

1.5GHz 至 2.5GHz 直接转换 正交解调器

特点

- 频率范围：1.5GHz 至 2.5GHz
- 高 IIP3：20dBm (在 1.9GHz)
- 高 IIP2：51dBm (在 1.9GHz)
- 噪声指数：16.8dB (在 1.9GHz)
- 转换增益：-0.7dB (在 1.9GHz)
- I/Q 增益失配：0.3dB
- I/Q 相位失配：1°
- 停机模式
- 带裸露衬垫的 16 引脚 QFN 4mm×4mm 封装

应用

- 蜂窝/PCS/UMTS 基础设施
- 高线性度直接转换 I/Q 接收器
- 高线性度 I/Q 解调器
- RF 功率放大器线性化

描述

LT[®]5515 是一款专为高线性度接收器应用而优化的 1.5GHz 至 2.5GHz 直接转换正交解调器。它适用于将 RF 信号直接转换成具有高达 260MHz 带宽的 I 和 Q 基带信号通信接收器。LT5515 具有平衡 I 和 Q 混频器、LO 缓冲放大器和一个精准的高频正交发生器。

LT5515 所具有的高线性度能够在 RF 接收器中提供极佳的无寄生动态范围，即使在采用固定增益前端放大的情况下亦是如此。这种直接转换接收器能够免除进行中频 (IF) 信号处理以及相应的图像滤波和 IF 滤波的需要。通道滤波可以直接在 I 和 Q 通道的输出端上实行。这些输出可直接与通道选择滤波器 (LPF) 或一个基带放大器相连。

、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。

典型应用

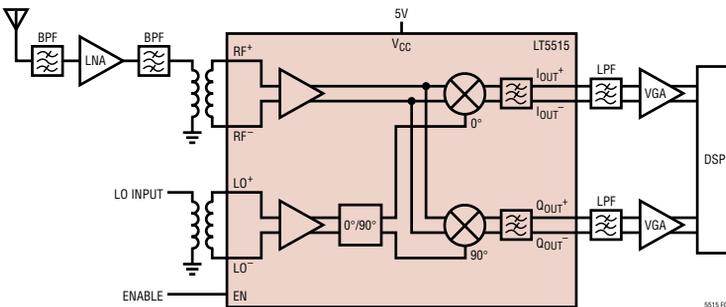
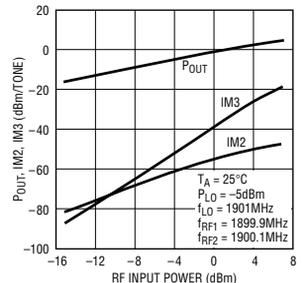


图 1：用于无线基础设施的高信号电平 I/Q 解调器

I/Q 输出功率、IM2、IM3 与 RF 输入功率的关系曲线



LT5515

绝对最大额定值 (注1)

电源电压	5.5V
使能电压	0, V _{CC}
LO ⁺ 至 LO ⁻ 差分电压	±2V
	(+10dBm 等效)
RF ⁺ 至 RF ⁻ 差分电压	±2V
	(+10dBm 等效)
工作环境温度	-40°C 至 85°C
贮存温度范围	-65°C 至 125°C
最大结温	125°C

封装/订购信息

<p>TOP VIEW</p> <p>16-LEAD (4mm x 4mm) PLASTIC QFN EXPOSED PAD IS GND (PIN 17), MUST BE SOLDERED TO PCB T_{JMAX} = 125°C, θ_{JA} = 38°C/W</p>	产品型号
	LT5515EUF
	UF 器件标记
	5515

