达 50Ω 左右的阻抗进行变换。

表 1：IF 输入差分阻抗

频率 (MHz)	差分输入 阻抗	差分 S11	
		大小	角度
10	10.1 + j0.117	0.663	180
44	10.1 + j0.476	0.663	179
70	10.1 + j0.751	0.663	178
140	10.2 + j1.47	0.663	177
170	10.2 + j1.78	0.663	176
240	10.2 + j2.53	0.663	174
360	10.2 + j3.81	0.663	171
500	10.2 + j5.31	0.663	167

LO 输入端口

LO 缓冲器输入的简化电路示于图 4。LO 缓冲器放大器由专为驱动四路混频器而优化的高速限幅差分放大器组成，旨在实现高线性度。可对 LO⁺ 和 LO⁻ 端口进行差分驱动；然而，它们是准备以一个单端信号源来驱动的。一个跨接在 LO⁺ 和 LO⁻ 输入端上的内部电阻器可提供 50Ω 阻抗匹配。由于阻性匹配的缘故，建议不要在 LO 输入端上施加一个 DC 电压。如果未对 LO 信号源输出进行 AC 耦合，则应在 LO 输入端上采用一个 DC 隔离电容器。

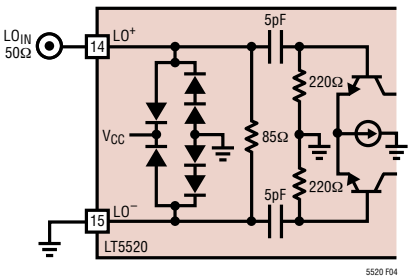


图 4：LO 输入电路

虽然 LO 输入在内部进行了 50Ω 匹配处理，但在某些场合 (尤其是在较高的频率条件下或者采用不同的源阻抗时) 有可能需要进一步优化的匹配性能。表 2 列出了在此类应用场合中，LO 输入的单端输入阻抗和反射系数与频率的相互关系。

表 2：单端 LO 输入阻抗

频率 (MHz)	输入 阻抗	S11	
		大小	角度
1300	62.8 – j9.14	0.139	–30.9
1500	62.2 – j11.4	0.148	–37.1
1700	61.5 – j13.4	0.157	–42.4
1900	60.0 – j15.2	0.164	–48.9
2100	58.4 – j16.9	0.172	–54.7
2300	56.5 – j17.9	0.176	–60.4
2500	54.9 – j18.8	0.182	–65.1
2700	53.7 – j18.8	0.182	–68.5

RF 输出端口

图 5 中示出的一个内部 RF 变压器可减小混频器内核阻抗，以便在 RF⁺ 和 RF⁻ 引脚两端提供一个 50Ω 阻抗。LT5520 是在针对单端操作来配置输出的情况下进行设计和测试的，如图 5 所示；然而，也可采用差分输出。变压器的一个中心抽头可提供至混频器内核的 DC 连接，而且，变压器可在 RF 输出端上提供 DC 隔离。RF⁺ 和 RF⁻ 引脚通过变压器的副端绕组连接在一起，故而不应在这些引脚两端施加一个 DC 电压。

应用信息

表 3 所列的 RF 输出阻抗数据可以被用来构建针对不同负载阻抗的匹配网络。

表 3：单端 RF 输出阻抗

频率 (MHz)	输入 阻抗	S11	
		大小	角度
1300	26.9 + j38.2	0.520	94.7
1500	44.2 + j35.7	0.359	78.4
1700	53.9 + j20.6	0.198	68.0
1900	49.5 + j7.97	0.080	88.9
2100	42.8 + j4.14	0.089	148
2300	38.9 + j5.41	0.139	151
2500	38.7 + j7.78	0.154	140
2700	41.1 - j9.51	0.142	127

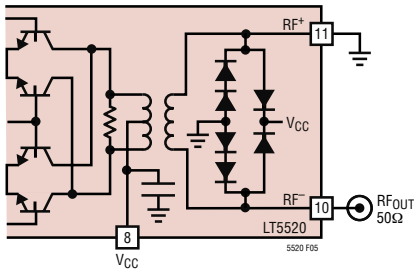


图 5：RF 输出电路

不同输入频率条件下的操作

在图 10 所示的评估电路板上，通过改变输入电容器 C1 和 C2 的电容值即可容易地使 LT5520 的输入与不同的频率相匹配。表 4 列出了在选定频率上使用的一些实际电容值。

