

### 产品特性

宽带RF输入频率范围：24 GHz至44 GHz

2种上变频模式

从基带I/Q直接变频至RF

实数中频单边带上变频

LO输入频率范围：5.4 GHz至10.25 GHz

LO四倍频器最高可达41 GHz

单端RF输出和IF输入均匹配到50 Ω

LO输入可配置为100 Ω差分或50 Ω单端

100 Ω平衡基带输入

边带抑制和载波馈通优化

用于收发器功率控制的可变衰减器

可通过四线SPI接口配置

40引脚LGA封装

### 应用

点对点微波无线电

雷达、电子战系统

仪器仪表、自动测试设备(ATE)

### 功能框图

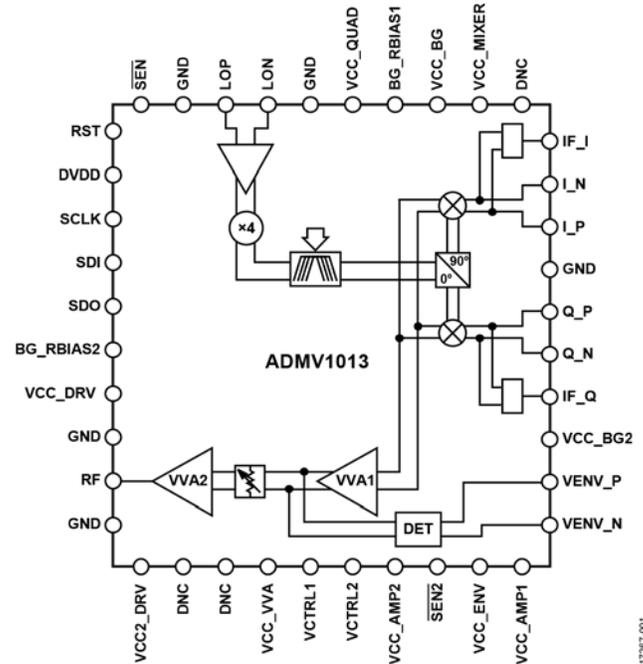


图1.

### 概述

ADMV1013是一款宽带、微波上变频器，针对点到点微波无线电设计进行优化，工作射频(RF)范围为24 GHz至44 GHz。

该上变频器提供两种频率转换模式。该器件能够从基带正交(I/Q)输入信号直接变频为射频RF，也能够将复中频(IF)单边带(SSB)上变频。可禁用基带I/Q输入路径，将0.8 GHz至6.0 GHz范围内的任何调制复中频信号上变频为24 GHz

至44 GHz，同时提供典型值优于26 dBc的无用边带抑制。可以通过SPI调整正交相位和混频器栅极电压，以实现最佳边带抑制和本振(LO)调零性能。此外，SPI接口可关断输出包络检波器以便降低功耗。

ADMV1013上变频器采用40引脚基板栅格阵列(LGA)封装。ADMV1013工作环境温度范围为-40°C至+85°C。

Rev. B

[Document Feedback](#)

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 ©2018–2019 Analog Devices, Inc. All rights reserved.  
Technical Support [www.analog.com/cn](http://www.analog.com/cn)

ADI 中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI 不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考 ADI 提供的最新英文版数据手册。

## 目录

产品特性 .....	1	边带抑制优化.....	25
应用 .....	1	载波馈通调零.....	26
功能框图 .....	1	包络检波器.....	26
概述 .....	1	关断和复位.....	26
修订历史 .....	2	串行端口接口(SPI) .....	26
技术规格 .....	3	应用信息 .....	28
串行接口寄存器时序 .....	5	从低频进行基带正交调制.....	28
绝对最大额定值 .....	6	不同四倍滤波器设置的性能 .....	28
热阻 .....	6	VVA温度补偿 .....	28
ESD警告 .....	6	差分与单端LO输入的性能比较.....	29
引脚配置和功能描述 .....	7	固定输入频率时不同RF频率下的性能.....	30
典型性能参数 .....	9	I/Q模式中不同共模电压下的性能.....	31
I/Q模式 .....	9	VCTRL1和VCTRL2独立工作 .....	31
IF模式 .....	14	推荐焊盘图样.....	33
包络检波器性能 .....	19	评估板信息 .....	33
回波损耗和隔离 .....	21	寄存器汇总 .....	34
M × N杂散性能.....	24	寄存器详解 .....	35
工作原理 .....	25	外形尺寸 .....	39
启动时序 .....	25	订购指南 .....	39
基带正交调制 (I/Q模式) .....	25		
单边带上变频 (IF模式) .....	25		
LO输入路径.....	25		

## 修订历史

### 2019年9月—修订版A至修订版B

更改图1 .....	1
更改图3和表5.....	7

### 2019年4月—修订版0至修订版A

更改图1 .....	1
更改表1的频率范围参数.....	3
更改“热阻”部分.....	6
更改图3 .....	7
更改表5 .....	8
更改图50的标题 .....	16

