

400MHz 至 3.8GHz 3.3V 高信号电平下变频混频器

特点

- 3.3V 工作电压以降低功耗
- 50Ω 单端 RF 和 LO 端口
- 宽 RF 频率范围：400MHz 至 3.8GHz*
- 高输入 IP3：25.6dBm (在 900MHz)
24.7dBm (在 1950MHz)
23.7dBm (在 2.6GHz)
- 转换增益：3.3dB (在 900MHz)
2.9dB (在 1950MHz)
- -3dBm LO 驱动电平
- 低 LO 泄漏
- 低噪声系数：10.6dB (在 900MHz)
11.7dB (在 1950MHz)
- 极少的外部元件
- 16 引脚 (4mm × 4mm) QFN 封装

应用

- 蜂窝、CDMA、WCDMA、TD-SCDMA 和 UMTS 基础设施
- WiMAX
- 无线基础设施接收机
- 无线基础设施 PA 线性化
- 900MHz / 2.4GHz / 3.5GHz WLAN

描述

LT[®]5557 有源混频器专为高线性度、宽动态范围下变频器应用而优化。该 IC 包括一个用于驱动双平衡混频器的高速差分 LO 缓冲放大器。RF 和 LO 输入端上的宽带、集成变压器负责提供单端 50Ω 接口。差分 IF 输出可提供至差分 IF 滤波器和放大器的便利连接，也可轻松地实现匹配以驱动 50Ω 单端负载 (采用或不采用外部变压器均可)。

RF 输入在 1.6GHz 至 2.3GHz 频率范围内进行了至 50Ω 的内部匹配处理，而 LO 输入则在 1GHz 至 5GHz 频率范围内进行了至 50Ω 的内部匹配处理。利用简单的外部匹配处理即可轻松实现两个端口的频率范围扩展。IF 输出进行了部分匹配处理，并可用于高达 600MHz 的 IF 频率。

LT5557 的高集成度最大限度地减少了总体解决方案的成本、电路板占用空间和系统级偏差。

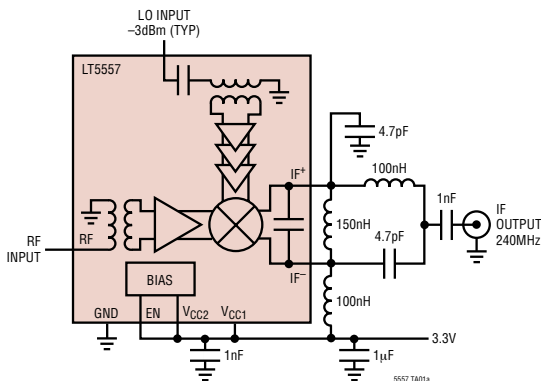
LT、LT、LTC 和 LTM 是凌力尔特公司的注册商标。

所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

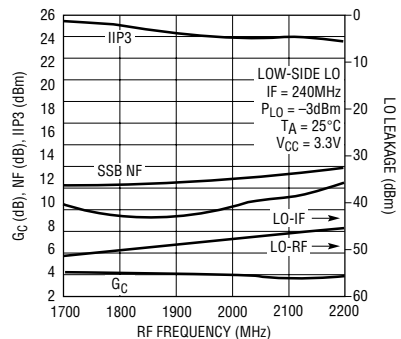
* 可在一个更宽的频率范围内工作，但器件性能有所下降。请咨询凌力尔特公司以获得相关的信息和帮助。

典型应用

用于多载波无线基础设施的高信号电平下变频混频器



转换增益、IIP3、SSB NF 和 LO 泄漏与 RF 频率的关系曲线



绝对最大额定值 (注1)

电源电压 (V_{CC1} , V_{CC2} , IF^+ , IF^-)	4V
使能电压	-0.3V 至 $V_{CC} + 0.3V$
LO 输入功率 (380MHz 至 4.2GHz)	+10dBm
LO 输入 DC 电压	-1V 至 $V_{CC} + 1V$
RF 输入功率 (400MHz 至 3.8GHz)	+12dBm
RF 输入 DC 电压	$\pm 0.1V$
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

警告：该器件对静电放电 (ESD) 很敏感。在使用 LT5575 时，应遵守正确的 ESD 防范措施，这一点非常重要。

封装/订购信息

<p>TOP VIEW</p> <p>16-LEAD (4mm x 4mm) PLASTIC QFN</p> <p>$T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 37^{\circ}C/W$ EXPOSED PAD (PIN 17) IS GND MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	产品型号
	LT5557EUF#PBF
	UF 器件标记
	5557
订购选项 卷带：加 #TR 无铅型器件标记： http://www.linear.com/leadfree/	

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌力尔特公司。

DC 电特性

$V_{CC} = 3.3V$ ，EN = 高电平， $T_A = 25^{\circ}C$ ，除非特别注明。测试电路示于图 1。(注 3)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源要求 (V_{CC})					
电源电压		2.9	3.3	3.9	V
电源电流	V_{CC1} (引脚 7)		25.1		mA
	V_{CC2} (引脚 6)		3.3		mA
	$IF^+ + IF^-$ (引脚 11 + 引脚 10)		53.2	60	mA
	总电源电流		81.6	92	mA
使能 (EN) 低电平 = 关断，高电平 = 接通					
停机电流	EN = 低电平			100	μA
输入高电压 (接通)		2.7			V
输入低电压 (关断)				0.3	V
EN 引脚输入电流	EN = 3.3V DC		53	90	μA
接通时间			2.8		μs
关断时间			2.9		μs

AC 电特性 测试电路示于图 1。(注 2、3)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
RF 输入频率范围	无外部匹配 (中频段)		1600 至 2300		MHz
	采用外部匹配 (低频段或高频段)	400		3800	MHz
LO 输入频率范围	无外部匹配		1000 至 4200		MHz
	采用外部匹配	380			MHz
IF 输出频率范围	需要合适的 IF 匹配		0.1 至 600		MHz
RF 输入回程损耗	$Z_0 = 50\Omega$, 1600MHz 至 2300MHz (无外部匹配)		>12		dB
LO 输入回程损耗	$Z_0 = 50\Omega$, 1000MHz 至 5000MHz (无外部匹配)		>10		dB
IF 输出阻抗	在 240MHz 频率条件下为差分型		529 Ω 2.6pF		R C
LO 输入功率	1200MHz 至 4200MHz	-8	-3	2	dBm
	380MHz 至 1200MHz	-5	0	5	dBm

