

# 400MHz 至 3.7GHz 高信号电平下变频混频器

## 特点

- 50 Ω 单端 RF 和 LO 端口
- 宽 RF 频率范围：400MHz 至 3.7GHz\*
- 高输入 IP3：在 900MHz 为 24.5dBm  
在 1900MHz 为 23.5dBm
- 转换增益：在 900MHz 为 3.2dB  
在 1900MHz 为 2.3dB
- 集成 LO 缓冲器：低 LO 驱动电平
- 高 LO-RF 和 LO-IF 隔离度
- 低噪声系数：在 900MHz 为 11.6dB  
在 1900MHz 为 12.5dB
- 外部元件极少
- 使能功能
- 4.5V 至 5.25V 电源电压范围
- 16 引脚 (4mm×4mm) QFN 封装

## 应用

- 蜂窝、WCDMA、TD-SCDMA 和 UMTS 基础设施
- GSM900/GSM1800/GSM1900 基础设施
- 900MHz/2.4GHz/3.5GHz WLAN
- MMDS、WiMAX
- 高线性度下变频混频器应用

## 描述

LT®5527 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、集成变压器提供了单端 50 Ω 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 50 Ω 单端负载 (采用或不采用外部变压器均可)。

RF 输入在 1.7GHz 至 3GHz 的频率范围内进行了内部匹配处理，而 LO 输入则在 1.2GHz 至 5GHz 范围内进行了内部匹配处理。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。

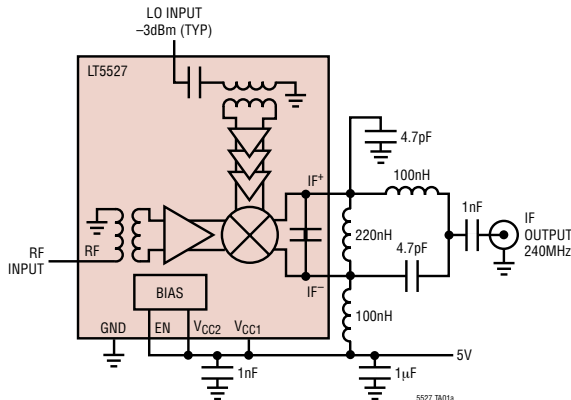
LT5527 的高集成度最大限度地减少了总体解决方案的成本、电路板占用空间和系统级偏差。

LT、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

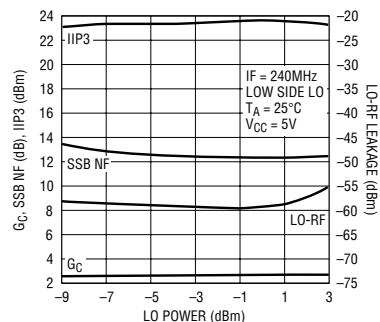
\* 可在一个更宽的频率范围内工作，但器件性能有所下降。请咨询凌特公司以获得相关的信息和帮助。

## 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



1.9GHz 转换增益、IIP3、SSB NF 和 LO-RF 泄漏与 LO 功率的关系曲线



## 绝对最大额定值 (注1)

电源电压 ( $V_{CC1}$ , $V_{CC2}$ , $IF^+$ , $IF^-$ ) .....	5.5V
使能电压 .....	-0.3V 至 $V_{CC} + 0.3V$
LO 输入功率 (380MHz 至 4GHz) .....	+10dBm
LO 输入 DC 电压 .....	-1V 至 $V_{CC} + 1V$
RF 输入功率 (400MHz 至 4GHz) .....	+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

## 封装/订购信息

<p>TOP VIEW</p> <p>16-LEAD (4mm x 4mm) PLASTIC QFN</p> <p><math>T_{JMAX} = 125^{\circ}C</math>, <math>\theta_{JA} = 37^{\circ}C/W</math></p> <p>EXPOSED PAD (PIN 17) IS GND MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	产品型号
	LT5527EUF
	UF 器件标记
	5527

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌特公司。

## DC 电特性

$V_{CC} = 5V$ ,  $EN = 3V$ ,  $T_A = 25^{\circ}C$ ，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
<b>电源要求 (<math>V_{CC}</math>)</b>					
电源电压		4.5	5	5.25	V DC
电源电流	$V_{CC1}$ (引脚 7)		23.2		mA
	$V_{CC2}$ (引脚 6)		2.8		mA
	$IF^+ + IF^-$ (引脚 11 + 引脚 10)		52	60	mA
	总电源电流		78	88	mA
<b>使能 (EN) 低电平 = 关断, 高电平 = 接通</b>					
停机电流	EN = 低电平		100		$\mu A$
输入高电压 (接通)		3			V DC
输入低电压 (关断)				0.3	V DC
EN 引脚输入电流	EN = 5V DC		50	90	$\mu A$
接通时间			3		$\mu s$
关断时间			3		$\mu s$

## 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)		1700 至 3000		MHz
	采用外部匹配 (低频段或高频段)	400		3700	MHz
LO 输入频率范围	无外部匹配		1200 至 3500		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	$Z_0 = 50\Omega$ , 1700MHz 至 3000MHz		>10		dB
LO 输入回程损耗	$Z_0 = 50\Omega$ , 1200MHz 至 3400MHz		>12		dB
IF 输出阻抗	在 240MHz 频率条件下为差分型		407 $\Omega$   2.5pF		R  C
LO 输入功率	1200MHz 至 3500MHz	-8	-3	2	dBm
	380MHz 至 1200MHz	-5	0	5	dBm