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌特公司。

AC 电特性 T_A = 25°C, V_{CC} = 5V, f_{RF1} = 1899.9MHz, f_{RF2} = 1900.1MHz, f_{LO} = 1901MHz, P_{LO} = -5dBm, 除非特别注明。(注 2、3) (测试电路示于图 2)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围			1.5 至 2.5		GHz
LO 功率			-10 至 0		dBm
转换增益	电压增益, 负载阻抗 = 1k	-3	-0.7		dB
噪声指数			16.8		dB
输入三阶截接	双音, -10dBm/音, Δf = 200kHz		20		dBm
输入二阶截接	双音, -10dBm/音, Δf = 200kHz		51		dBm
输入 1dB 压缩			9		dBm
基带带宽			260		MHz
I/Q 增益失配	(注 4)		0.3	0.7	dB
I/Q 相位失配	(注 4)		1		度
输出阻抗	差分		120		Ω
LO 至 RF 漏泄			-46		dBm
RF 至 LO 隔离			46		dB

DC 电特性 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ ，除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压		4		5.25	V
供电电流		95	125	160	mA
停机电流	EN = 低电平			20	μA
接通时间			120		ns
关断时间			650		ns
EN = 高电平(接通)		1.6			V
EN = 低电平(关断)				1.3	V
EN 输入电流	$V_{\text{ENABLE}} = 5\text{V}$		2		μA
输出 DC 偏移电压 ($ I_{\text{OUT}^+} - I_{\text{OUT}^-} $, $ Q_{\text{OUT}^+} - Q_{\text{OUT}^-} $)	$f_{\text{LO}} = 1901\text{MHz}$, $P_{\text{LO}} = -5\text{dBm}$		4	25	mV
输出 DC 偏移随温度的变化情况	-40°C 至 85°C		30		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

注 1：绝对最大额定值是指超出该值则器件的使用寿命可能会受损。

注 2：测试是在采用图 2 所示配置的情况下进行的。

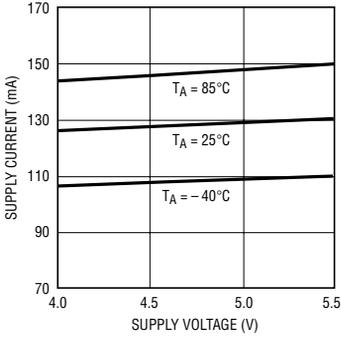
注 3： -40°C 至 85°C 工作温度范围内的指标通过设计、特性分析以及统计过程中的相关性来保证。

注 4：该数值是在 $P_{\text{RF}} = -5\text{dBm}$ 且输出频率 = 1MHz 的条件下测量的。

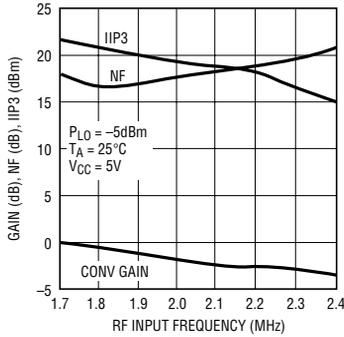
典型性能特征

(针对 1.9GHz 操作而优化的测试电路，如图 2 所示)