AC 电特性 标准下变频混频器应用: $V_{CC} = 3.3V$, $EN =$ 高电平, $T_A = 25^\circ C$ 。 $P_{RF} = -6dBm$ (对于双音 IIP3 测试为 $-6dBm/音$, $\Delta f = 1MHz$), $f_{LO} = f_{RF} - f_{IF}$, $P_{LO} = -3dBm$ (对于 450MHz 和 900MHz 测试为 $0dBm$), 在 240MHz 条件下进行 IF 输出测量, 除非特别注明。测试电路示于图 1。(注 2, 3, 4)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
转换增益	RF = 450MHz, IF = 70MHz, 高压侧 LO		2.9		dB
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		3.3		dB
	RF = 1750MHz		3.0		dB
	RF = 1950MHz		2.9		dB
	RF = 2150MHz		2.9		dB
	RF = 2600MHz, IF = 360MHz		2.5		dB
	RF = 3600MHz, IF = 450MHz		1.7		dB
转换增益和温度的相互关系	$T_A = -40^\circ C$ 至 $85^\circ C$, RF = 1950MHz		-0.0217		dB/ $^\circ C$
输入三阶截取	RF = 450MHz, IF = 70MHz, 高压侧 LO		24.1		dBm
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		25.6		dBm
	RF = 1750MHz		25.5		dBm
	RF = 1950MHz		24.7		dBm
	RF = 2150MHz		24.3		dBm
	RF = 2600MHz, IF = 360MHz		23.7		dBm
	RF = 3600MHz, IF = 450MHz		23.5		dBm
单边带噪声系数	RF = 450MHz, IF = 70MHz, 高压侧 LO		12.7		dB
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		10.6		dB
	RF = 1750MHz		11.3		dB
	RF = 1950MHz		11.7		dB
	RF = 2150MHz		12.8		dB
	RF = 2600MHz, IF = 360MHz		13.2		dB
	RF = 3600MHz, IF = 450MHz		15.4		dB
LO 至 RF 泄漏	$f_{LO} = 380MHz$ 至 $1600MHz$		<-50		dBm
	$f_{LO} = 1600MHz$ 至 $4000MHz$		<-45		dBm
LO 至 IF 泄漏	$f_{LO} = 380MHz$ 至 $2200MHz$		<-42		dBm
	$f_{LO} = 2200MHz$ 至 $4000MHz$		<-38		dBm
RF 至 LO 隔离度	$f_{RF} = 400MHz$ 至 $1700MHz$		>50		dB
	$f_{RF} = 1700MHz$ 至 $3800MHz$		>42		dB
RF 至 IF 隔离度	$f_{RF} = 400MHz$ 至 $2300MHz$		>41		dB
	$f_{RF} = 2300MHz$ 至 $3800MHz$		>37		dB
2RF-2LO 输出寄生干扰分量 ($f_{RF} = f_{LO} + f_{IF}/2$)	900MHz: $f_{RF} = 830MHz$ (在 $-6dBm$), $f_{IF} = 140MHz$		-61		dBc
	1950MHz: $f_{RF} = 1830MHz$ (在 $-6dBm$), $f_{IF} = 240MHz$		-53		dBc
3RF-3LO 输出寄生干扰分量 ($f_{RF} = f_{LO} + f_{IF}/3$)	900MHz: $f_{RF} = 806.67MHz$ (在 $-6dBm$), $f_{IF} = 140MHz$		-83		dBc
	1950MHz: $f_{RF} = 1790MHz$ (在 $-6dBm$), $f_{IF} = 240MHz$		-70		dBc
输入 1dB 压缩	RF = 450MHz, IF = 70MHz, 高压侧 LO		10.0		dBm
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		8.8		dBm
	RF = 1950MHz		8.8		dBm
	RF = 2600MHz, IF = 360MHz		8.6		dBm
	RF = 3600MHz, IF = 450MHz		9.1		dBm

注 1: 高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

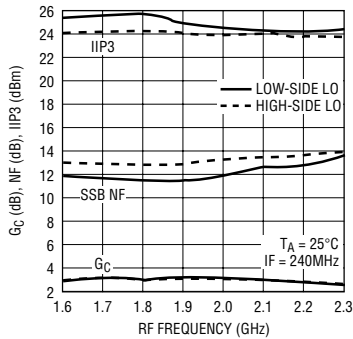
注 2: 450MHz 和 900MHz 性能是采用外部 LO 和 RF 匹配进行测量的。2600MHz 和 3600MHz 性能是采用外部 RF 匹配进行测量的。见图 1 和“应用信息”。

注 3: $-40^\circ C$ 至 $85^\circ C$ 温度范围内的指标通过设计、特征分析和统计过程控制中的相关性来保证。

注 4: SSB 噪声系数测量是在 RF 输入端上具有一个小信号噪声源和带通滤波器的情况下进行的, 且未施加其他的 RF 信号。

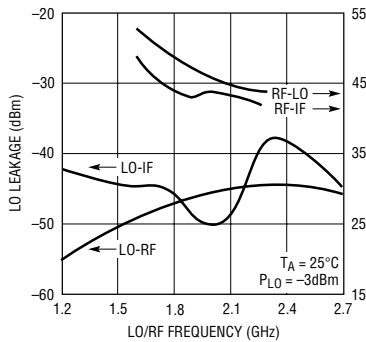
典型性能特征 $V_{CC} = 3.3V$ ，测试电路示于图 1。中间频段 (无外部 RF/LO 匹配) 240MHz IF 输出， $P_{RF} = -6dBm$ (对于双音 IIP3 测试为 $-6dBm/音$ ， $\Delta f = 1MHz$)， $P_{LO} = -3dBm$ ，除非特别注明。

转换增益、IIP3 和 NF 与 RF 频率的关系曲线



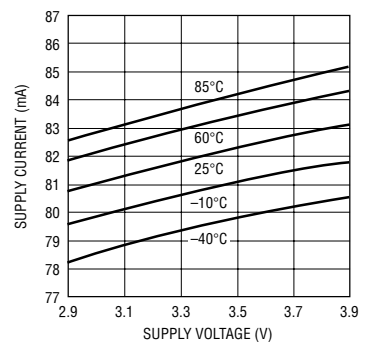
5557 G01

LO 泄漏和 RF 隔离与 LO 和 RF 频率的关系曲线



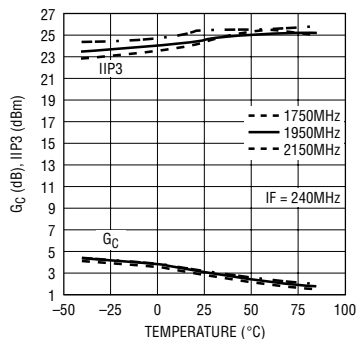
5557 G02

电源电流与电源电压的关系曲线



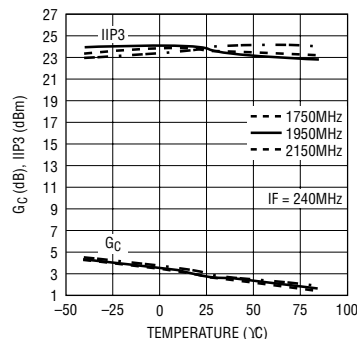
5557 G03

转换增益和 IIP3 与温度的关系曲线 (低压侧 LO)



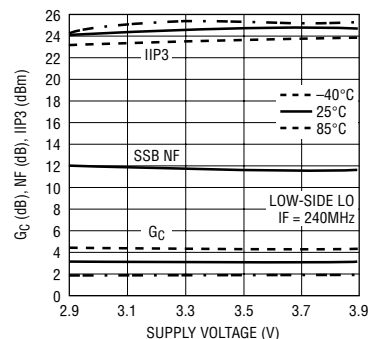
5557 G04

转换增益和 IIP3 与温度的关系曲线 (高压侧 LO)



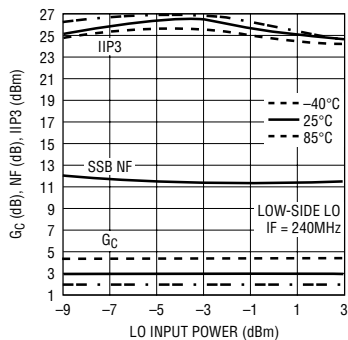
5557 G05

1950MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与电源电压的关系曲线



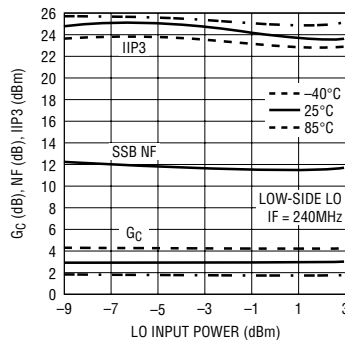
5557 G06

1750MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线



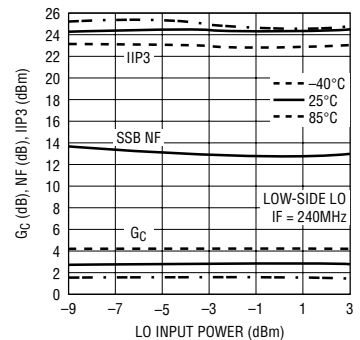
5557 G07

1950MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线



5557 G08

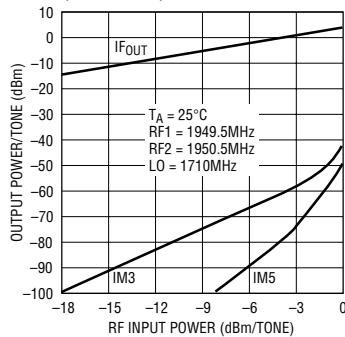
2150MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线