更改图58的标题 .....	18
更改“回波损耗和隔离”部分.....	21
移动图70；重新排序 .....	21
移动图72 .....	22
移动图77 .....	22
移动图80 .....	23
更改“M × N杂散性能”部分、“I/Q模式”部分和 “IF模式”部分.....	24
更改“启动时序”部分 .....	25

### 2018年12月—修订版0：初始版

## 技术规格

除非另有说明，IF和I/Q幅度 = -20 dBm，VCC\_DRV = VCC2\_DRV = VCC\_AMP2 = VCC\_ENV = VCC\_AMP1 = VCC\_BG2 = VCC\_MIXER = VCC\_BG = VCC\_QUAD = 3.3 V，DVDD = VCC\_VVA = 1.8 V， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，寄存器0x0A设置为0xE700。

IF模式下的测量条件是正交90°合路，寄存器0x03位7 = 1，IF输入频率( $f_{IF}$ ) = 3.5 GHz。

除非另有说明，I/Q模式下的测量结果是I和Q通道的复合性能，共模电压( $V_{CM}$ ) = 0 V，寄存器0x03位7 = 0，寄存器0x05位[6:0] = 0x051。I/Q基带频率( $f_{BB}$ ) = 100 MHz。

$V_{CTRL1} = V_{CTRL2}$ 。 $V_{CTRL}$ 为VCTRL1和VCTRL2引脚的衰减电压。除非另有说明， $V_{CTRL} = 1800\text{ mV}$ 。

表1.

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围					
RF输出		24		44	GHz
LO输入		5.4		10.25	GHz
LO四倍频器		21.6		41	GHz
IF输入		0.8		6.0	GHz
基带(BB) I/Q输入		DC		6.0	GHz
LO幅度范围		-6	0	+6	dBm
I/Q调制器性能					
转换增益	最大增益				
24 GHz至40 GHz	$f_{BB} \leq 3.5\text{ GHz}$	18	23		dB
40 GHz至44 GHz	$6\text{ GHz} > f_{BB} > 3.5\text{ GHz}$		21		dB
电压可变衰减器(VVA)控制范围			19		dB
单边带(SSB)噪声系数			35		dB
24 GHz至40 GHz	最大增益		18		dB
40 GHz至44 GHz			19		dB
输出三阶交调截点(IP3)	最大增益				
24 GHz至40 GHz		20	23		dBm
40 GHz至44 GHz			22		dBm
输出1 dB压缩点(P1dB)	最大增益				
24 GHz至40 GHz		10	13		dBm
40 GHz至44 GHz			12		dBm
边带抑制(SBR)	24 GHz至44 GHz，最大增益				
未校准			32		dBc
IF单边带上变频性能					
转换增益	最大增益				
24 GHz至40 GHz	$f_{IF} \leq 3.5\text{ GHz}$	13	18		dB
40 GHz至44 GHz	$6\text{ GHz} > f_{IF} > 3.5\text{ GHz}$		12		dB
VVA控制范围			14		dB
SSB噪声系数			35		dB
24 GHz至40 GHz	最大增益		25		dB
40 GHz至44 GHz			28		dB
输出OIP3	最大增益				
24 GHz至40 GHz		20	23		dBm
40 GHz至44 GHz			22		dBm
输出P1dB	最大增益				
24 GHz至40 GHz		10	13		dBm
40 GHz至44 GHz			12		dBm
SBR	24 GHz至44 GHz，最大增益				
未校准			26		dBc
已校准	校准使用LOAMP_PH_ADJ_Q_FINE和LOAMP_PH_ADJ_I_FINE位		36		dBc

参数	测试条件/注释	最小值	典型值	最大值	单位
包络检波器性能					
输出电平	实现最优性能				
最小值			-45		dBm
最大值			-20		dBm
包络带宽	使用两个信号音测量，RF时的总功率				
3 dB	输出( $P_{OUT}$ ) = 10 dBm		350		MHz
10 dB	RF频率( $f_{RF}$ ) = 28 GHz		1		GHz
$f_{RF}$ = 28 GHz					
回波损耗					
RF输出	50 $\Omega$ 单端		-8		dB
LO输入	100 $\Omega$ 差分		-12		dB
IF输入	50 $\Omega$ 单端		-12		dB
BB输入	100 $\Omega$ 差分		-10		dB
BB I/Q输入阻抗			100		$\Omega$
泄漏	最大增益				
基波LO至RF			-80		dBm
4 $\times$ LO至RF					
5.4 GHz至6.8 GHz LO	未校准		-12		dBm
6.8 GHz至10.25 GHz LO	未校准		-20		dBm
5.4 GHz至10.25 GHz LO	使用MXER_OFF_ADJ_I_N、 MXER_OFF_ADJ_I_P、 MXER_OFF_ADJ_Q_N、 MXER_OFF_ADJ_Q_P位校准， $V_{CTRL}$ = 1800 mV，IF模式		-45		dBm
5 $\times$ LO至RF			-55		dBm
基波LO至IF			-70		dBm
基波LO至I/Q			-75		dBm
逻辑输入					
输入电压范围					
高电平, $V_{INH}$		DVDD - 0.4		1.8	V
低电平, $V_{INL}$		0		0.4	V
输入电流, $I_{INH}/I_{INL}$			100		$\mu$ A
输入电容, $C_{IN}$			3		pF
逻辑输出					
输出电压范围					
高电平, $V_{OH}$		DVDD - 0.4		1.8	V
低电平, $V_{OL}$		0		0.4	V
输出高电流, $I_{OH}$				500	$\mu$ A
电源接口					
VCC_DRV、VCC2_DRV、VCC_AMP2、VCC_ENV、 VCC_AMP1、VCC_BG2、VCC_MIXER、VCC_BG、 VCC_QUAD		3.15	3.3	3.45	V
3.3V电源电流	$V_{CTRL}$ = 1.8 V，无IF和I/Q或LO输入信号		550		mA
DVDD、VCC_VVA		1.7	1.8	1.9	V
1.8V电源电流	$V_{CTRL}$ = 1.8 V，无IF和I/Q或LO输入信号		3		mA
总功耗			1.9		W
关断			77	136	mW