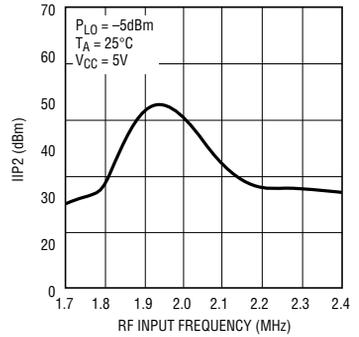
供电电流与供电电压的关系曲线



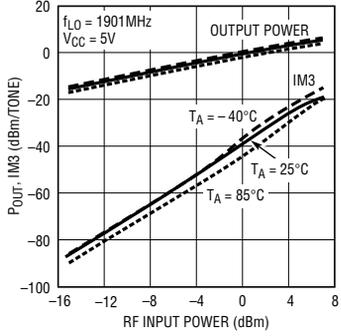
转换增益、NF、IIP3 与 RF 输入频率的关系曲线



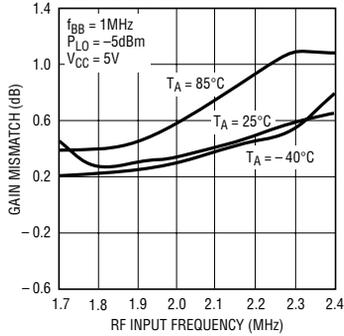
IIP2 与 RF 输入频率的关系曲线



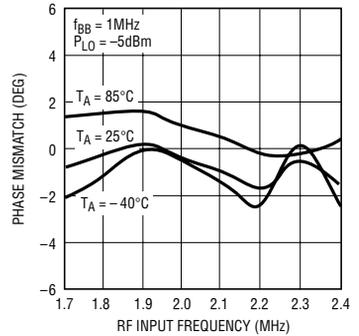
I/Q 输出功率、IM3 与 RF 输入功率的关系曲线



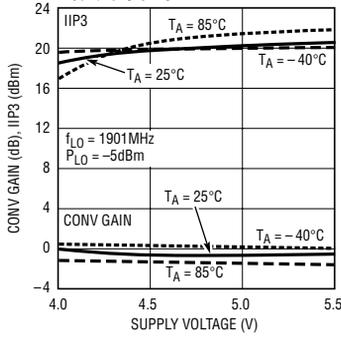
I/Q 增益失配与 RF 输入频率的关系曲线



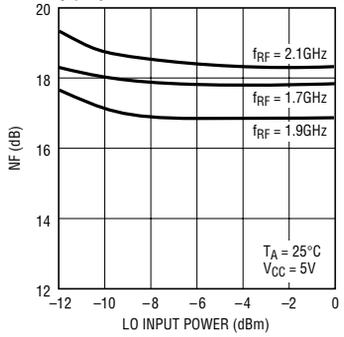
I/Q 相位失配与 RF 输入频率的关系曲线



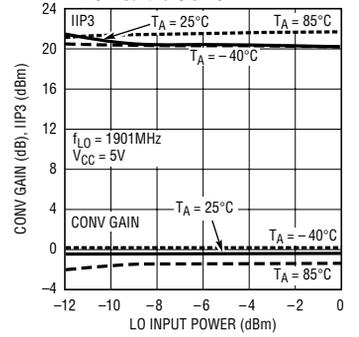
转换增益、IIP3 与供电电压的关系曲线



NF 与 LO 输入功率的关系曲线



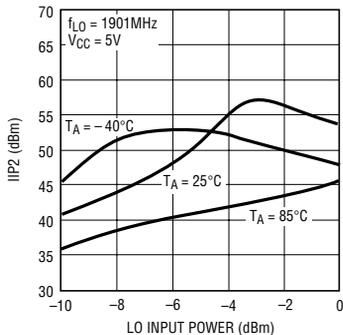
转换增益、IIP3 与 LO 输入功率的关系曲线



典型性能特征

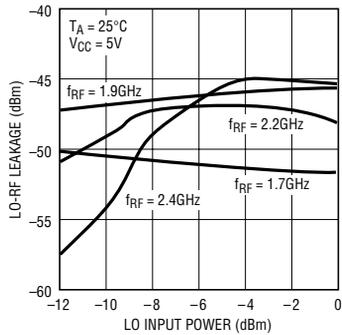
(针对 1.9GHz 操作而优化的测试电路，如图 2 所示)