**AC 电特性** 标准下变频器应用:  $V_{CC} = 5V$ ,  $EN =$  高电平,  $T_A = 25^\circ C$ 。  $P_{RF} = -5dBm$  (对于双音 IIP3 测试为  $-5dBm/音$ ,  $\Delta f = 1MHz$ ),  $f_{LO} = f_{RF} - f_{IF}$ ,  $P_{LO} = -3dBm$  (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 = 140MHz, 高压侧 LO		2.5		dB
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		3.4		dB
	RF = 1700MHz		2.3		dB
	RF = 1900MHz		2.3		dB
	RF = 2200MHz		2.0		dB
	RF = 2650MHz		1.8		dB
	RF = 3500MHz, IF = 380MHz		0.3		dB
转换增益和温度的相互关系	$T_A = -40^\circ C$ 至 $85^\circ C$ , RF = 1900MHz		-0.018		dB/ $^\circ C$
输入三阶截取	RF = 450MHz, IF = 140MHz, 高压侧 LO		23.2		dBm
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		24.5		dBm
	RF = 1700MHz		24.2		dBm
	RF = 1900MHz		23.5		dBm
	RF = 2200MHz		22.7		dBm
	RF = 2650MHz		20.8		dBm
	RF = 3500MHz, IF = 380MHz		18.2		dBm
单边带噪声系数	RF = 450MHz, IF = 140MHz, 高压侧 LO		13.3		dB
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		11.6		dB
	RF = 1700MHz		12.1		dB
	RF = 1900MHz		12.5		dB
	RF = 2200MHz		13.2		dB
	RF = 2650MHz		13.9		dB
	RF = 3500MHz, IF = 380MHz		16.1		dB
LO 至 RF 泄漏	$f_{LO} = 400MHz$ 至 $2100MHz$		$\leq -44$		dBm
	$f_{LO} = 2100MHz$ 至 $3200MHz$		$\leq -36$		dBm
LO 至 IF 泄漏	$f_{LO} = 400MHz$ 至 $700MHz$		$\leq -40$		dBm
	$f_{LO} = 700MHz$ 至 $3200MHz$		$\leq -50$		dBm
RF 至 LO 隔离度	$f_{RF} = 400MHz$ 至 $2200MHz$		$> 43$		dB
	$f_{RF} = 2200MHz$ 至 $3700MHz$		$> 38$		dB
RF 至 IF 隔离度	$f_{RF} = 400MHz$ 至 $800MHz$		$> 42$		dB
	$f_{RF} = 800MHz$ 至 $3700MHz$		$> 54$		dB
2RF-2LO 输出寄生干扰分量 ( $f_{RF} = f_{LO} + f_{IF}/2$ )	900MHz: $f_{RF} = 830MHz$ (在 $-5dBm$ ), $f_{IF} = 140MHz$		-60		dBc
	1900MHz: $f_{RF} = 1780MHz$ (在 $-5dBm$ ), $f_{IF} = 240MHz$		-65		dBc
3RF-3LO 输出寄生干扰分量 ( $f_{RF} = f_{LO} + f_{IF}/3$ )	900MHz: $f_{RF} = 830MHz$ (在 $-5dBm$ ), $f_{IF} = 140MHz$		-73		dBc
	1900MHz: $f_{RF} = 1740MHz$ (在 $-5dBm$ ), $f_{IF} = 240MHz$		-63		dBc
输入 1dB 压缩	RF = 450MHz, IF = 140MHz, 高压侧 LO		9.5		dBm
	RF = 900MHz, IF = 140MHz		8.9		dBm
	RF = 1900MHz		9.0		dBm

注 1: 绝对最大额定值是指超出该值则器件的寿命可能受损。

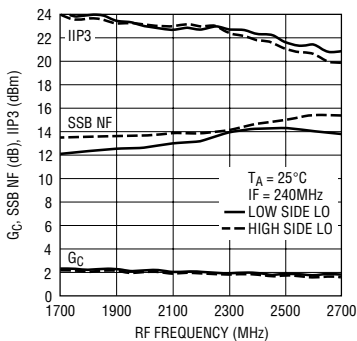
注 2: 450MHz、900MHz 和 3500MHz 性能是采用外部 LO 和 RF 匹配进行测量的。见图 1 和“应用信息”。

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。

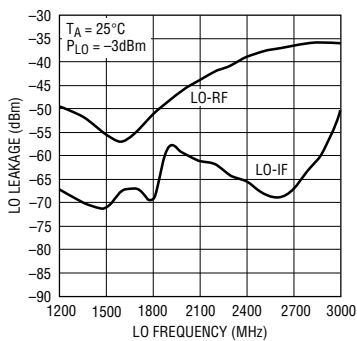
注 4: SSB 噪声系数测量是在 RF 输入端上具有一个小信号噪声源和带通滤波器的情况下进行的, 且未施加其他的 RF 信号。

**典型 AC 性能特征** 中间频段 (无外部 RF/LO 匹配)  $V_{CC} = 5V$ ,  $EN =$  高电平,  $P_{RF} = -5dBm$  (对于双音 IIP3 测试为  $-5dBm$  /音,  $\Delta f = 1MHz$ ),  $P_{LO} = -3dBm$ , 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。