串行端口寄存器时序

表2.

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{SDI, SETUP}$	数据至时钟建立时间	10			ns
$t_{SDI, HOLD}$	数据至时钟保持时间	10			ns
$t_{SCLK, HIGH}$	时钟高电平持续时间	40至60			%
$t_{SCLK, LOW}$	时钟低电平持续时间	40至60			%
$t_{SCLK, SEN/SEN2\_SETUP}$	时钟至SEN/SEN2 建立时间	30			ns
$t_{SCLK, DOT}$	时钟至数据输出转换时间			10	ns
$t_{SCLK, DOV}$	时钟至数据输出有效时间			10	ns
$t_{SCLK, SEN/SEN2\_INACTIVE}$	时钟至SEN/SEN2无效	20			ns
$t_{SEN/SEN2\_INACTIVE}$	无效SEN/SEN2 (两次操作之间)	80			ns

时序图

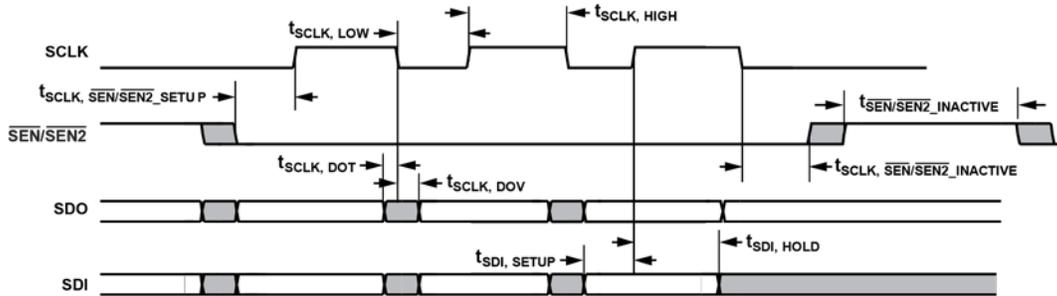


图2. 串行端口寄存器时序图

17267-106

## 绝对最大额定值

表3.

参数	额定值
电源电压	
VCC_DRV、VCC2_DRV、VCC_AMP2、 VCC_ENV、VCC_AMP1、VCC_BG2、 VCC_BG、VCC_MIXER	4.3 V
DVDD、VCC_VVA	2.3 V
IF输入功率	5 dBm
I/Q输入功率	5 dBm
LO输入功率	9 dBm
最高结温	125°C
最大功耗 <sup>1</sup>	2.9 W
最大结温(T <sub>J</sub> )下的寿命	1 × 10 <sup>6</sup> 小时
工作壳温范围	-40°C至+85°C
存储温度范围	-55°C至+125°C
引脚温度（焊接，60秒）	260°C
湿气敏感度等级(MSL)额定值2	MSL3
静电放电(ESD)敏感度	
人体模型(HBM)	1250 V
场感应元件充电模式(FICDM)	750 V

<sup>1</sup> 最大功耗是根据(T<sub>J</sub> - 85°C)/θ<sub>JC\_TOP</sub>计算得到的理论值。

<sup>2</sup> 基于 IPC/JEDEC J-STD-20 MSL 分类。

注意，等于或超出上述绝对最大额定值可能会导致产品永久性损坏。这只是额定最值，不表示在这些条件下或者在任何其它超出本技术规范操作章节中所示规格的条件下，器件能够正常工作。长期在超出最大额定值条件下工作会影响产品的可靠性。