表 4：输入电容器电容值与频率的相互关系

频率 (MHz)	电容 (C1、C2) (pF)
70	820
140	220
240	68
480	18
650	12

性能的评估是在针对表 4 所列的每一种频率来调整输入的条件下进行的，评估结果示于图 6 至图 8。所有的测量均采用了相同的 IF 输入平衡-不平衡变压器。在每种场合中都对 LO 输入频率进行了调节，以便维持一个 1900MHz 的 RF 输出频率。

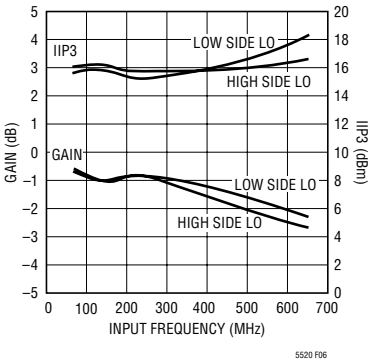


图 6：转换增益和 IIP3 与调谐 IF 输入频率的关系曲线

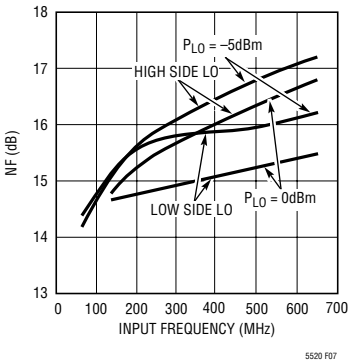


图 7：SSB 噪声指数与调谐 IF 输入频率的关系曲线

应用信息

图 6 至图 8 示出了在同时采用高压侧和低压侧 LO 注入的情况下性能与调谐 IF 输入频率的关系曲线。图 6 给出的是实测的转换增益和 IIP3。 -5dBm 和 0dBm LO 功率电平条件下的噪声指数绘于图 7。在较低的输入频率条件下，LO 功率电平对噪声指数几乎没有影响。然而，对于较高的频率，可通过增加 LO 驱动电平来实现更加优良的噪声指数。单音 IIP2 工作特性示于图 8。

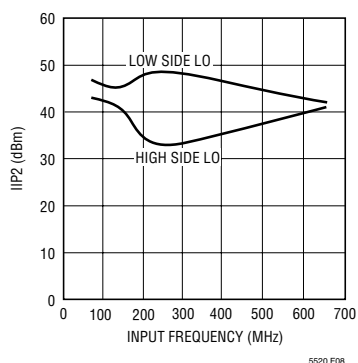


图 8：IIP2 与调谐 IF 输入频率的关系曲线

RF 输出端的低频匹配

LT5520 的内部变压器可在 RF 输出端上未采用任何外部元件的情况下为高于约 1600MHz 的 RF 频率提供一个优良的 50Ω 阻抗匹配。在低于 1600MHz 的频率上，回程损耗降至 10dB 以下，并使转换增益下降。增设一个与 RF 输出串联的 3.3pF 电容器可改善较低 RF 频率上的匹配性能，从而将 10dB 的回程损耗点移至 1300MHz 左右，如图 9 所示。这一改变还导致了转换增益的提高，见图 9。

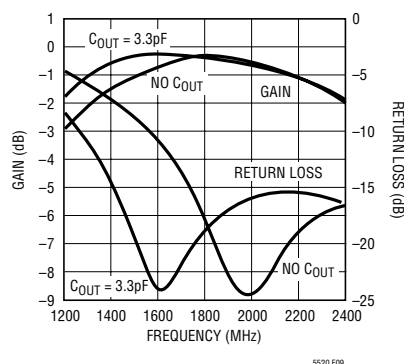
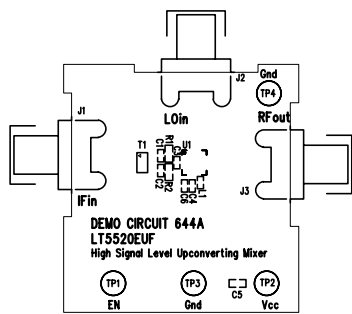
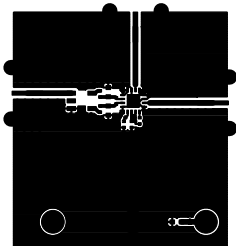