IIP2 与 LO 输入功率的关系曲线



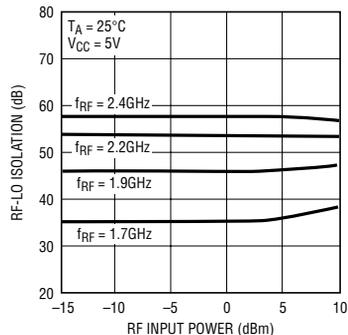
5515 V G10

LO-RF 漏泄与 LO 输入功率的关系曲线



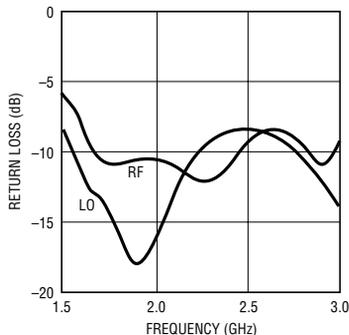
5515 V G11

RF-LO 隔离与 RF 输入功率的关系曲线



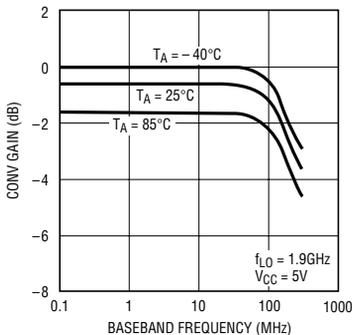
5515 V G12

RF、LO 端口回程损耗与频率的关系曲线



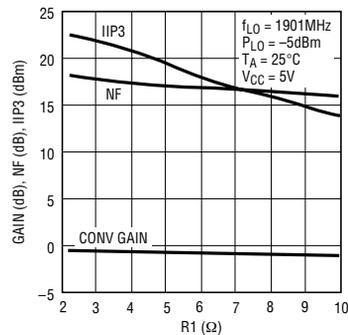
5515 V G13

转换增益与基带频率的关系曲线



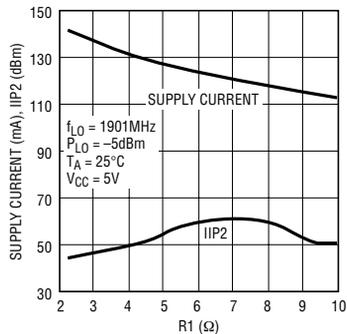
5515 V G14

转换增益、NF、IIP3 与 R1 的关系曲线



5515 V G15

供电电流、IIP2 与 R1 的关系曲线



5515 V G16

引脚功能

GND (引脚 1、4) : 接地引脚。

RF⁺、RF⁻ (引脚 2、3) : 差分 RF 输入引脚。在内部给这些引脚施加 1.54V 的偏压。必须采用一个差分信号对其进行驱动。需要采用一个外部匹配网络以进行阻抗变换。

V_{CC} (引脚 5、8、9、12) : 电源引脚。应采用 1000pF 和 0.1μF 的电容器来对这些引脚进行去耦。

V_{CM} (引脚 6) : 用于 I 混频器和 Q 混频器的共模和 DC 回线。必须在该引脚与地之间连接一个外部电阻器以设置 I/Q 解制器的 DC 偏置电流。

EN (引脚 7) : 使能引脚。当输入电压高于 1.6V 时，电路完全导通。当输入电压低于 1.3V，电路被关断。

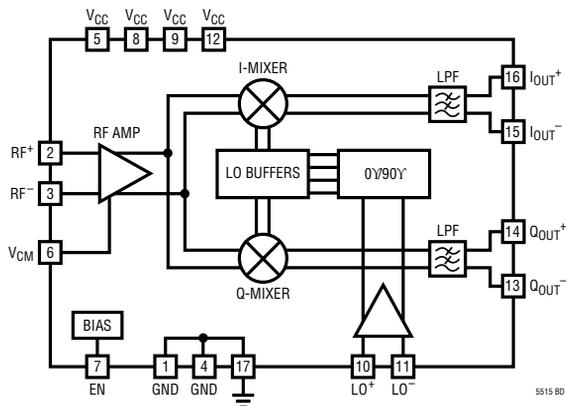
LO⁺、LO⁻ (引脚 10、11) : 差分本机振荡器输入引脚。在内部给这些引脚施加 2.44V 的偏压。可通过一个 1000pF 电容器将其中一个引脚连接至一个 AC 地来对这些引脚进行单端驱动。不过，推荐使用差分输入驱动，以最大限度地减少至 RF 输入引脚的 LO 馈通。