### 热阻

热性能与印刷电路板(PCB)设计和工作环境直接相关。必须慎重对待 PCB 散热设计。

θ<sub>JA</sub> 是自然对流下的结至环境热阻，在 1 立方英尺的密封外罩中测量。θ<sub>JC</sub> 是结至外壳热阻。

如果列出的所有测试条件均与 JEDEC 规范类似，那么 θ<sub>JA</sub> 和 θ<sub>JC</sub> 只能用来比较不同封装的热性能。要计算结温，可以使用 Ψ<sub>JT</sub> 和 Ψ<sub>JB</sub> 以及下式：

$$T_J = (P \times \Psi_{JT}) + T_{TOP} \quad (1)$$

其中：

P 指芯片总功耗(W)。

Ψ<sub>JT</sub> 指结至顶部热特性参数。

T<sub>TOP</sub> 指封装顶部温度(°C)，系在封装顶部中央测得。

$$T_J = (P \times \Psi_{JB}) + T_{BOARD} \quad (2)$$

其中：

P 指芯片总功耗(W)。

Ψ<sub>JB</sub> 指结至板热特性值。

T<sub>BOARD</sub> 是指在封装最长边的中点，距离封装主体边缘不超过 1 mm 的位置测得的板温度(°C)。

如 JEDEC51-12 所述，当没有散热器时，必须使用公式 1 和公式 2。增加散热器后，可以使用 θ<sub>JC\_TOP</sub> 来预估和计算结温。

表4. 热阻

封装类型 <sup>1</sup>	θ <sub>JA</sub> <sup>2</sup>	θ <sub>JC_TOP</sub> <sup>3</sup>	θ <sub>JB</sub> <sup>4</sup>	Ψ <sub>JT</sub> <sup>5</sup>	Ψ <sub>JB</sub> <sup>6</sup>	单位
CC-40-5	28	13.8	11.1	6.4	13.8	°C/W

<sup>1</sup> 除非另有说明，表 4 给出的热阻值系基于 JEDEC 规范仿真而来，使用时必须遵守 JESD51-12 的规定。

<sup>2</sup> θ<sub>JA</sub> 为自然对流 JEDEC 环境下的结至环境热阻。

<sup>3</sup> θ<sub>JC\_TOP</sub> 为结至外壳（顶部）JEDEC 热阻。

<sup>4</sup> θ<sub>JB</sub> 为结至板 JEDEC 热阻。

<sup>5</sup> Ψ<sub>JT</sub> 为结至顶部 JEDEC 热特性参数。

<sup>6</sup> Ψ<sub>JB</sub> 为结至板 JEDEC 热特性参数。

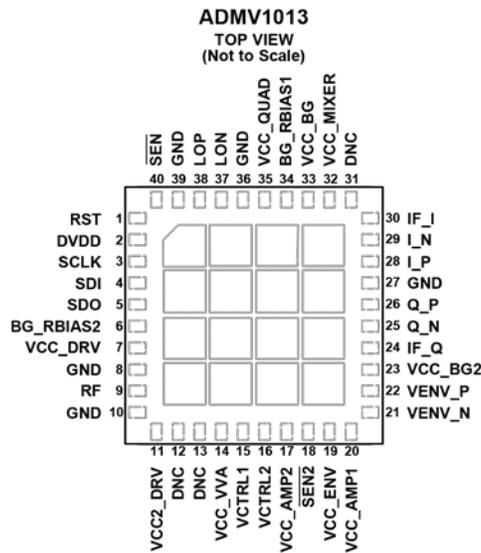
### ESD警告



#### ESD（静电放电）敏感器件。

带电器件和电路板可能会在没有察觉的情况下放电。尽管本产品具有专利或专有保护电路，但在遇到高能量 ESD 时，器件可能会损坏。因此，应当采取适当的 ESD 防范措施，以避免器件性能下降或功能丧失。

## 引脚配置和功能描述



NOTES  
 1. DNC = DO NOT CONNECT. DO NOT CONNECT TO THIS PIN.  
 2. EXPOSED PAD. SOLDER THE EXPOSED PAD TO A LOW IMPEDANCE GROUND PLANE.

17287-002

图3. 引脚配置

表5. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	RST	SPI复位。此引脚连接到逻辑高电平以便正常工作。SPI逻辑为1.8 V。
2	DVDD	1.8 V SPI数字电源。
3	SCLK	SPI时钟数字输入。
4	SDI	SPI串行数据输入。
5	SDO	SPI串行数据输出。
6	BG_RBIAS2	电压增益放大器(VGA)芯片带隙电路，外部高精度电阻。靠近此引脚并联一个1.1 kΩ高精度接地电阻。
7	VCC_DRV	RF驱动器的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
8、10、27、36、39	GND	地。
9	RF	RF输出。此引脚内部直流耦合到GND，并且匹配50 Ω单端电阻。
11	VCC2_DRV	RF前置驱动器的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
12、13、31	DNC	不连接。请勿连接该引脚。
14	VCC_VVA	VVA控制电路的1.8 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
15	VCTRL1	RF电压可变衰减器1 (VVA1)控制范围。此引脚串联一个1 kΩ电阻。
16	VCTRL2	RF电压可变衰减器2 (VVA2)控制范围。此引脚串联一个1 kΩ电阻。
17	VCC_AMP2	RF放大器2 (AMP2)的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
18	SEN2	VGA芯片的SPI串行使能。此引脚连接到引脚40 (SEN)。
19	VCC_ENV	包络检波器的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
20	VCC_AMP1	RF放大器1 (AMP1)的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
21	VENV_N	差分包络检波器负输出。
22	VENV_P	差分包络检波器正输出。
23	VCC_BG2	VGA芯片带隙电路的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
24、30	IF_Q、IF_I	IF单端复输入。这些引脚内部交流耦合。IF模式下，引脚25 (Q_P)、引脚26 (Q_N)、引脚28 (I_P)和引脚29 (I_N)必须保持浮空。
25、26	Q_N、Q_P	差分基带Q输入。这些引脚直流耦合。IF模式下请勿连接这些引脚。
28、29	I_P、I_N	差分基带I输入。这些引脚直流耦合。IF模式下请勿连接这些引脚。