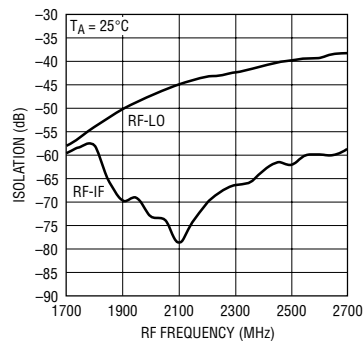
**转换增益、IIP3 和 NF 与 RF 频率的关系曲线**



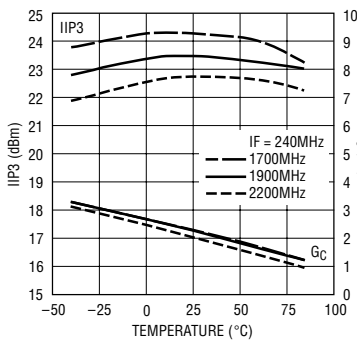
**LO 泄漏与 LO 频率的关系曲线**



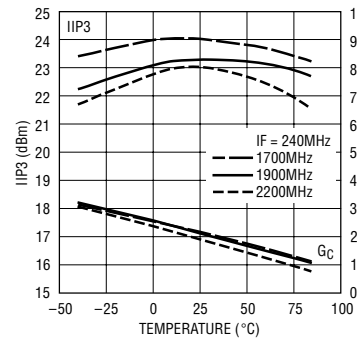
**RF 隔离度与 RF 频率的关系曲线**



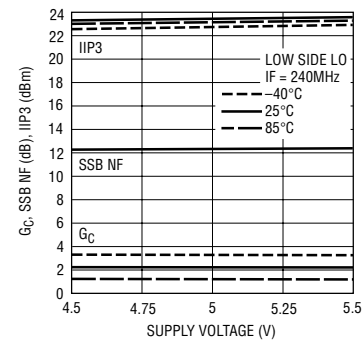
**转换增益和 IIP3 与温度的关系曲线 (低压侧 LO)**



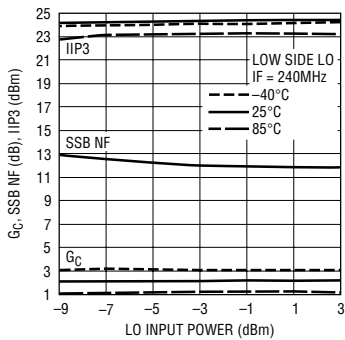
**转换增益和 IIP3 与温度的关系曲线 (高压侧 LO)**



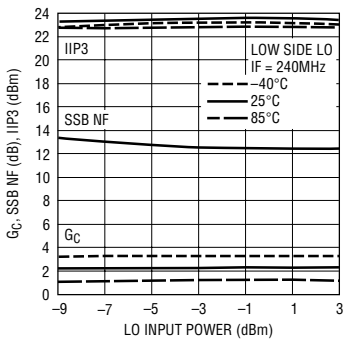
**1900MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与电源电压的关系曲线**



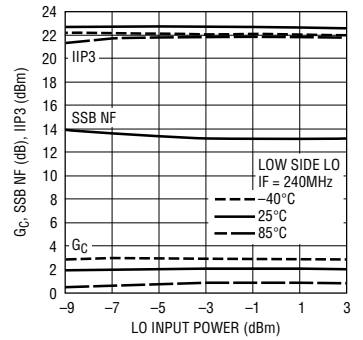
**1700MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线**



**1900MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线**

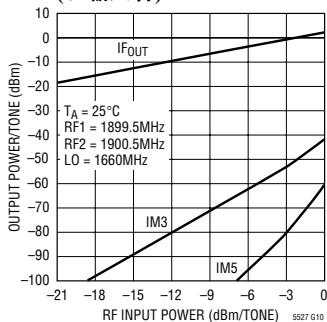


**2200MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线**

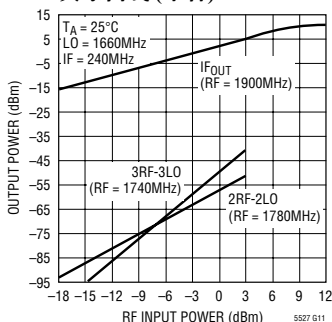


**典型 AC 性能特征** 中间频段 (无外部 RF/LO 匹配)  $V_{CC} = 5V$ ,  $EN =$  高电平,  $P_{RF} = -5dBm$  (对于双音 IIP3 测试为  $-5dBm/音$ ,  $\Delta f = 1MHz$ ),  $P_{LO} = -3dBm$ , 在 240MHz 条件下进行 IF 输出测量, 除非特别注明。测试电路示于图 1。

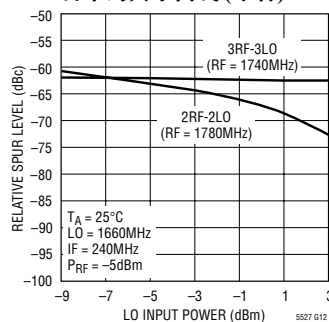
**IF 输出功率、IM3 和 IM5 与 RF 输入功率的关系曲线 (双输入音)**



**IF\_OUT、2×2 和 3×3 寄生噪声与 RF 输入功率的关系曲线 (单音)**

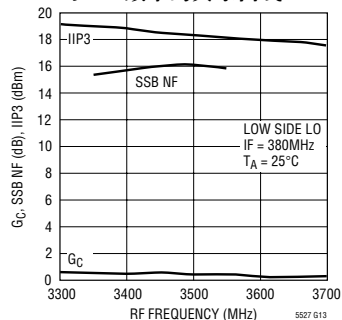


**2×2 和 3×3 寄生噪声与 LO 功率的关系曲线 (单音)**

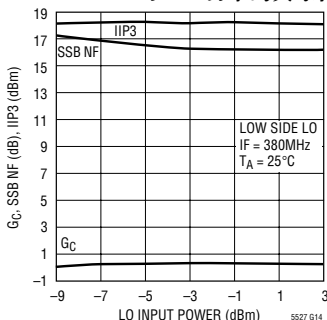


高频段 (采用外部 RF 匹配的 3500MHz 应用)  $V_{CC} = 5V$ ,  $EN =$  高电平,  $P_{RF} = -5dBm$  (对于双音 IIP3 测试为  $-5dBm/音$ ,  $\Delta f = 1MHz$ ), 低压侧 LO,  $P_{LO} = -3dBm$ , 在 380MHz 条件下进行 IF 输出测量, 除非特别注明。测试电路示于图 1。

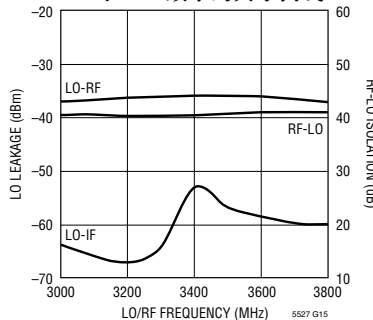
**转换增益、IIP3 和 SSB NF 与 RF 频率的关系曲线**



**3500MHz 转换增益、IIP3 和 SSB NF 与 LO 功率的关系曲线**

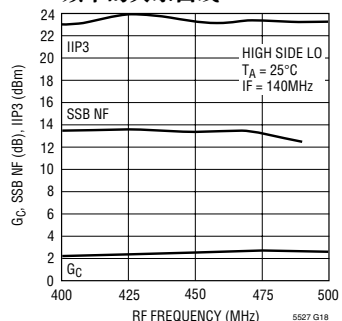


**LO 泄漏和 RF-LO 隔离度与 LO 和 RF 频率的关系曲线**

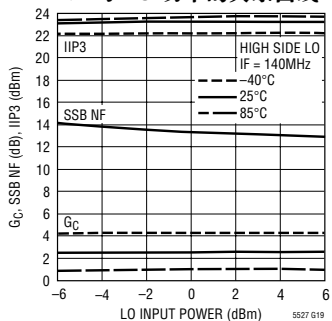


低频段 (采用外部 RF/LO 匹配的 450MHz 应用)  $V_{CC} = 5V$ ,  $EN =$  高电平,  $P_{RF} = -5dBm$  (对于双音 IIP3 测试为  $-5dBm/音$ ,  $\Delta f = 1MHz$ ),  $P_{LO} = 0dBm$ , 在 140MHz 条件下进行 IF 输出测量, 除非特别注明。测试电路示于图 1。