Q_{OUT}⁻、Q_{OUT}⁺ (引脚 13、14) : Q 通道的差分基带输出引脚。每个引脚的内部 DC 偏置电压为 V_{CC} - 0.85V。

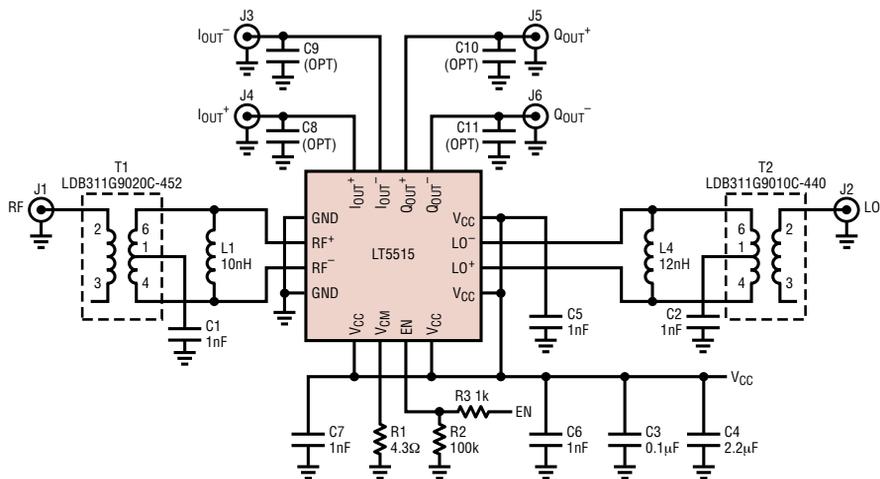
I_{OUT}⁻、I_{OUT}⁺ (引脚 15、16) : I 通道的差分基带输出引脚。每个引脚的内部 DC 偏置电压为 V_{CC} - 0.85V。

GROUND (引脚 17, 背面触点) : 用于整个 IC 的接地回线。该引脚必须被焊接到印刷电路板的接地平面。

方框图



测试电路



参考符号	数值	尺寸	器件型号
C1,C2,C5,C6,C7	1nF	0402	AVX 04025C102JAT
C3	0.1μF	0402	AVX 0402ZD104KAT
C4	2.2μF	3216	AVX TPSA225M010R1800
C8,C9,C10,C11	5.1pF	0402	AVX 04025A5RKAT
L1	10nH	0402	Murata LQP15M
L4	12nH	0402	Murata LQP15M
R1	4.3Ω	0402	
R2	100k	0402	
R3	1k	0402	
T1	1:4		Murata LDB311G9020C-452
T2	1:2		Murata LDB311G9010C-440

5515 F02

图 2：面向 1900MHz PCS/UMTS 应用的评估电路原理图

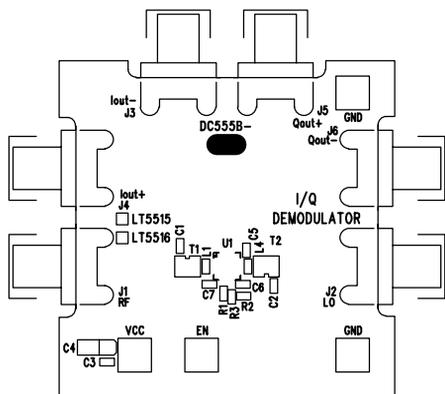


图 3：评估电路板的元件面丝网印刷

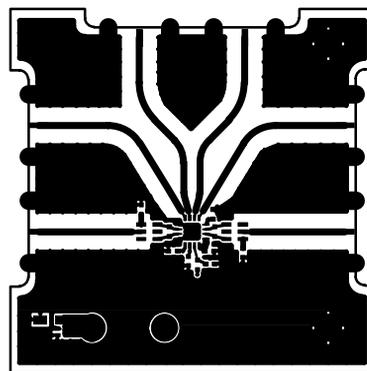


图 4：评估电路板的元件面布局

应用信息

LT5515 是一款面向高线性度接收器应用(包括无线基础设施)的直接 I/Q 解调器。它包括一个 RF 放大器、I/Q 混频器、一个正交 LO 载波发生器和偏置电路。