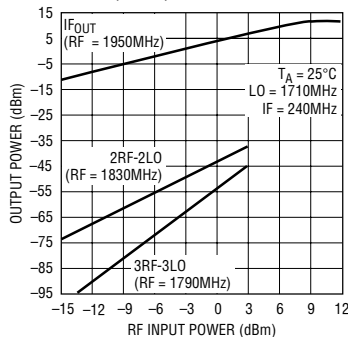
5557 G09

典型性能特征 $V_{CC} = 3.3V$ ，测试电路示于图 1。中间频段 (无外部 RF/LO 匹配) 240MHz IF 输出， $P_{RF} = -6dBm$ (对于双音 IIP3 测试为 $-6dBm/音$ ， $\Delta f = 1MHz$)， $P_{LO} = -3dBm$ ，除非特别注明。

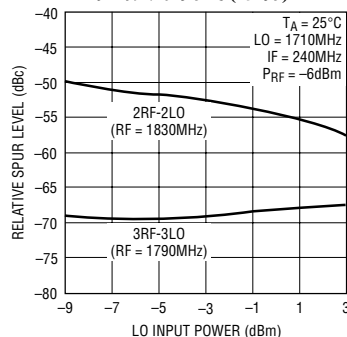
IF 输出功率、IM3 和 IM5 与 RF 输入功率的关系曲线 (双输入音)



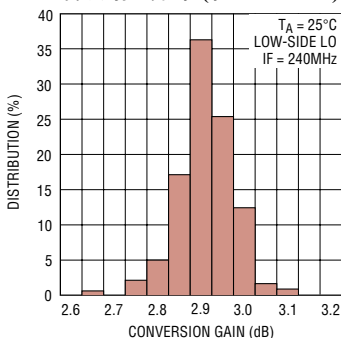
IF_{OUT}、2×2 和 3×3 寄生噪声与 RF 输入功率的关系曲线 (单音)



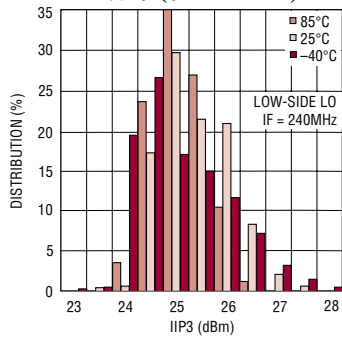
2×2 和 3×3 寄生噪声与 LO 功率的关系曲线 (单音)



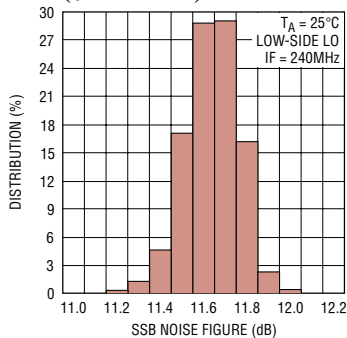
转换增益分布 (在 1950MHz)



IIP3 分布 (在 1950MHz)

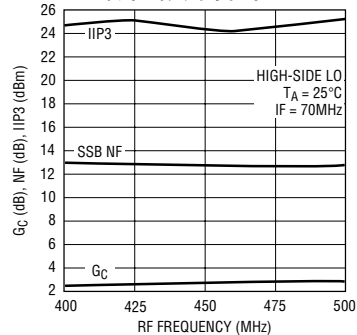


SSB 噪声系数分布 (在 1950MHz)

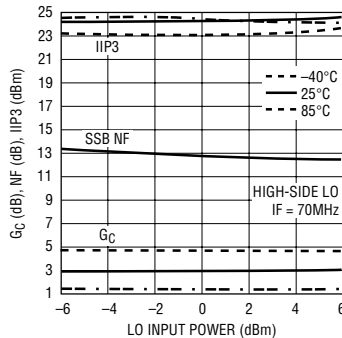


450MHz 应用 (采用外部 RF/LO 匹配) 70MHz IF 输出， $P_{RF} = -6dBm$ (对于双音 IIP3 测试为 $-6dBm/音$ ， $\Delta f = 1MHz$)，高压侧 LO 在 $0dBm$ ，除非特别注明。

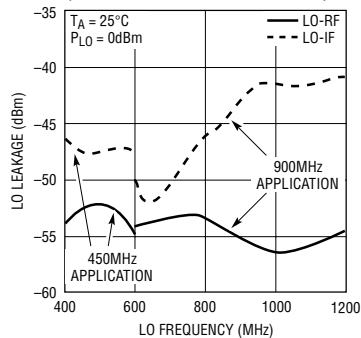
转换增益、IIP3 和 NF 与 RF 频率的关系曲线



450MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线

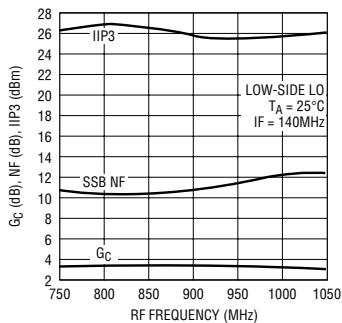


LO 泄漏与 LO 频率的关系曲线 (450MHz 和 900MHz 应用)



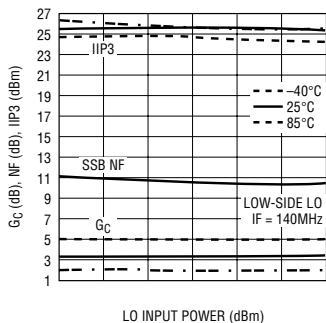
典型性能特征 $V_{CC} = 3.3V$ ，测试电路示于图 1。900MHz 应用 (无外部 RF/LO 匹配)，140MHz IF 输出， $P_{RF} = -6dBm$ (对于双音 IIP3 测试为 $-6dBm/音$ ， $\Delta f = 1MHz$)，低压侧 LO 在 $0dBm$ ，除非特别注明。

转换增益、IIP3 和 NF 与 RF 频率的关系曲线



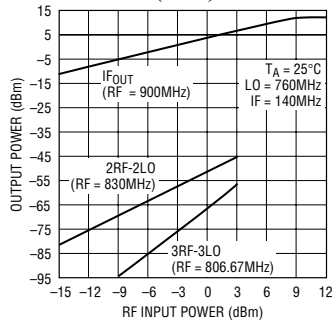
5557 G16

900MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线



5557 G17

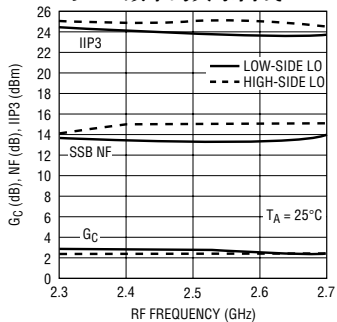
IF_{OUT}、2 × 2 和 3 × 3 寄生噪声与 RF 输入功率的关系曲线 (单音)



5557 G18

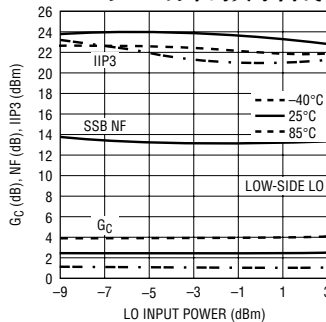
2.3-2.7GHz 应用 (采用外部 RF 匹配) 360MHz IF 输出， $P_{RF} = -6dBm$ (对于双音 IIP3 测试为 $-6dBm/音$ ， $\Delta f = 1MHz$)， $P_{LO} = -3dBm$ ，除非特别注明。