引脚编号	引脚名称	描述
32	VCC_MIXER	混频器的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
33	VCC_BG	混频器芯片带隙电路的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
34	BG_RBIAS1	混频器芯片带隙电路，外部高精度电阻。靠近此引脚并联一个1.1 kΩ高精度接地电阻。
35	VCC_QUAD	四倍频器的3.3 V电源。靠近此引脚放置100 pF、0.01 μF和10 μF电容。
37、38	LON、LOP	差分本振的正负输入。此引脚内部直流耦合到地，并且匹配100 Ω差分或50 Ω单端电阻。如果以单端方式使用LO，未使用的LO端口应端接50Ω接地阻抗。
40	SEN	混频器芯片的SPI串行使能。此引脚连接到引脚18 (SEN2)。
	EPAD	裸露焊盘。将exposed pad与低阻抗接地层相连。

## 典型性能参数

### I/Q模式

除非另有说明, I/Q幅度 = -20 dBm, VCC\_DRV = VCC2\_DRV = VCC\_AMP2 = VCC\_ENV = VCC\_AMP1 = VCC\_BG2 = VCC\_MIXER = VCC\_BG = VCC\_QUAD = 3.3 V, DVDD = VCC\_VVA = 1.8 V, T<sub>A</sub> = 25°C, 寄存器0x0A设置为0xE700。VCTRL1 = VCTRL2。V<sub>CTRL</sub>为VCTRL1和VCTRL2引脚的衰减电压。除非另有说明, V<sub>CTRL</sub> = 1800 mV。除非另有说明, I/Q模式下的测量结果是I和Q通道的合路性能, V<sub>CM</sub> = 0 V, 寄存器0x03位7 = 0, 寄存器0x05位[6:0] = 0x051。I/Q f<sub>BB</sub> = 100 MHz。

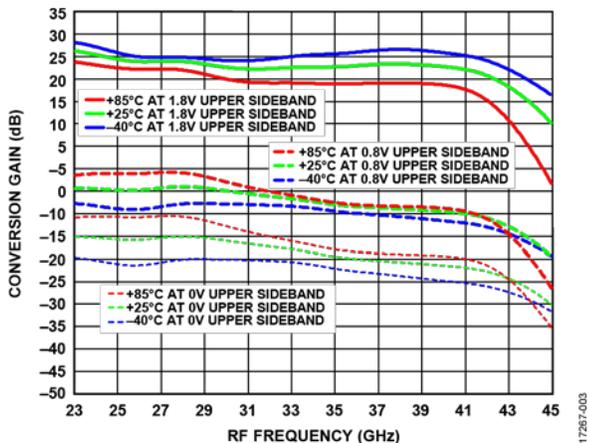


图4. 不同温度下三种不同增益设置的转换增益与RF频率( $f_{RF}$ )的关系,  $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

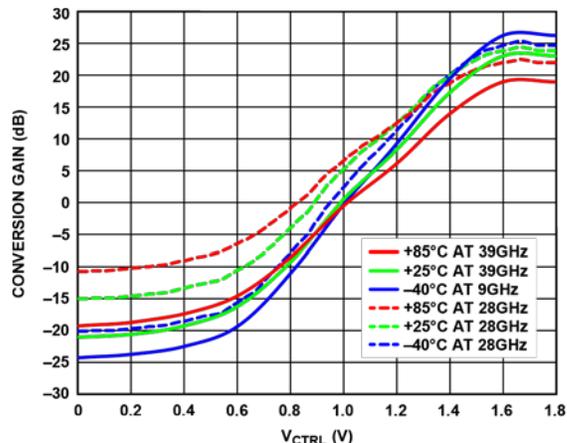


图7. 不同温度下转换增益与V<sub>CTRL</sub>的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz,  $f_{BB} = 100$  MHz