RF 信号被施加于 RF 放大器的输入端，然后采用正交 LO 信号将其解调为 I/Q 基带信号。采用精准的 90° 移相器在内部生成正交 LO 信号。利用一个 260MHz 的 -3dB 带宽在内部对经解调的 I/Q 信号进行低通滤波。I 通道和 Q 通道的差分输出具有良好的幅度匹配；其相位相隔 90°。

RF 输入端口

对于 RF 输入，强烈建议您采用差分驱动，以最大限度地减少至 RF 端口的 LO 馈通，并使增益最大化(见图 2)。在演示板上采用了一个 1:4 变压器以实现更宽范围的带宽匹配。为了确保良好的 NF 并最大限度地提升解调器增益，使用了一个低损耗的变压器。需要采用一个具有高谐振频率的并联电感器 L1 以进行正确的阻抗匹配。采用窄带、分立 L-C 电路也可实现单端至差分转换，以便在 RF⁺ 和 RF⁻ 输入端上生成所需的平衡波形。表 1 列出了 RF 输入的差分阻抗。

表 1：RF 输入差分阻抗

频率 (GHz)	差分输入阻抗 (Ω)	差分 S11	
		数值	角度(°)
1.5	176.0-j132.7	0.698	-24.9
1.6	170.0-j128.1	0.689	-25.9
1.7	164.3-j123.7	0.681	-26.8
1.8	158.5-j120.2	0.674	-27.7
1.9	155.0-j116.9	0.667	-28.5
2.0	150.7-j113.8	0.661	-29.4
2.1	146.8-j111.1	0.655	-30.2
2.2	143.3-j108.7	0.650	-31.1
2.3	139.7-j106.2	0.645	-32.0
2.4	136.6-j104.2	0.641	-32.8
2.5	133.5-j102.2	0.637	-33.7

在内部给 RF⁺ 和 RF⁻ 输入端(引脚 2、3)施加 1.54V 的偏压。当这两个引脚接地或与其他匹配元件相连时应对其进行隔直流处理。RF 输入等效电路示于图 5。

将一个 4.3Ω 电阻器(R1)连接至引脚 6(V_{CM})，用以设定获得 I/Q 混频器线性度所需的最佳 DC 电流。可通过改变 R1 而变化的 NF 与 IIP3 权衡折衷情况示于“典型性能特征”。当为获得更为优良的线性而使用了一个阻值较小的 R1 时，总供电电流将增大。建议采用一个 5V±5% 电源以确保高线性性能。

LO 输入端口

应对 LO 输入端(引脚 10、11)进行差分驱动以最大限度地减少至 RF 端口的 LO 馈通。如图 2 所示，这可以借助一个单端至差分转换来实现。12nH 并联电感器 L4 用于对 LO 差分输入端的容性元件进行微调。该电感器的谐振频率应高于工作频率。在演示板上采用了一个 1:2 变压器以使 LO 端口与一个 50Ω 电源相匹配。图 6 示出了 LO 输入等效电路以及相关匹配网络。

LO 输入端上的单端至差分转换也可采用一个分立 L-C 电路来实现，以便在未采用变压器的情况下产生一个平衡波形。

另一种解决方案是简单的单端终接。然而，至 RF 的馈通有可能出现劣化。任一个 LO⁺ 或 LO⁻ 输入人可通过匹配电路终接至一个 50Ω 电源，而另一个输入则通过一个 100pF 旁路电容器接地。

应用信息

表 2 列出了 LO 输入端口的差分输入阻抗。

表 2：LO 输入差分阻抗

频率 (GHz)	差分输入阻抗 (Ω)	差分 S11	
		数值	角度($^{\circ}$)
1.5	91.0-j59.4	0.469	-45.8
1.6	85.3-j56.4	0.457	-49.8
1.7	79.7-j52.7	0.440	-53.9
1.8	74.5-j48.9	0.421	-58.0
1.9	69.8-j44.9	0.399	-62.2
2.0	65.8-j41.2	0.377	-66.1
2.1	62.2-j37.5	0.352	-69.9
2.2	59.4-j34.2	0.328	-73.3
2.3	56.4-j31.0	0.303	-76.5
2.4	55.0-j28.2	0.279	-79.5
2.5	53.4-j25.6	0.257	-82.3