转换增益、IIP3 和 SSB NF 与 RF 频率的关系曲线



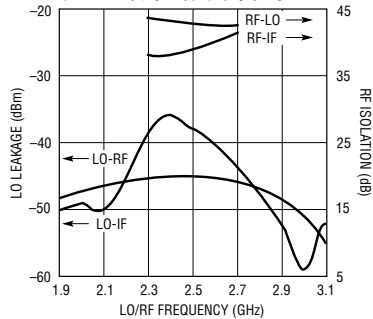
5557 G19

2.6GHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线



5557 G20

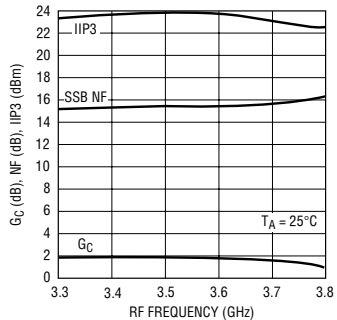
LO 泄漏和 RF 隔离与 LO 和 RF 频率的关系曲线



5557 G21

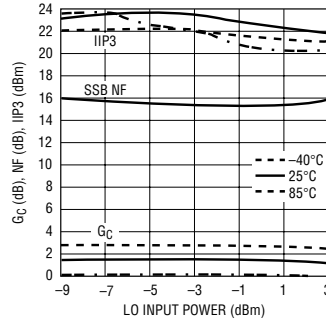
3.3-3.8GHz 应用 (采用外部 RF 匹配) 450MHz IF 输出， $P_{RF} = -6dBm$ (对于双音 IIP3 测试为 $-6dBm/音$ ， $\Delta f = 1MHz$)，低压侧 LO 在 $-3dBm$ ，除非特别注明。

转换增益、IIP3 和 SSB NF 与 RF 频率的关系曲线



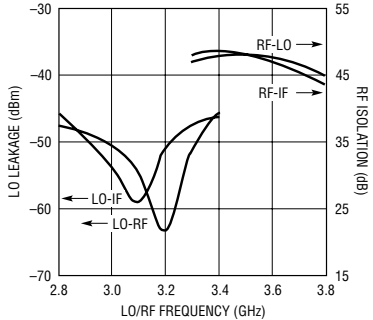
5557 G22

3.6GHz 转换增益、IIP3 和 SSB NF 与 LO 功率的关系曲线



5557 G23

LO 泄漏和 RF 隔离与 LO 和 RF 频率的关系曲线



5557 G24

55571a

引脚功能

NC (引脚 1、2、4、8、13、14、16) : 未进行内部连接。应将这些引脚接地于电路板上，以获得最佳的 LO 至 RF 和 LO 至 IF 隔离度。

RF (引脚 3) : 用于 RF 信号的单端输入。该引脚在内部连接至具有低接地 DC 电阻的 RF 输入变压器的主端。**如果未对 RF 信号源进行隔直处理，则必须采用一个串联隔离电容器。**在 1.6GHz 至 2.3GHz 的频率范围内对 RF 输入进行内部匹配处理。利用简单的外部匹配即可在低至 400MHz 或高达 3.8GHz 的频率条件下运作。

EN (引脚 5) : 使能引脚。当输入使能电压高于 2.7V 时，通过引脚 6、7、10 和 11 来供电的混频器电路被使能。当输入电压低于 0.3V 时，所有的电路均被停用。典型输入电流为 53 μ A (当 EN = 3.3V 时) 和 0 μ A (当 EN = 0V 时)。不得将 EN 引脚浮置。在任何条件下，EN 引脚电压均不应超过 $V_{CC} + 0.3V$ ，即使在启动期间也不例外。

V_{CC2} (引脚 6) : 用于偏置电路的电源引脚。典型电流消耗为 3.3mA。应从外部将该引脚连接至 V_{CC1} 引脚，并通过 1000pF 和 1 μ F 电容器对其进行去耦。

V_{CC1} (引脚 7) : 用于 LO 缓冲器电路的电源引脚。

典型电流消耗为 25.1mA。应从外部将该引脚连接至 V_{CC2} 引脚，并通过 1000pF 和 1 μ F 电容器对其进行去耦。

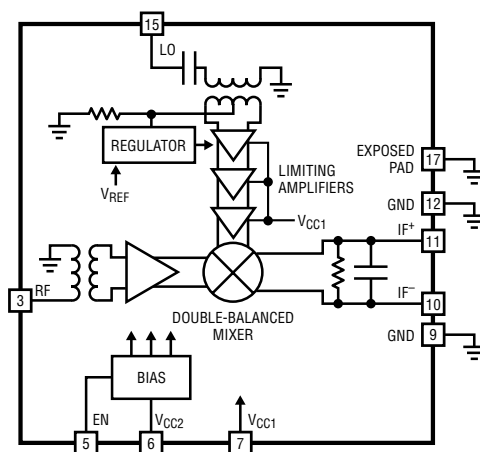
GND (引脚 9、12) : 地。在内部将这些引脚连接至封装背部的地，以改善隔离度。应将这些引脚连接至电路板上的 RF 地，虽然它们并不是用于通过封装的背部触点来取代主端接地的。

IF⁻、IF⁺ (引脚 10、11) : 用于 IF 信号的差分输出。可能需要进行阻抗变换来实现输出匹配。必须通过阻抗匹配电感器、RF 扼流圈或一个变压器中心抽头来把这些引脚连接至 V_{CC} 。典型电流消耗各为 26.6mA (总共 53.2mA)。

LO (引脚 15) : 用于本机振荡器信号的单端输入。在内部将该引脚连接至进行了内部隔直处理的 LO 变压器的主端。无需采用一个外部隔离电容器。在 1GHz 至 5GHz 的频率范围内对 LO 输入进行内部匹配处理。利用简单的外部匹配即可在低至 380MHz 的频率条件下运作。

裸露衬垫 (引脚 17) : 用于整个 IC 的电路接地回线。必须将该引脚焊接至印刷电路板的接地平面。

方框图



测试电路

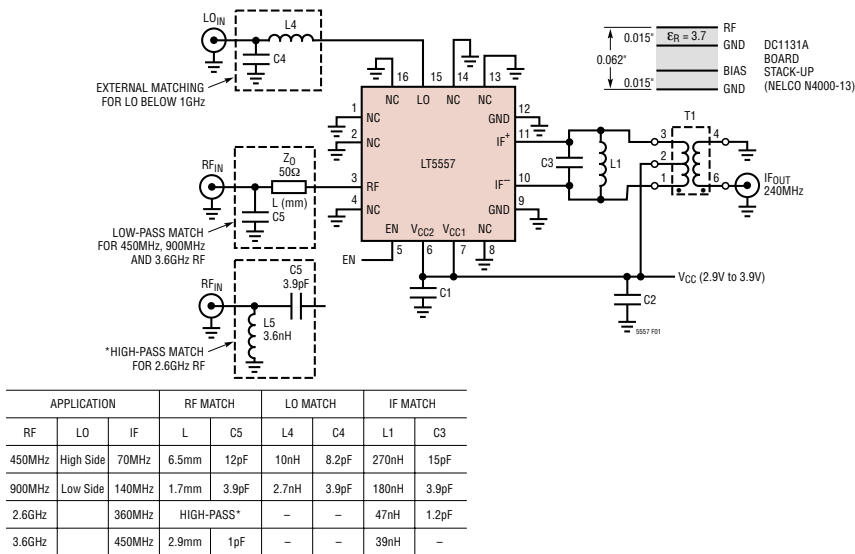


图 1：标准下混频器测试原理图——基于变压器的带通 IF 匹配 (240MHz IF)

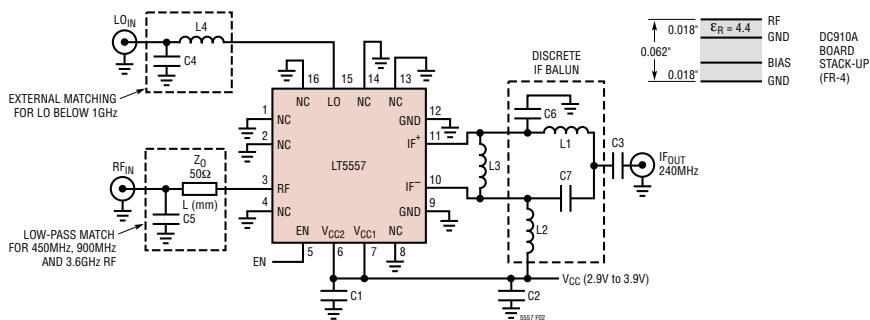


图 2：下混频器测试原理图——分立型 IF 平衡-不平衡转换器匹配 (240MHz IF)