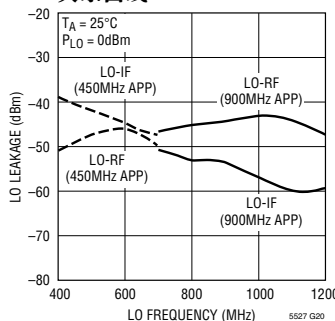
**转换增益、IIP3 和 NF 与 RF 频率的关系曲线**



**450MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线**

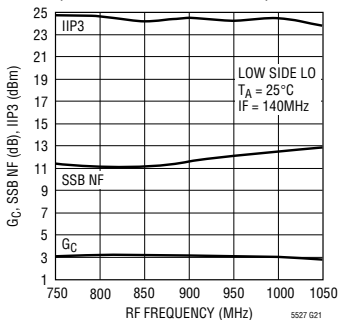


**LO 泄漏与 LO 频率的关系曲线**

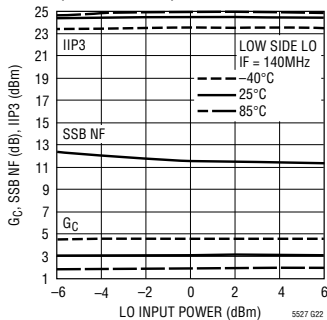


**典型 AC 性能特征** 低频段 (采用外部 RF/LO 匹配的 900MHz 应用)  $V_{CC} = 5V$ ,  $EN =$  高电平,  $P_{RF} = -5dBm$  (对于双音 IIP3 测试为  $-5dBm/音$ ,  $\Delta f = 1MHz$ ),  $P_{LO} = 0dBm$ , 在 140MHz 条件下进行 IF 输出测量, 除非特别说明。测试电路示于图 1。

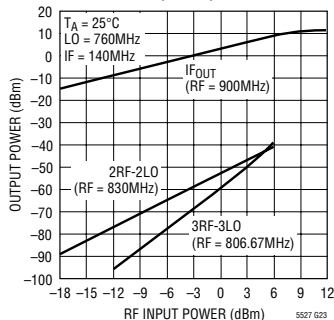
**转换增益、IIP3 和 NF 与 RF 频率的关系曲线 (900MHz 低压侧应用)**



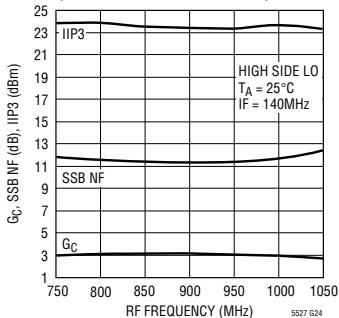
**900MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线 (低压侧 LO)**



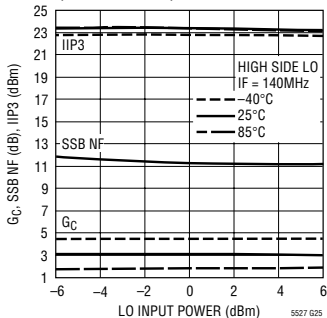
**IFOUT、2x2 和 3x3 寄生噪声与 RF 输入功率的关系曲线 (单音)**



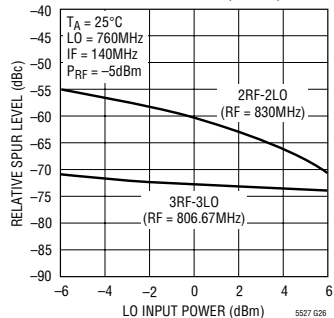
**转换增益、IIP3 和 NF 与 RF 频率的关系曲线 (900MHz 高压侧应用)**



**900MHz 转换增益、IIP3 和 NF 与 LO 功率的关系曲线 (高压侧 LO)**

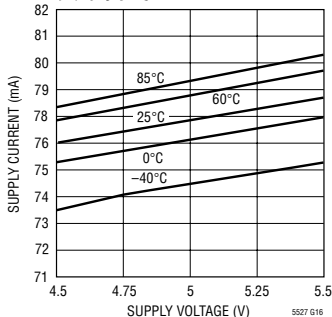


**2x2 和 3x3 寄生噪声与 LO 功率的关系曲线 (单音)**

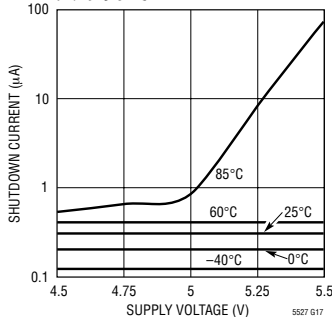


**典型 DC 性能特征** 测试电路示于图 1。

**电源电流与电源电压的关系曲线**



**停机电流与电源电压的关系曲线**



## 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改善 LO 与 RF 之间以及 LO 与 IF 之间的隔离度。

**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 输入变压器的初级侧。**如果未对 RF 信号源进行隔直流处理，则必须采用一个串联隔离电容器。**在 1.7GHz 至 3GHz 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 3700MHz 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 3V 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，所有的电路均失效。典型输入电流为 50 $\mu$ A (当 EN = 5V 时) 和 0 $\mu$ 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 2.8mA。应从外部将该引脚连接至  $V_{CC1}$  引脚，并通过 1000pF 和 1 $\mu$ 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 23.2mA。应从外部将该引脚连接至  $V_{CC2}$  引脚，并通过 1000pF 和 1 $\mu$ F 电容器对其进行去耦。

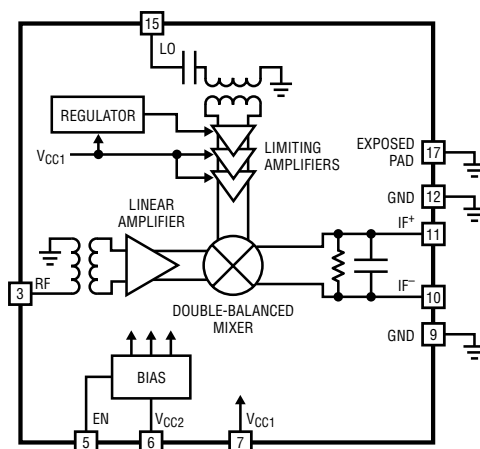
**GND (引脚 9、12) :** 地。在内部将这些引脚连接至封装背部的地以改善隔离度。应将这些引脚连接至电路板上的 RF 地，虽然它们并不是用于通过封装的背部触点来取代主端接地的。