I 通道和 Q 通道输出

每个 I 通道和 Q 通道输出均通过一个 60Ω 电阻器在内部与 V_{CC} 相连。输出 DC 偏置电压为 $V_{CC} - 0.85V$ 。这些输出可 DC 耦合或 AC 耦合至外部负载。解调器的差分输出阻抗为 120Ω ，与一个 $5pF$ 的内部电容器并联形成了一个在 $260MHz$ 条件下具有 $-3dB$ 拐角频率的低通滤波器。 R_{LOAD} (单端负载电阻) 应大

于 600Ω 以确保获得满增益。当差分输出端被 R_{LOAD} 所终接时，增益将减小 $20 \cdot \log(1 + 120\Omega/R_{LOAD})$ (单位： dB)。例如，当每个输出引脚被连接至一个 50Ω 负载 (100Ω 差分负载) 时，增益将减小 $6.85dB$ 。为了获得最佳的 RF 性能 (包括 NF 和 IM2)，应对输出进行差分处理 (或采用差分至单端转换)。

I 通道输出信号与 Q 通道输出信号的相位关系是固定的。当 LO 输入频率高于 (或低于) RF 输入频率时，Q 通道输出 (Q_{OUT}^+ 、 Q_{OUT}^-) 超前 (或滞后) I 通道输出 (I_{OUT}^+ 、 I_{OUT}^-) 90° 。

当采用 AC 输出耦合时，最终高通滤波器的 $-3dB$ 滚降频率由阻塞电容器和 R_{LOAD} 的 R-C 常数来决定 (假定 $R_{LOAD} > 600\Omega$)。

在解调器的输出被 DC 耦合至外部负载的场合应谨慎，以保证给 I/Q 混频器施加适当的偏压。如果每个输出的漏电流均超过了 $6mA$ ，则线性性能会明显劣化。当输出被连接至一个具有高于 $V_{CC} - 0.85V$ DC 电压的外部负载时，每个输出吸收的电流都不能超过 $14mA$ 。I/Q 输出等效电路示于图 7。