参考指示符	数值	规格	产品型号	参考指示符	数值	规格	产品型号
C1	1000pF	0402	AVX 04025C102JAT	L4, C4, C5		0402	见“应用信息”
C2	1μF	0603	AVX 0603ZD105KAT	L1	82nH	0603	Toko LLQ1608-F82NG
C3	2.2pF	0402	AVX 04025A2R2BAT	T1	8:1		Mini-Circuit TC8-1+

参考指示符	数值	规格	产品型号	参考指示符	数值	规格	产品型号
C1, C3	1000pF	0402	AVX 04025C102JAT	L4, C4, C5		0402	见“应用信息”
C2	1μF	0603	AVX 0603ZD105KAT	L1, L2	100nH	0603	Toko LL1608-FSLR10J
C6, C7	4.7pF	0402	AVX 04025A4R7CAT	L3	150nH	0603	Toko LL1608-FSLR15J

应用信息

引言

LT5557 包括一个高线性度双平衡混频器、RF 缓冲放大器、高速限幅 LO 缓冲放大器和偏置/使能电路。RF 和 LO 输入均为单端型。IF 输出为差分型。可采用低压侧或高压侧 LO 注入。

可使用两种评价电路。图 1 所示的标准评价电路包括基于变压器的 IF 匹配，并面向那些要求极高动态范围和极宽 IF 带宽的应用。图 2 示出的第二种评价电路用一个分立型 IF 平衡-不平衡转换器替代了 IF 变压器，旨在缩减解决方案的成本和外形尺寸。分立型 IF 平衡-不平衡转换器可提供较高的转换增益，但 IIP3 和噪声系数有所下降，且 IF 带宽减小。

RF 输入端口

混频器的 RF 输入(示于图 3)包括一个集成变压器和一个高线性度差分放大器。变压器的主端与 RF 输入(引脚 3)和地相连。变压器的副端在内部与放大器的差分输入端相连。主端的 DC 电阻为 4.2Ω 。如果 RF 信号源具有 DC 电压，则必须采用一个与 RF 输入引脚相串联的耦合电容器。

在 1.6GHz 至 2.3GHz 范围内对 RF 输入进行内部匹配处理，因而在该频率范围内无需使用外部元件。在该频带的边缘，图 4a 中示出的输入回程损耗一般为 12dB。可采用引脚 3 上的一个 3.9pF 串联电容器来对该频带下边缘处的输入匹配进行优化，这

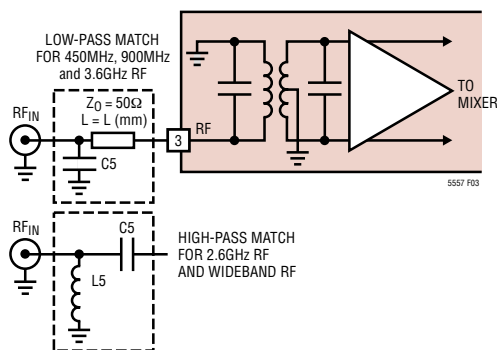
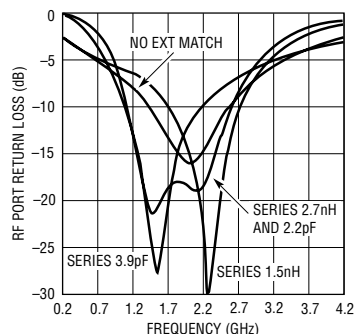


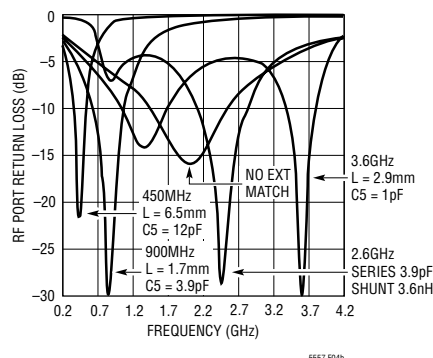
图 3：RF 输入电路原理图

可以使 1.6GHz 回程损耗改善至 25dB 以上。同样，利用一个 1.5nH 串联电感器可将 2.3GHz 匹配性能提升至 25dB 以上。一个 2.7nH/2.2pF 串联网路将同时对频带的上下边缘进行优化，并把 RF 输入带宽扩展至 1.2GHz ~ 2.5GHz。图 4a 还描绘了这三种场合中的 RF 输入回程损耗测量结果。

也可以通过给 RF 输入端增设一个分流电容器 (C5) 来把输入匹配下移至 400MHz 或上移至 3800MHz。通过在评价板的 50Ω 输入传输线上与引脚 3 相距 6.5mm 的地方布设 C5 = 12pF，可实现 450MHz 输入匹配。900MHz 输入匹配要求在与引脚 3 相距 1.7mm 的地方布设 C5 = 3.9pF。而 3.6GHz 输入匹配则是通过在与引脚 3 相距 2.9mm 的地方布设



(4a) 串联电抗匹配



(4b) 串联分流匹配

图 4：采用和未采用外部匹配时的 RF 输入回程损耗

应用信息

C5 = 1pF 来实现的。该串联传输线/分流电容器匹配拓扑结构使得 LT5557 能够在无需对电路板布局做任何改动的情况下应用于多种频率标准。另外，还可以用一个串联片式电感器来替代串联传输线，以实现更加紧凑的电路板布局。

450MHz、900MHz、2.6GHz 和 3.6GHz 应用的输入回程损耗绘于图 4b。图 4b 中再次给出了未采用外部匹配时的输入回程损耗，以便于进行比较。2.6GHz RF 输入匹配采用图 1 和 3 所示的高通匹配网络 (C5 = 3.9pF 和 L5 = 3.6nH)。还采用了高通输入匹配网络，以产生一个宽带或双频段输入匹配。例如：当 C5 = 3.3pF 和 L5 = 10nH 时，RF 输入在 800MHz 至 2.2GHz 频率范围内进行匹配处理，并可同时在 800MHz 至 1.1GHz 和 1.6GHz 至 2.2GHz 频段内实现最佳匹配。

表 1 给出了 RF 输入阻抗和 S11 与频率之间的相互关系 (无外部匹配)，表中列举的数据以引脚 3 为基准。S11 数据可与一个微波电路仿真器一道用于设计定制匹配网络，并模拟至 RF 输入滤波器的电路板级连接。

表 1：RF 输入阻抗与频率的相互关系

频率 (MHz)	输入阻抗	S11	
		大小	角度
50	4.6 + j2.3	0.832	174.7
300	9.1 + j11.2	0.706	153.8
450	12.0 + j14.5	0.639	145.8
600	14.7 + j17.4	0.588	138.7
900	20.5 + j23.3	0.506	123.4
1300	34.4 + j30.3	0.380	97.5
1700	59.6 + j23.8	0.229	55.8
1950	69.2 + j2.8	0.163	6.9
2200	59.2 - j18.1	0.184	-53.5
2450	41.5 - j24.5	0.274	-94.2
2700	28.3 - j21.3	0.374	-120.3
3000	19.0 - j13.5	0.481	-145.5
3300	13.9 - j5.1	0.568	-167.3
3600	10.8 + j3.4	0.645	171.9
3900	9.4 + j12.3	0.700	151.4

LO 输入端口

图 5 所示的混频器的 LO 输入包括一个集成变压器和高速限幅差分放大器。放大器专为精确驱动混频器而设计，旨在获得极高的线性度和极低的噪声系数。与变压器的主端串联的内部隔直流电容器免除了增设一个外部隔离电容器的需要。