**IF<sup>-</sup>、IF<sup>+</sup> (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将这些引脚连接至  $V_{CC}$ 。

**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流处理的 LO 变压器的初级侧。无需采用一个外部隔离电容器。在 1.2GHz 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

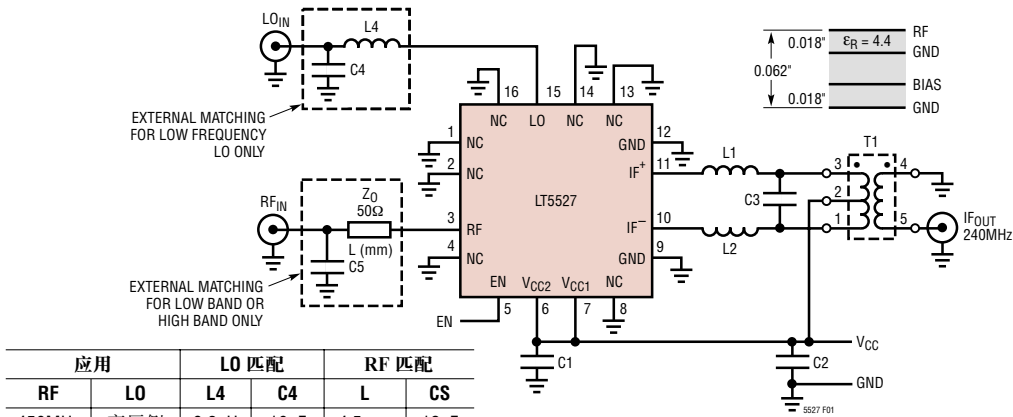
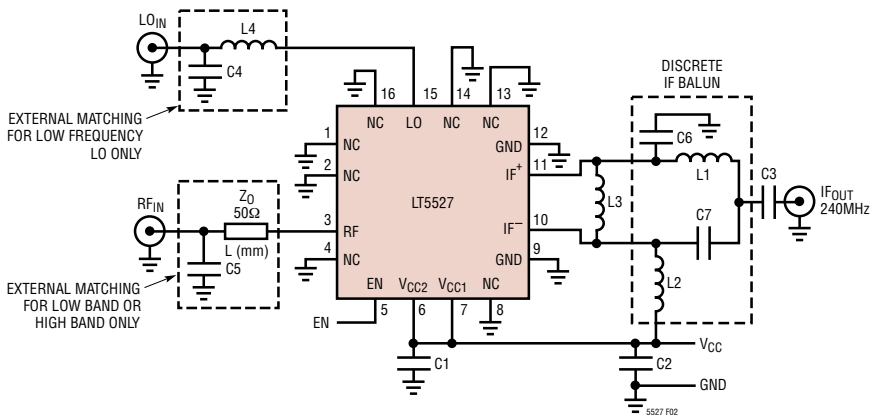


图 1：下混频器测试原理图 — 标准 IF 匹配 (240MHz IF)

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, L2	82nH	0603	Toko LLQ1608-A82N
C3	2.7pF	0402	AVX 04025A2R7CAT	T1	4:1		M/A-Com ETC4-1-2 (2MHz 至 800MHz)



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 LLQ1608-AR10
C6, C7	4.7pF	0402	AVX 04025A4R7CAT	L3	220nH	0603	Toko LLQ1608-AR22

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)



## 应用信息

### 引言

LT5527 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。

可使用两种评价板。图 1 所示的标准评价电路包括基于变压器的 IF 匹配，并面向那些要求极低的 LO-IF 泄漏电平和极宽的 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相似的噪声系数和线性度以及更高的转换增益，但 LO-IF 泄漏性能有所下降，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。变压器的初级端与 RF 输入引脚(引脚 3) 和地相连。变压器的次级侧在内部与放大器的差分输入端相连。

变压器初级端的一端在内部接地。如果 RF 信号源具有 DC 电压，则必须采用一个与 RF 输入引脚串联的耦合电容器。

在 1.7GHz 至 3GHz 范围内对 RF 输入进行内部匹配处理，因而在该频段上无需使用外部元件。在该频带的边缘，图 4a 中示出的输入回程损耗一般为 10dB。可采用引脚 3 上的一个 2.7pF 串联电容器来对该频带下边缘处的输入匹配进行优化，这可以使 1.7GHz 回程损耗改善至 20dB 以上。同样，利用一个

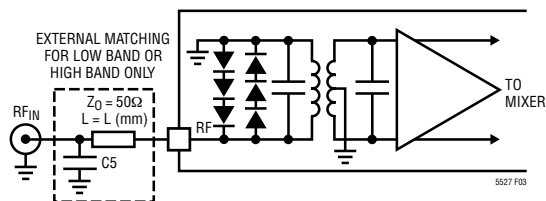
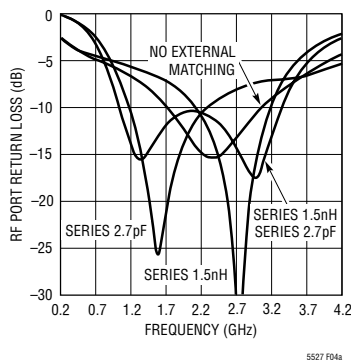


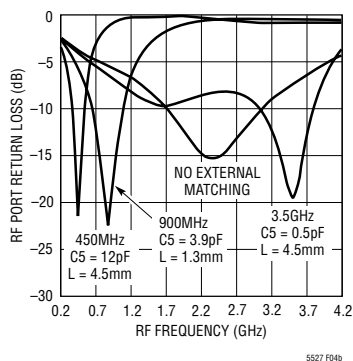
图 3：RF 输入电路原理图

1.5nH 串联电感可将 2.7GHz 匹配性能提升至 30dB 以上。一个 1.5nH/2.7pF 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 1.1GHz ~ 3.3GHz。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 3700MHz。通过在评价板的 50Ω 输入传输线上 4.5mm 的地方布设 C5 = 12pF 实现了 450MHz 输入匹配。900MHz 输入匹配要求在 1.3mm 的地方布设 C5 = 3.9pF。而 3500MHz 输入匹配则是通过在 4.5mm 的地方布设 C5 = 0.5pF 来实现的。该串联传输线/并联电