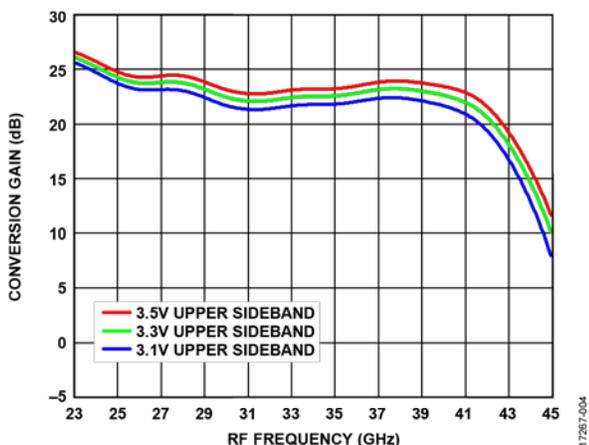


图5. 不同电源电压下转换增益与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

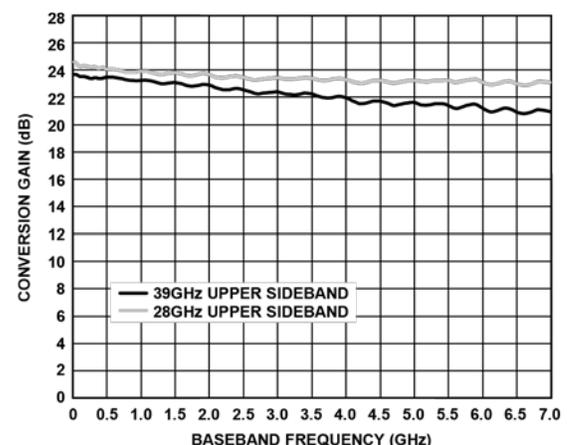


图8. 转换增益与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz (上边带)

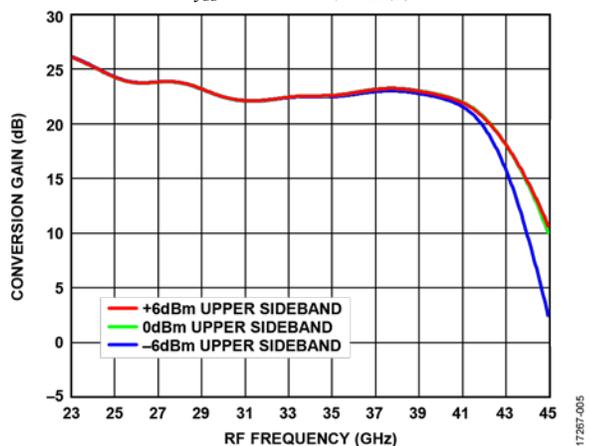


图6. 不同LO输入下转换增益与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

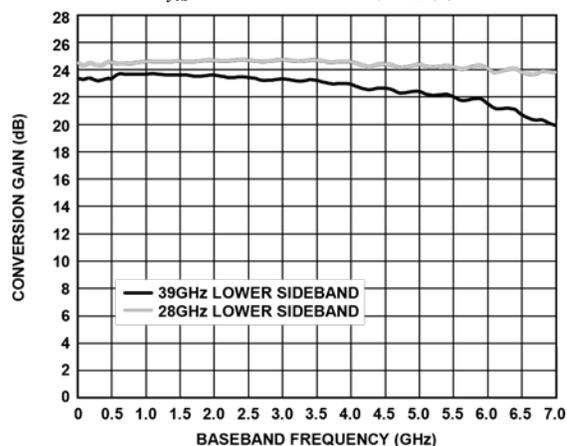


图9. 转换增益与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz (下边带)

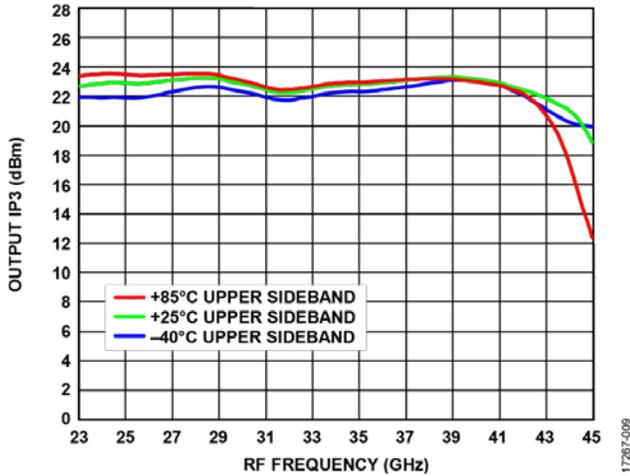


图10. 不同温度下最大增益时输出IP3与RF频率的关系,  
RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  
 $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

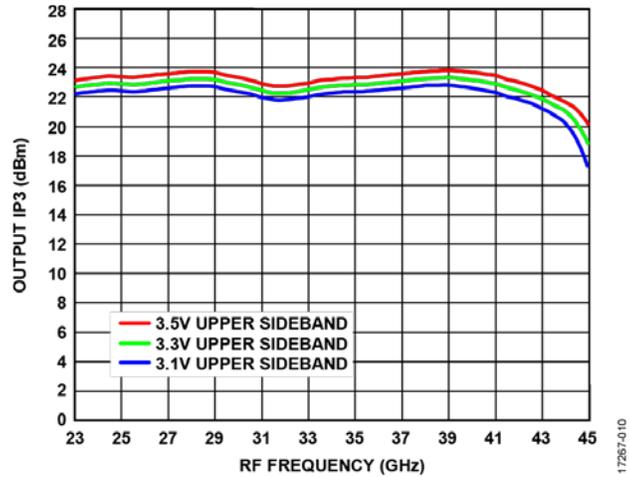


图11. 不同电源电压下最大增益时输出IP3与RF频率的关系,  
RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  
 $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