在 1GHz ~ 5GHz 的频率范围内对 LO 输入进行内部匹配处理。可利用引脚 15 上的单个分流电容器 (C4) 把输入匹配下移至 750MHz。图 6 给出了一个实例，在该例中，C4 = 2.7pF 产生了一个 750MHz ~ 1GHz 匹配。

低于 750MHz 的 LO 输入匹配需要一个如图 5 所示的串联电感器 (L4)/分流电容器 (C4) 网络。图 6 给出了两个例子，其中，L4 = 2.7nH/C4 = 3.9pF 产生了一个 650MHz ~ 830MHz 匹配，而 L4 = 10nH/C4 = 8.2pF 则产生了一个 460MHz ~ 560MHz 匹配。评价板不包括用于 L4 的衬垫，因此需在靠近引脚 15 的地方切断电路走线，以插入 L4。L4 采用一个低成本的多层片式电感器就足够了。

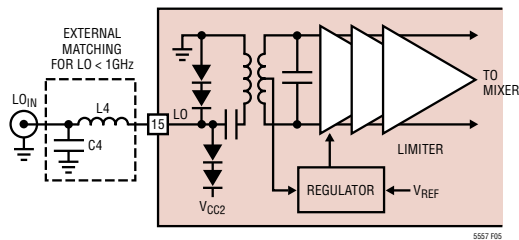


图 5：LO 输入电路原理图

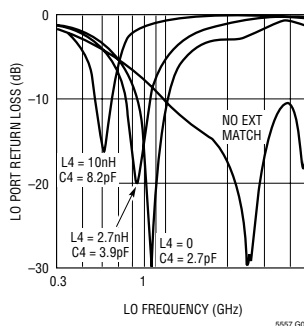


图 6：LO 输入回程损耗

应用信息

虽然放大器是专为在未显著改变混频器性能的情况下提供多个 dB 的 LO 输入功率变化而设计的，但是，对高于 1.2GHz 的 LO 频率而言，最佳的 LO 驱动功率为 -3dBm。在 1.2GHz 以下，为了实现最佳的噪声系数，建议采用 0dBm 的 LO 驱动功率（尽管 -3dBm 的驱动功率仍将提供上佳的转换增益和线性度）。

定制匹配网络可采用表 2 所列的端口阻抗数据来设计。该数据以 LO 引脚为基准，且无外部匹配。

表 2：LO 输入阻抗与频率的相互关系

频率 (MHz)	输入阻抗	S11	
		大小	角度
50	10.0 - j326	0.991	-17.4
300	8.5 - j41.9	0.820	-99.2
500	11.8 - j10.1	0.632	-155.9
700	18.8 + j10.9	0.474	151.8
900	35.0 + j27.4	0.350	100.8
1200	72.9 + j19.3	0.241	31.3
1500	70.0 - j12.6	0.196	-26.1
1800	55.0 - j17.0	0.167	-64.3
2200	47.8 - j9.7	0.102	-97.2
2600	53.6 - j1.9	0.039	-26.8
3000	66.7 + j0.7	0.143	2.1
3500	82.1 - j13.9	0.263	-17.4
4000	69.0 - j30.1	0.290	-43.5
4500	43.7 - j13.2	0.154	-107.5
5000	36.4 + j19.8	0.271	111.6

IF 输出端口

IF 输出 (IF+ 和 IF-) 在内部与混频器开关晶体管的集电极相连 (见图 7)。必须给这两个引脚施加大小为电源电压的偏压，该偏压可通过变压器的中心抽头或匹配电感器来施加。每个 IF 引脚吸收 26.6mA 的电源电流 (总计 53.2mA)。为了获得最佳的单端性能，应通过一个 IF 变压器或一个分立型 IF 平衡-不平衡转换器电路从外部对这些差分输出进行合并。标准评价板 (见图 1) 包括一个用于阻抗变换和差分至单端变换的 IF 变压器。第二种评价板 (见图 2) 利用一个分立型 IF 平衡-不平衡转换器电路实现了相同的功能。

在低频条件下，可以把 IF 输出阻抗模拟为与 2.6pF 电容相并联的 560Ω 电阻。图 8 示出了一个等效的小信号模型 (包括键合线电感)。与频率相关的差分 IF 输出阻抗列于表 3。该数据以封装引脚为基准 (未采用外部元件)，并包含了 IC 和封装寄生效应的影响。可使 IF 输出与低至几 kHz 或高至 600MHz 的 IF 频率相匹配。

表 3：IF 输出阻抗与频率的相互关系

频率 (MHz)	差分输出阻抗 (R _{IF} X _{IF})
1	560 -j63.7k (2.6pF)
70	556 -j870 (2.6pF)
140	551 -j440 (2.6pF)
190	523 -j320 (2.6pF)
240	529 -j254 (2.6pF)
300	509 -j200 (2.66pF)
360	483 -j163 (2.7pF)
450	448 -j125 (2.83pF)
600	396 -j92 (2.88pF)

下文将说明两种差分至单端 IF 匹配方法：

- 基于变压器的带通
- 分立型 IF 平衡-不平衡转换器

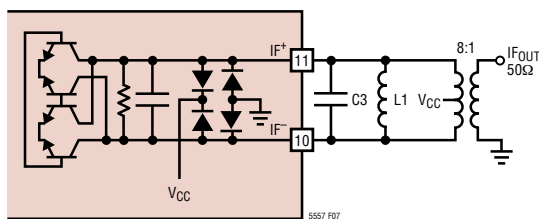


图 7：采用外部匹配的 IF 输出

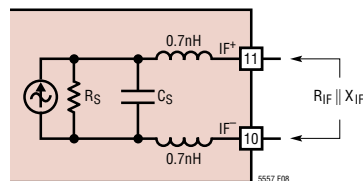


图 8：IF 输出小信号模型

应用信息

基于变压器的带通 IF 匹配

标准评价板 (示于图 1) 采用一个 L-C 带通 IF 匹配网络, 并在 IF 引脚上跨接了一个 8:1 变压器。该 L-C 网络最大限度地提升了期望 IF 频率下的混频器性能。变压器负责执行阻抗变换, 并提供一个单端 50Ω 输出。

L1 的数值由下式计算:

$$L1 = 1 / [(2\pi f_{IF})^2 \cdot C_{IF}]$$

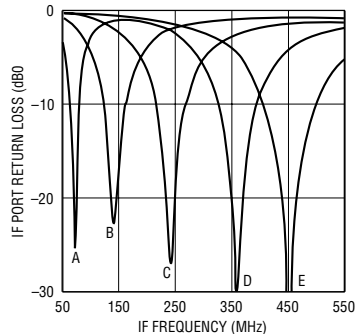
式中的 C_{IF} 是 C3 与内部 IF 电容之和 (列于表 3)。应选择合适的 C3 值, 以使 L1 的数值成为一个标准电感值, 同时满足期望的 IF 带宽要求。IF 带宽可按下式估算:

$$BW_{IF} = 1 / (2\pi R_{EFF} C_{IF})$$

式中的 R_{EFF} (当加载了变压器和电感器损耗时的有效 IF 电阻) 约为 200Ω。

在 40MHz 以下, 内部 IF 电抗的数值高于内部电阻。在这种情况下, 可去除 L1 (和 C3), 单靠 8:1 变压器足以应付 IF 匹配。

LT5557 的特性分析是在 70MHz、140MHz、240MHz、360MHz 和 450MHz 的 IF 频率条件下进行的。用于这些频率的 L1 和 C3 数值在图 1 中进行了列表, 并在图 9 中再次给出。在所有的场合中, L1 都是一个高 Q 值 0603 线绕片式电感器, 旨在实现极高的转换增益。可以采用低成本的多层片式电感器作为替代 (转换增益会因此而略有下降)。图 9 示出了 IF 输出回程损耗的测量结果。



5557 009
A: 70MHz, L1 = 270nH, C3 = 15pF
B: 140MHz, L1 = 180nH, C3 = 3.9pF
C: 240MHz, L1 = 82nH, C3 = 2.2pF
D: 360MHz, L1 = 47nH, C3 = 1.2pF
E: 450MHz, L1 = 39nH, C3 = 0pF