(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

容器匹配拓扑结构使得 LT5527 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。

这三种场合 (450MHz、900MHz 和 3500MHz) 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。

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被用来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	4.8 + j2.6	0.825	173.9
300	9.0 + j11.9	0.708	152.5
450	11.9 + j15.3	0.644	144.3
600	14.3 + j18.2	0.600	137.2
900	19.4 + j23.8	0.529	123.2
1200	26.1 + j29.8	0.467	107.4
1500	37.3 + j33.9	0.386	89.3
1850	57.4 + j29.7	0.275	60.6
2150	71.3 + j10.1	0.193	20.6
2450	64.6 - j13.9	0.175	-36.8
2650	53.0 - j21.8	0.209	-70.3
3000	35.0 - j21.2	0.297	-111.2
3500	20.7 - j9.0	0.431	-155.8
4000	14.2 + j0.6	0.564	164.8
5000	10.4 + j31.9	0.745	113.3

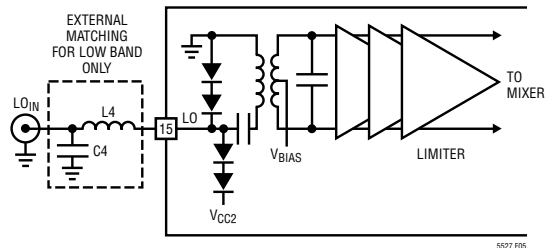
### LO 输入端口

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，旨在获得最高的线性度和最低的噪声系数。与变压器初级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。

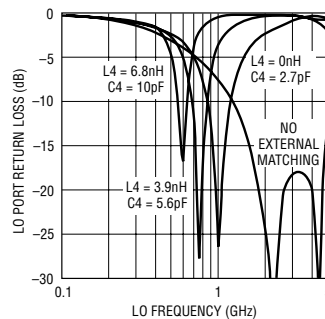
尽管最大可用频率被内部放大器限制于 3.5GHz，但仍然在 1.2GHz ~ 5GHz 的频率范围内对 LO 输入进行内部处理。可利用引脚 15 上的单个分流电容器 (C4) 来把输入匹配下移至 750MHz。图 6 给出了一个实例，在该例中，C4 = 2.7pF 产生了一个 850MHz ~ 1.2GHz 匹配。

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 = 3.9nH/C4 = 5.6pF 产生了一个 650MHz ~ 830MHz 匹配，而 L4 = 6.8nH/C4 = 10pF 则产生了一个 540MHz ~ 640MHz 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。

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



**图 5：LO 输入电路原理图**



**图 6：LO 输入回程损耗**

## 应用信息

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	30.4 - j355.7	0.977	-15.9
300	8.7 - j52.2	0.847	-86.7
450	9.4 - j25.4	0.740	-124.8
600	11.5 - j8.9	0.635	-158.7
900	19.7 + j12.8	0.463	146.7
1200	34.3 + j24.3	0.330	106.9
1500	49.8 + j21.3	0.209	78.5
1850	53.8 + j8.9	0.093	61.7
2150	50.4 + j3.2	0.032	80.5
2450	45.1 + j0.3	0.052	176.5
2650	41.1 + j2.4	0.101	163.1
3000	41.9 + j8.1	0.124	129.8
3500	49.0 + j12.0	0.120	87.9
4000	55.4 + j8.6	0.096	53.2
5000	33.2 + j8.7	0.226	146.7

## IF 输出端口

IF 输出 (IF<sup>+</sup> 和 IF<sup>-</sup>) 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 26mA 的电源电流 (总计 52mA)。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。标准评价板包括 (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 2.5pF 电容器相并联的 415Ω 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 <sub>IF</sub>    X <sub>IF</sub> )
1	415    -j64k
10	415    -j6.4k
70	415    -j909
140	413    -j453
240	407    -j264
300	403    -j211
380	395    -j165
450	387    -j138
500	381    -j124

下文将说明以下三种差分至单端 IF 匹配方法：

- 直接 8:1 变压器
- 低通匹配 + 4:1 变压器
- 分立型 IF 平衡-不平衡转换器

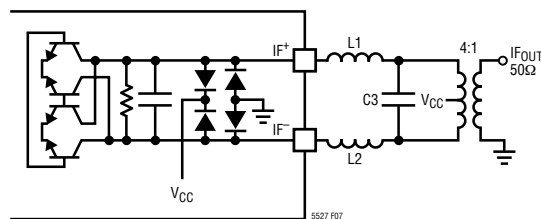


图 7：采用外部匹配的 IF 输出

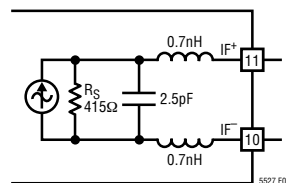


图 8：IF 输出小信号模型

应用信息

直接 8:1 IF 变压器匹配

对于低于 100MHz 的 IF 频率，最简单的 IF 匹配技术是在 IF 引脚上跨接一个 8:1 变压器。该变压器将执行阻抗变换并提供一个单端 50Ω 输出。无需进行其他的匹配处理。图 9 示出了采用该技术时的性能测量结果。这种匹配可通过将用于 L1 和 L2 的衬垫的两端短路、并用一个 8:1 变压器 (未安装 C3) 来替换 4:1 变压器而容易地在标准评价板上实现。

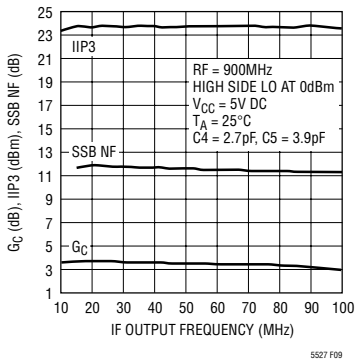


图 9：采用一个 8:1 IF 变压器时的典型转换增益、IIP3 和 SSB NF

低通 + 4:1 IF 变压器匹配

采用图 7 所示的简单三元件低通匹配网络能够实现极低的 LO-IF 泄漏和宽 IF 带宽。匹配元件 C3、L1 和 L2 与内部 2.5pF 电容一起形成了一个 400Ω 至 200Ω 的低通匹配网络，该网络被调谐至期望的 IF 频率。4:1 变压器随后将 200Ω 差分输出变换至一个 50Ω 单端输出。