图 9：转换增益和回程损耗与输出频率的关系曲线



(10b) 顶层丝网

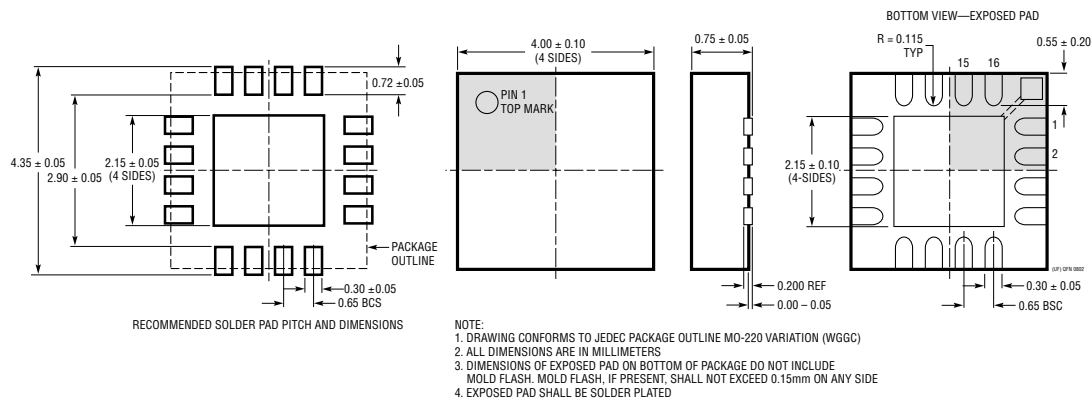


(10b) 顶层金属

图 10：评估电路板布局

封装描述

UF 封装
16 引脚塑料 QFN (4mm×4mm)
(参考 LTC DWG # 05-08-1692)



相关器件

器件型号	描述	备注
基础设施		
LT5511	高信号电平上变频混频器	RF 输出至 3GHz，17dBm IIP3，集成 LO 缓冲器
LT5512	DC-3GHz 高信号电平下变频混频器	RF 输入至 3GHz，20dBm IIP3，集成 LO 缓冲器
LT5515	1.5GHz 至 2.5GHz 直接转换正交解调器	20dBm IIP3，集成 LO 正交发生器
LT5516	0.8GHz 至 1.5GHz 直接转换正交解调器	21.5dBm IIP3，集成 LO 正交发生器
LT5522	600MHz 至 2.7GHz 高信号电平下变频混频器	4.5V 至 5.25V 电源，25dBm IIP3 (900MHz 频率条件下)，NF = 12.5dB，50Ω 单端 RF 和 LO 端口
RF 功率检波器		
LT5504	800MHz 至 2.7GHz RF 测量接收器	80dB 动态范围，温度补偿，2.7V 至 6V 电源
LTC5505	动态范围 > 40dB 的 RF 功率检波器	300MHz 至 3GHz，温度补偿，2.7V 至 5.5V 电源
LTC5507	100kHz 至 1000MHz RF 功率检波器	300MHz 至 3GHz，温度补偿，2.7V 至 5.5V 电源
LTC5508	300MHz 至 7GHz RF 功率检波器	44dB 动态范围，温度补偿，SC70 封装
LTC5509	300MHz 至 3GHz RF 功率检波器	36dB 动态范围，温度补偿，SC70 封装
LTC5532	300MHz 至 7GHz 精准 RF 功率检波器	精准的 V _{OUT} 偏移控制，可调增益和偏移
RF 接收器单元式部件		
LT5500	1.8GHz 至 2.7GHz 接收器前端	1.8V 至 5.25V 电源，双增益 LNA，混频器 LO 缓冲器
LT5502	具有 RSSI 的 400MHz 正交 IF 解调器	1.8V 至 5.25V 电源，70MHz 至 400MHz IF，84dB 限幅增益，90dB RSSI 范围
LT5503	1.2GHz 至 2.7GHz 直接 IQ 调制器和上变频混频器	1.8V 至 5.25V 电源，4 级 RF 功率控制，120MHz 调制带宽
LT5506	具有 VGA 的 500MHz 正交 IF 解调器	1.8V 至 5.25V 电源，40MHz 至 500MHz IF，-4dB 至 57dB 线性功率增益，8.8MHz 基带带宽
LT5546	具有 VGA 和 17MHz 基带带宽的 500MHz 正交 IF 解调器	1.8V 至 5.25V 电源，40MHz 至 500MHz IF，-7dB 至 56dB 线性功率增益