图 9: 采用基于变压器的带通匹配时的 IF 输出回程损耗

分立型 IF 平衡-不平衡转换器匹配

许多应用都可以采用图 2 所示的分立型 IF 平衡-不平衡转换器来替代 IF 变压器。采用下面的公式来计算用于在期望的 IF 频率上实现一个 180° 相移并提供一个 50Ω 单端输出所需的 L1、L2、C6 和 C7 数值。计算电感器 L3 的合适电感值以抵消 2.6pF 的内部电容。L3 还向 IF+ 引脚提供偏置电压。对于 L1、L2 和 L3 而言, 采用低成本的多层片式电感器便足够了。C3 是一个隔直流电容器。

$$L1, L2 = \frac{\sqrt{R_{IF} \cdot R_{OUT}}}{\omega_{IF}}$$

$$C6, C7 = \frac{1}{\omega_{IF} \cdot \sqrt{R_{IF} \cdot R_{OUT}}}$$

$$L3 = \frac{|X_{IF}|}{\omega_{IF}}$$

应用信息

这些计算公式提供了一个良好的起点，不过，在完成了电路的构建和测试之后，常常还必需调整元件的参数值。通过研究上述计算中的 L3 寄生效应，即可利用较少的迭代来实现最终的解决方案。具体而言，L3 的有效并联电阻 (由制造商提供的 Q 数据来计算) 将减小 R_{IF} 的阻值，这反过来又会影响到 $L1 (=L2)$ 和 $C6 (=C7)$ 的计算值。而且，还必须考虑 L3 的有效并联电容 (从制造商提供的 SRF 数据获取)，因为它与 X_{IF} 相并联 (从表 3 可知)。对于期望的 IF，L1 的计算值经常并不是标准的电感值。在这种情况下，简单的解决方案是在 IF 输出端上加载一个与 L3 相并联的高阻值外部片式电阻器，这将减小 R_{IF} 的数值，直到 L1 成为一个标准电感值为止。

针对四种常见 IF 频率 (190MHz、240MHz、360MHz 和 450MHz) 的分立型 IF 平衡-不平衡转换器元件参数值列于表 4。如上文所述，190MHz 应用电路采用了一个与 L3 相并联的 3.3k Ω 电阻器。对应的 IF 输出回程损耗测量结果示于图 10。针对所有四种 IF 频率实例的典型转换增益、IIP3 和 LO-IF 泄漏与 RF 输入频率的关系曲线示于图 11。典型转换增益、IIP3 和噪声系数与 IF 输出频率的关系曲线示于图 12。

与基于变压器的 IF 匹配方法相比，该网络可提供大约高出 1dB 的转换增益 (原因是消除了 IF 变压器损耗)，不过噪声系数和 IIP3 将略有下降。如图 12 所示，最显著的性能差异在于：采用分立法时，可用 IF 带宽将受到限制。对于低 IF 频率，绝对带宽很小，而较高的 IF 频率则可提供较宽的带宽。

表 4：分立型 IF 平衡-不平衡转换器元件参数值 ($R_{OUT} = 50 \Omega$)

IF 频率 (MHz)	L1, L2	C6, C7	L3
190	120nH	6.0pF	270nH 3.3k Ω
240	100nH	4.7pF	150nH
360	56nH	3.0pF	82nH
450	47nH	2.2pF	47nH

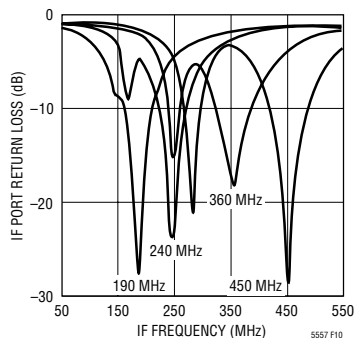


图 10：采用分立型平衡-不平衡转换器匹配时的 IF 输出回程损耗

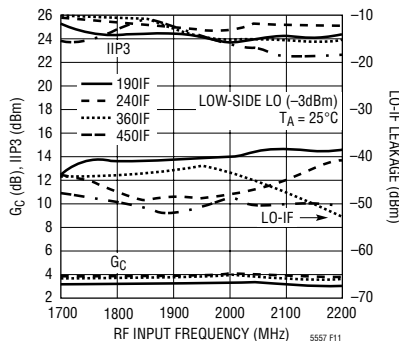


图 11：采用分立型 IF 平衡-不平衡转换器匹配时的转换增益、IIP3 和 LO-IF 泄漏与 RF 输入频率和 IF 输出频率 (单位：MHz) 的关系曲线

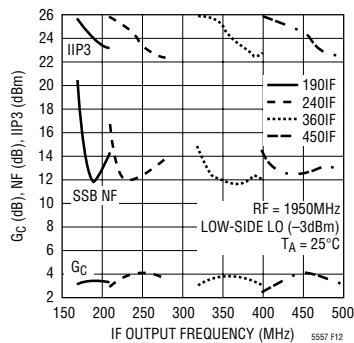


图 12：采用分立型 IF 平衡-不平衡变压器匹配时的转换增益、IIP3 和 SSB NF 与 IF 输出频率的关系曲线

应用信息

差分 IF 输出匹配

对于全差分 IF 架构，可以把混频器的 IF 输出直接匹配至一个 SAW 滤波器或 IF 放大器中，从而免除了 IF 变压器。图 13 给出了一个实例，这里，采用抽头电容器方法把混频器的 500Ω 差分输出电阻匹配至一个 100Ω 差分 SAW 滤波器中。电感器 L1 和 L2 构成了匹配网络的电感性部分，抵消了内部 2.6pF 电容，并向混频器内核提供 DC 偏置电流。电容器 C6~C9 是匹配网络的电容性部分，并执行阻抗降

压。抽头电容器匹配的计算在相关文献中已有阐述，这里就不重复了。其他可选的差分匹配方案包括低通、高通和带通。究竟选择哪一种，将取决于系统性能目标、IF 频率、IF 带宽和滤波器（或放

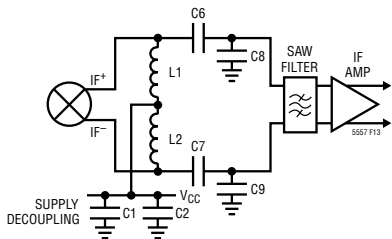


图 13：采用抽头电容器方法时的差分 IF 匹配

大器) 输入阻抗。请向凌力尔特咨询，以获取相关的应用帮助。

使能接口

图 14 示出了 EN 引脚接口的简化原理图。接通 LT5557 所需的电压为 2.7V。如欲停用芯片，则使能电压必须低于 0.3V。如果允许 EN 引脚浮置，则芯片往往将保持在其最后的工作状态中。因此，建议不要采用这样的方式来运用使能功能。如果不需要停机功能，则 EN 引脚应直接连接至 V_{CC}。

EN 引脚上的电压高出电源电压 (V_{CC}) 的幅度绝对不得超过 0.3V。万一发生这种情况，则电源电流有可能通过 EN 引脚 ESD 二极管来提供，因而存在损坏 IC 的可能。