该匹配网络最适合高于约 40MHz 的 IF 频率。在 40MHz 以下，串联电感器 (L1 和 L2) 的数值不合理地偏高，并有可能引发稳定性问题 (取决于电感值和寄生干扰)。因此，对于低 IF 频率，建议采用 8:1 变压器技术。

表 4 罗列了针对若干种 IF 频率的低通匹配元件的推荐参数值。高 Q 值线绕片式电感器 (L1 和 L2)

能够将混频器的转换增益提高几十个 dB，但对线性度几乎没有影响。图 10 绘出了采用简单的 8:1 变压器方法和低通/4:1 变压器方法时每种场合的输出回程损耗测量结果。

表 4：IF 匹配元件参数值

曲线序号	IF 频率 (MHz)	L1 · L2 (nH)	C3 (pF)	IF 变压器
1	1 至 100	短路	-	TC8-1 (8:1)
2	140	120	-	ETC4-1-2 (4:1)
3	190	110	2.7	ETC4-1-2 (4:1)
4	240	82	2.7	ETC4-1-2 (4:1)
5	380	56	2.2	ETC4-1-2 (4:1)
6	450	43	2.2	ETC4-1-2 (4:1)

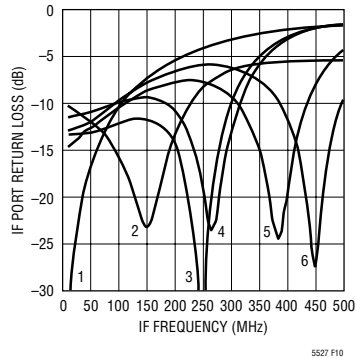


图 10：采用低通/变压器匹配时的 IF 输出回程损耗

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-不平衡变压器来替代 IF 转换器。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 单端输出所需的合适 L1、L2、C6 和 C7 数值。计算电感器 L3 的合适电感值以抵消 2.5pF 的内部电容。L3 还向 IF+ 引脚提供偏置电压。对于 L1 和 L2 而言，采用低成本的多层片式电感器便足够了。建议 L3 采用一个高 Q 值线绕片式电感器，旨在最大限度地提高转换增益，并最大限度地减小 IF+ 脚上的 DC 压降。C3 是一个隔直流电容器。

## 应用信息

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

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

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

与低通/4:1 变压器匹配技术相比, 该网络可提供大约高出 0.8dB 的转换增益 (原因是消除了 IF 变压器损耗) 以及相似的噪声系数和 IIP3。在偏离中心频率达 ±15% 的情况下, 转换增益和噪声系数将下降 1dB 左右。当偏离中心频率达 ±15% 以上时, 转换增益逐渐下降而噪声系数迅速上升。IIP3 对带宽不太敏感。除了 IF 带宽之外, 与采用低通/4:1 变压器匹配所实现的超群性能相比, 最显著的差异是 LO-IF 泄漏 (衰减至 -38dBm 左右)。

针对四种常见 IF 频率的分立型 IF 平衡-不平衡转换器元件参数值列于表 5。对应的 IF 输出回程损耗测量结果示于图 11。由于电路板和元件寄生干扰的缘故, 表 5 中列出的数值与计算值略有差异。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 12。针对相同电路的典型转换增益、IIP3 和噪声系数与 IF 输出频率的关系曲线示于图 13。

表 5：分立型 IF 平衡-不平衡转换器元件参数值 (R<sub>OUT</sub> = 50 Ω)

IF 频率 (MHz)	L1, L2 (nH)	C6, C7 (pF)	L3 (nH)
190	120	6.8	220
240	100	4.7	220
380	56	3	68
450	47	27	47

对于全差分 IF 架构, 可以去掉 IF 变压器。图 14 给出了一个实例, 其中, 混频器的 IF 输出直接匹配至一个 SAW 滤波器中。至混频器的 IF 引脚的电源电压是通过位于一个带通 IF 匹配网络中的匹配电感器来施加的。按照使 L1、L2 和 C3 在期望的 IF 频率

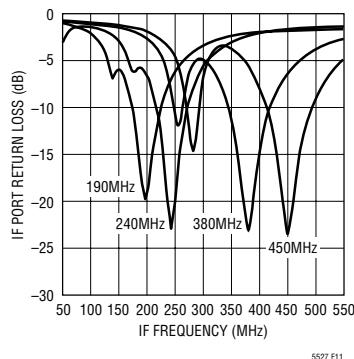


图 11：采用分立型平衡-不平衡转换器匹配时的 IF 输出回程损耗

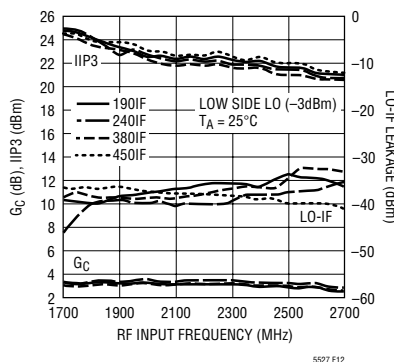


图 12：采用分立型 IF 平衡-不平衡转换器匹配时的转换增益、IIP3 和 LO-IF 泄漏与 RF 输入频率的关系曲线

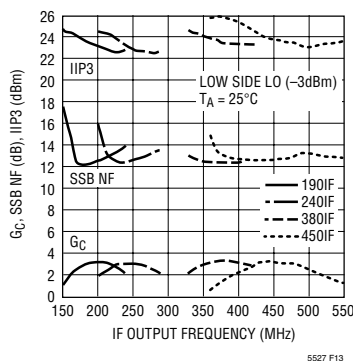


图 13：采用分立型 IF 平衡-不平衡转换器匹配时的转换增益、IIP3 和 SSB NF 与 IF 输出频率的关系曲线

## 应用信息

上谐振并具有一个满足所需 IF 带宽要求的品质因数来计算它们的参数值。然后对 L 和 C 的数值进行调整，以便对混频器的 2.5pF 内部电容和 SAW 滤波器的输入电容进行补偿。在这种场合，差分 IF 输出阻抗为  $400\Omega$ ，因为带通网络并不进行阻抗变换。