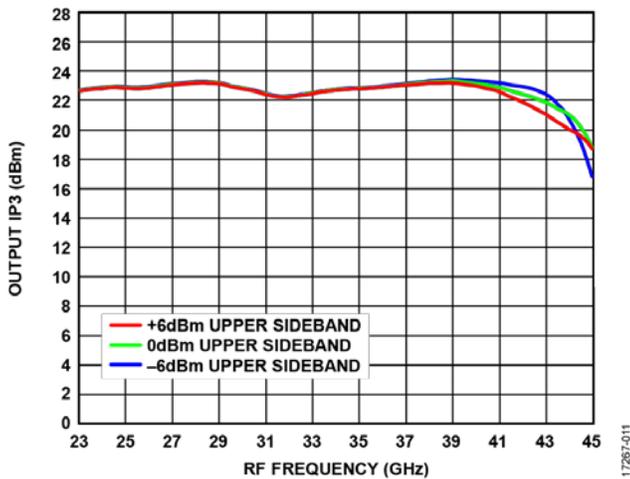


图12. 不同LO输入下最大增益时输出IP3与RF频率的关系,  
RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  
 $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

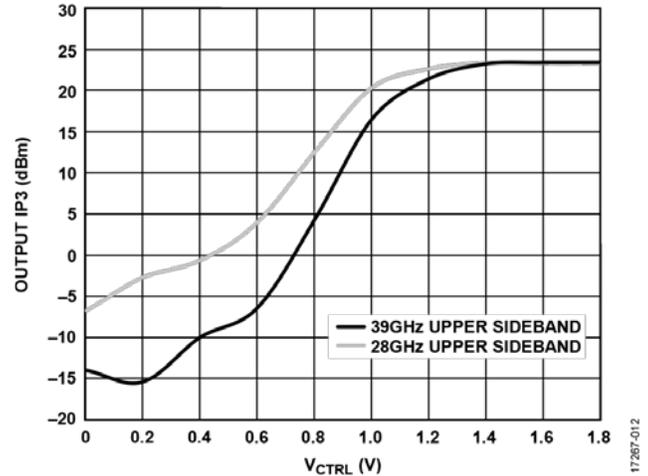


图13. 输出IP3与 $V_{CTRL}$ 的关系, RF幅度 = 每信号音-20 dBm,  
20 MHz间距,  $f_{BB} = 100$  MHz,  
 $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz (上边带)

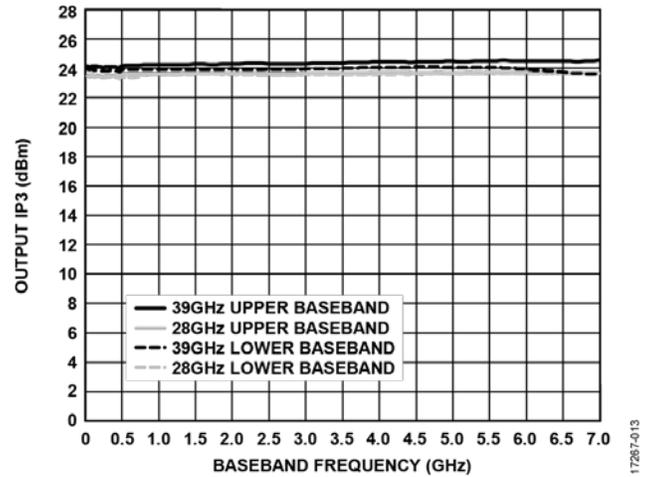


图14. 输出IP3与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz,  
最大增益, RF幅度 = 每信号音-20 dBm,  
20 MHz间距 (上边带和下边带)

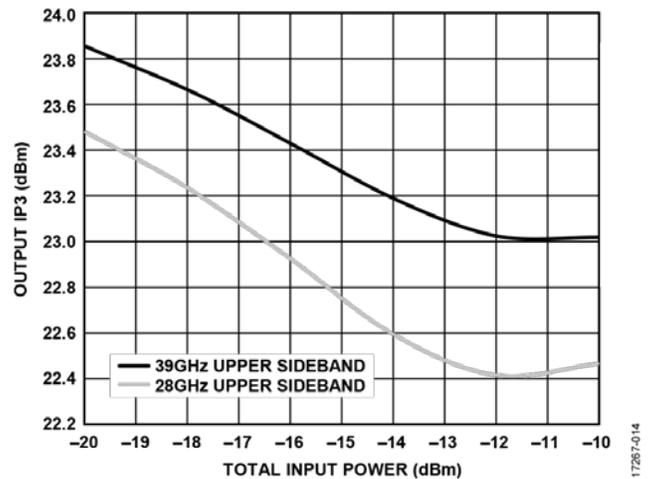


图15. 输出IP3与总输入功率的关系, 20 MHz间距,  
 $f_{BB} = 100$  MHz,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz (上边带)