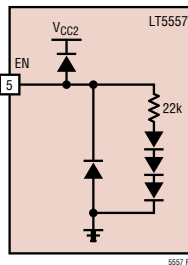
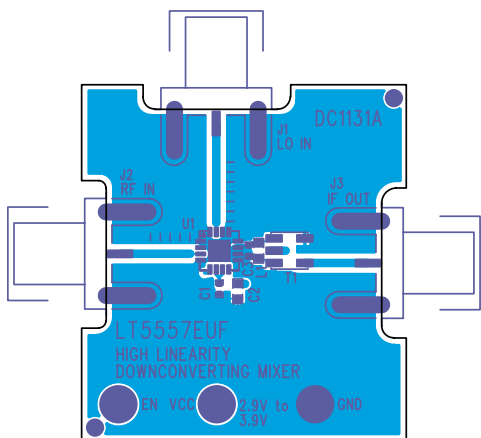
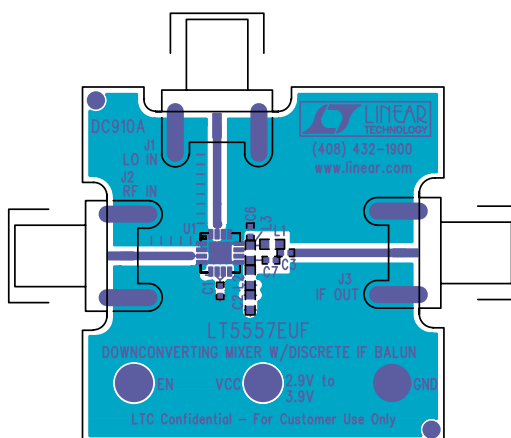


图 14：使能输入电路

标准评估电路板布局 (DC1131A)



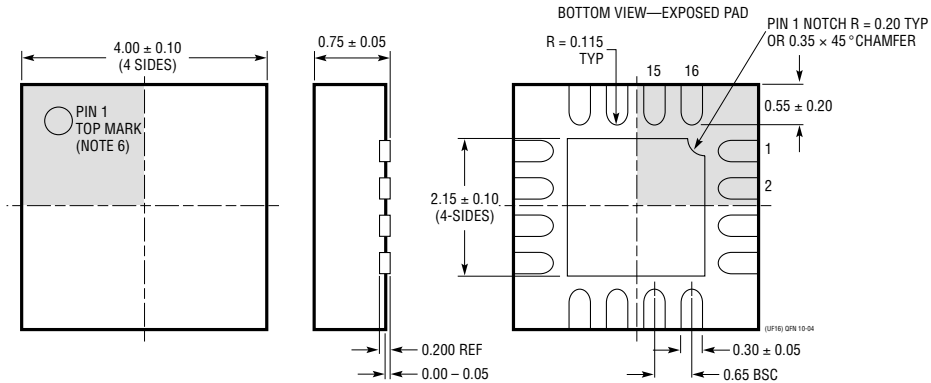
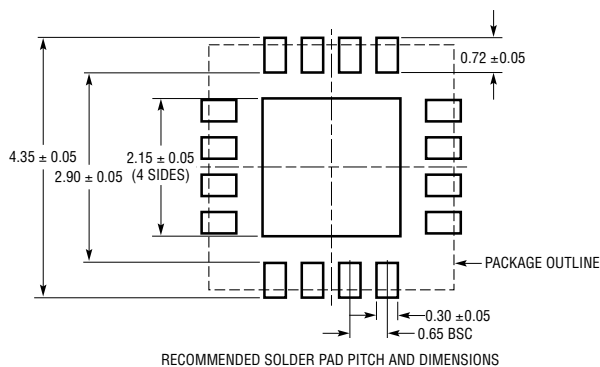
分立型 IF 评估电路板布局 (DC910A)



55571a

封装描述

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



- NOTE:
1. DRAWING CONFORMS TO JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-220 VARIATION (WGCC)
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
 5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
 6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

相关器件

器件型号	描述	备注
基础设施		
LT5511	高线性度上变频混频器	RF 输出至 3GHz, 17dBm IIP3, 集成 LO 缓冲器
LT5512	1kHz 至 3GHz 高信号电平有源混频器	20dBm IIP3 (从 30MHz 至 900MHz), 集成 LO 缓冲器, HF/VHF/UHF 优化
LT5514	具有数字控制增益的超低失真、IF 放大器/ADC 驱动器	850MHz 带宽, 47dBm OIP3 (在 100MHz), 10.5dB 至 33dB 增益控制范围
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
LT5517	40MHz 至 900MHz 正交解调器	21dBm IIP3, 集成 LO 正交发生器
LT5519	0.7GHz 至 1.4GHz 高线性度上变频混频器	17.1dBm IIP3 (在 1GHz), 采用 50Ω 匹配的集成 RF 输出变压器, 单端 LO 和 RF 端口操作
LT5520	1.3GHz 至 2.3GHz 高线性度上变频混频器	15.9dBm IIP3 (在 1.9GHz), 采用 50Ω 匹配的集成 RF 输出变压器, 单端 LO 和 RF 端口操作
LT5521	10MHz 至 3700MHz 高线性度上变频混频器	24.2dBm IIP3 (在 1.95GHz), NF = 12.5dB, 3.15V 至 5.25V 电源, 单端 LO 端口操作
LT5522	400MHz 至 2.7GHz 高信号电平下变频混频器	4.5V 至 5.25V 电源, 25dBm IIP3 (在 900MHz), NF = 12.5dB, 50Ω 单端 RF 和 LO 端口
LT5525	高线性度, 低功率下变频混频器	单端 50Ω RF 和 LO 端口, 17.6dBm IIP3 (在 1900MHz), I _{CC} = 28mA
LT5526	高线性度, 低功率下变频混频器	3V 至 5.3V 电源, 16.5dBm IIP3, 100kHz 至 2GHz RF, NF = 11dB, I _{CC} = 28mA, -65dBm LO-RF 泄漏
LT5527	400MHz 至 3.7GHz, 5V 高信号电平下变频混频器	23.5dBm IIP3 (在 1.9GHz), NF = 12.5dB, 单端 RF 和 LO 端口
LT5528	1.5GHz 至 2.4GHz 高线性度直接 I/Q 调制器	21.8dBm OIP3 (在 2GHz), -159dBm/Hz 噪声层, 在所有端口上均采用 50Ω 接口
LT5568	600MHz 至 1.2GHz 高线性度直接 I/Q 调制器	22.9dBm OIP3, -160.3dBm/Hz 噪声层, -46dBc 镜频抑制, -43dBm 载波泄漏
RF 功率检波器		
LTC®5505	动态范围大于 40dB 的 RF 峰值检波器	300MHz 至 3GHz, 温度补偿, -32dBm 至 12dBm
LTC5507	100kHz 至 1000MHz RF 峰值功率检波器	100kHz 至 1GHz, 温度补偿, -34dBm 至 14dBm
LTC5508	300MHz 至 7GHz RF 峰值功率检波器	44dB 动态范围, 温度补偿, SC70 封装, -32dBm 至 12dBm
LTC5509	300MHz 至 3GHz RF 峰值功率检波器	36dB 动态范围, 低功耗, SC70 封装, -30dBm 至 6dBm
LTC5530	300MHz 至 7GHz 精准 RF 峰值功率检波器	精准 V _{OUT} 偏移控制, 停机功能, 可调增益, -32dBm 至 10dBm
LTC5531	300MHz 至 7GHz 精准 RF 峰值功率检波器	精准 V _{OUT} 偏移控制, 停机功能, 可调偏移, -32dBm 至 10dBm
LTC5532	300MHz 至 7GHz 精准 RF 峰值功率检波器	精准 V _{OUT} 偏移控制, 可调增益和偏移, ±35mV 偏移电压容差
LTC5533	300MHz 至 11GHz 双通道精准 RF 峰值功率检波器	-32dBm 至 12dBm, 可调偏移, 45dB 通道至通道隔离度
LT5534	具有 60dB 动态范围的 50MHz 至 3GHz RF 对数检波器	在整个温度范围内具有 ±1dB 输出变化, 38ns 响应时间
LTC5536	具有快速比较器输出的精准 600MHz 至 7GHz RF 峰值检波器	25ns 响应时间, 比较器基准输入, 锁存器使能输入, -26dBm 至 +12dBm 输入范围
LT5537	90dB 动态范围 RF 对数检波器	低频至 1GHz, -79dBm 至 12dBm, 非常低的温度系数
低电压 RF 单元式部件		
LT5546	具 VGA 和 17MHz 基带带宽的 500MHz 正交解调器	17MHz 基带带宽, 40MHz 至 500MHz IF, 1.8V 至 5.25V 电源, -7dB 至 56dB 线性功率增益