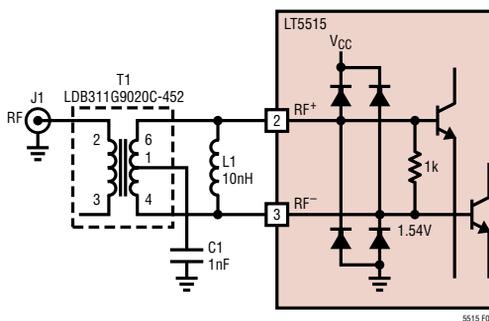


图 5：采用外部匹配 (在 $1.9GHz$ 频率上) 的 RF 输入等效电路

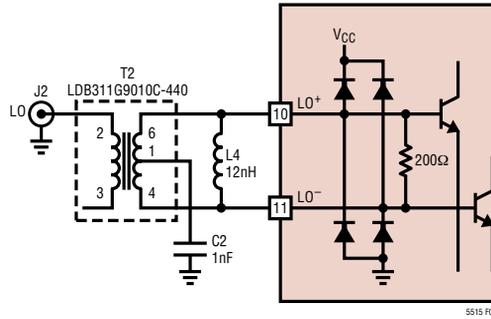


图 6：采用外部匹配 (在 1.9GHz 频率上) 的 LO 输入等效电路

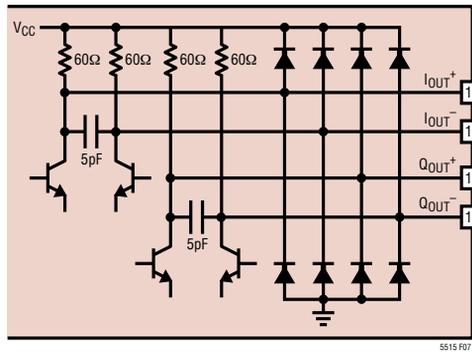
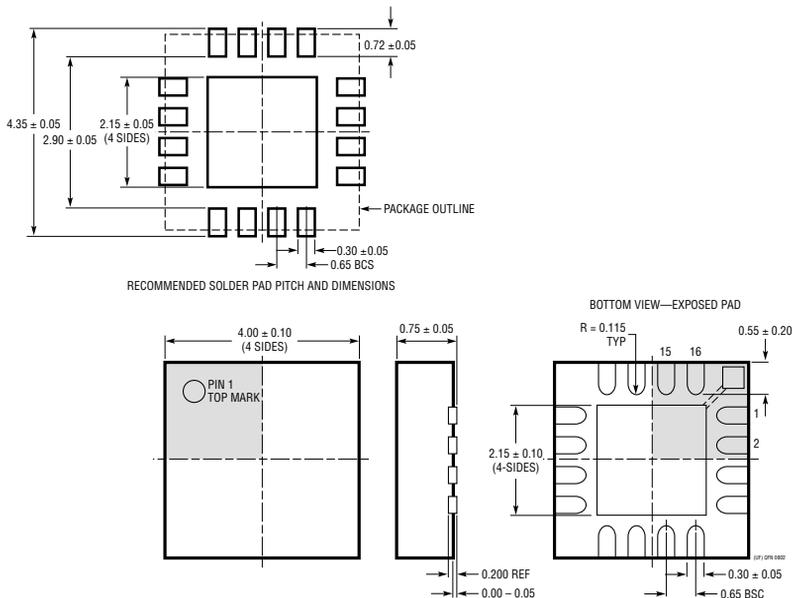


图 7：I/Q 输出等效电路

封装描述

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



- NOTE:
1. DRAWING CONFORMS TO JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-220 VARIATION (WGGC)
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. 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
 4. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED

相关器件

器件型号	描述	备注
RF 功率控制器		
LTC1757A	RF 功率控制器	多频段 GSM/DCS/GPRS 移动电话
LTC1758	RF 功率控制器	多频段 GSM/DCS/GPRS 移动电话
LTC1957	RF 功率控制器	多频段 GSM/DCS/GPRS 移动电话
LTC4400	采用 SOT-23 封装的 RF PA 控制器	多频段 GSM/DCS/GPRS 电话, 45dB 动态范围, 450kHz 环路带宽
LTC4401	采用 SOT-23 封装的 RF PA 控制器	多频段 GSM/DCS/GPRS 电话, 45dB 动态范围, 250kHz 环路带宽
LTC4403	面向 EDGE/TDMA 的 RF 功率控制器	多频段 GSM/GPRS/EDGE 移动电话
LT5500	RF 前端	双 LNA 增益设定为 +13.5dB/-14dB (在 2.5GHz 条件下), 双平衡混频器, 1.8V ≤ V _{SUPPLY} ≤ 5.25V
LT5502	具有 RSSI 的 400MHz 正交解调器	1.8V 至 5.25V 电源, 70MHz 至 400MHz IF, 84dB 极限增益, 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, 四级 RF 功率控制, 120MHz 调制带宽
LT5504	800MHz 至 2.7GHz RF 测量接收器	80dB 动态范围, 温度补偿, 2.7V 至 5.5V 电源
LTC5505	300MHz 至 3.5GHz RF 功率检波器	动态范围大于 40dB, 温度补偿, 2.7V 至 6V 电源
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
LTC5507	100kHz 至 1GHz RF 功率检波器	48dB 动态范围, 温度补偿, 2.7V 至 6V 电源
LTC5508	300MHz 至 7GHz RF 功率检波器	SC70 封装
LTC5509	300MHz 至 3GHz RF 功率检波器	36dB 动态范围, SC70 封装
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	高信号电平下变频混频器	DC-3GHz, 20dBm IIP3, 集成 LO 缓冲器
LT5516	800MHz 至 1.5GHz 直接转换正交解调器	21.5dBm IIP3, 集成 LO 正交发生器