如果 SAW 滤波器的输入阻抗小于或大于  $400\Omega$ ，则有可能需要额外的匹配元件。请向凌特咨询，以获取相关的应用帮助。

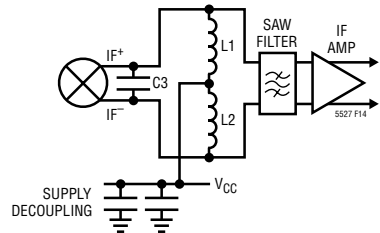
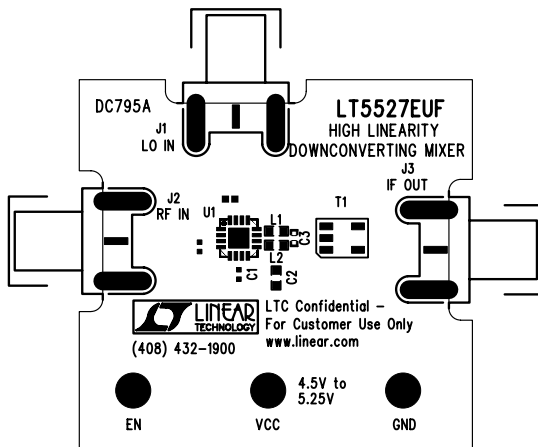
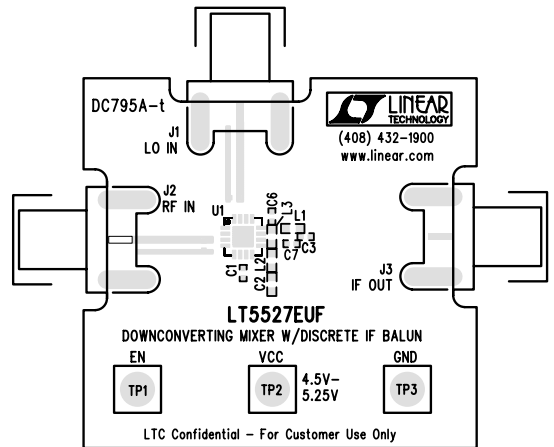


图 14：用于差分 IF 架构的带通 IF 匹配

### 标准评价板布局

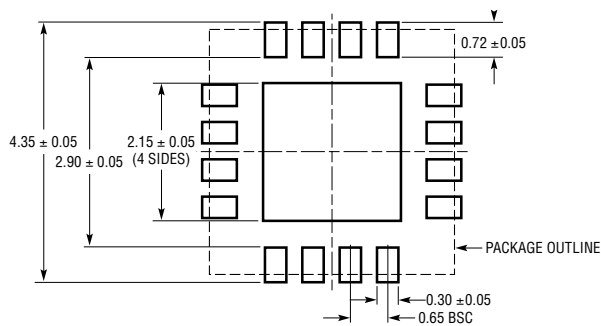


### 分立型 IF 评价板布局

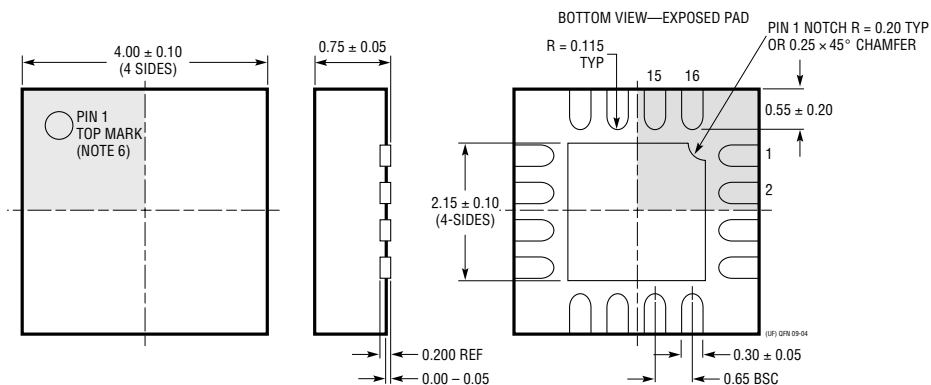


封装描述

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



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



NOTE:

1. DRAWING CONFORMS TO JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-220 VARIATION (WG6C)
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
<b>基础设施</b>		
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	DC 至 3GHz 高信号电平下变频混频器	DC 至 3GHz, 17dBm IIP3, 集成 LO 缓冲器
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, OIP3 = 47dBm (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
LT5524	具有数字可编程增益的低功率, 低失真 ADC 驱动器	450MHz 带宽, 40dBm OIP3, 4.5dB 至 27dB 增益控制
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 <sub>CC</sub> = 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 <sub>CC</sub> = 28mA, -65dBm LO-RF 泄漏
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, 在所有端口上均设有 50Ω 接口
<b>RF 功率检波器</b>		
LT5504	800MHz 至 2.7GHz RF 测量接收器	80dB 动态范围, 温度补偿, 2.7V 至 5.25V 电源
LTC®5505	动态范围大于 40dB 的 RF 功率检波器	300MHz 至 3GHz, 温度补偿, 2.7V 至 6V 电源
LTC5507	100kHz 至 1000MHz RF 功率检波器	100kHz 至 1GHz, 温度补偿, 2.7V 至 6V 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, 低功耗, SC70 封装
LTC5530	300MHz 至 7GHz 精准 RF 功率检波器	精准 V <sub>OUT</sub> 偏移控制, 停机功能, 可调增益
LTC5531	300MHz 至 7GHz 精准 RF 功率检波器	精准 V <sub>OUT</sub> 偏移控制, 停机功能, 可调偏移
LTC5532	300MHz 至 7GHz 精准 RF 功率检波器	精准 V <sub>OUT</sub> 偏移控制, 停机功能, 可调的增益和偏移
LT5534	具有 60dB 动态范围的 50MHz 至 3GHz RF 功率检波器	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 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
<b>低电压 RF 单元式部件</b>		
LT5546	具有 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
<b>宽带宽 ADC</b>		
LTC1749	12 位, 80Msps	500MHz 带宽 S/H, 71.8dB SNR
LTC1750	14 位, 80Msps	500MHz 带宽 S/H, 75.5dB SNR