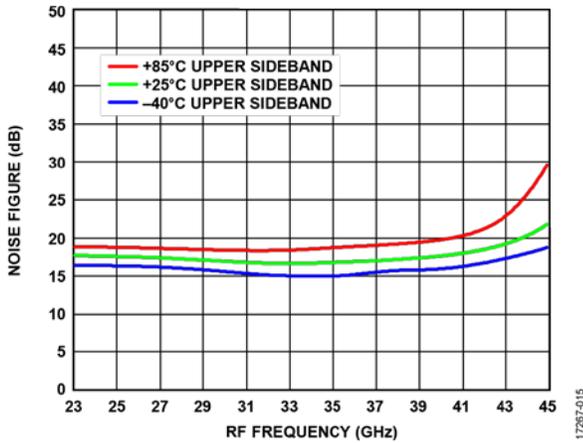


图16. 不同温度下最大增益时噪声系数与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

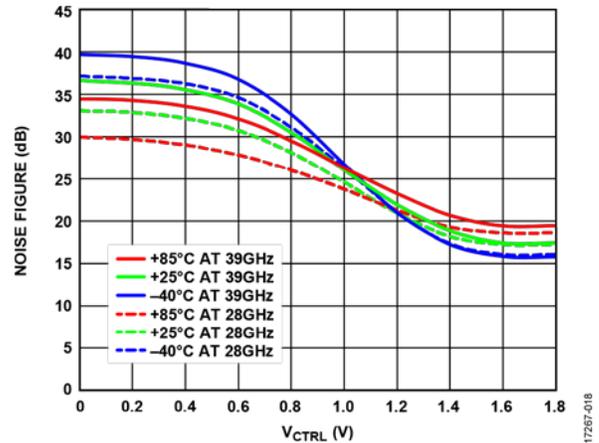


图19. 不同温度下噪声系数与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz,  $f_{BB} = 100$  MHz

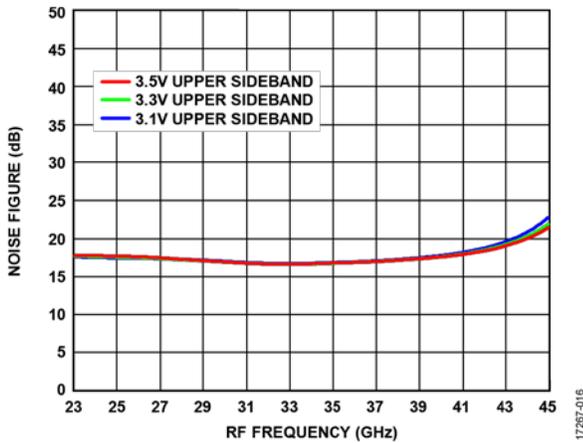


图17. 不同电源电压下噪声系数与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

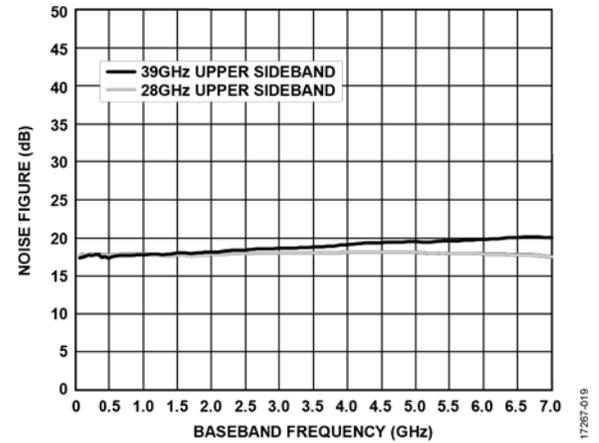


图20. 噪声系数与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz (上边带)

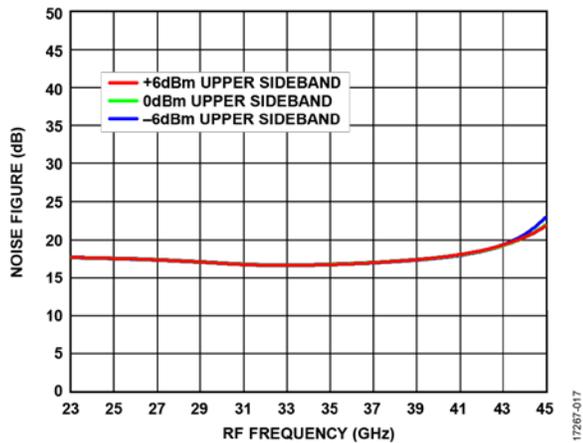


图18. 不同LO输入下噪声系数与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100$  MHz (上边带)

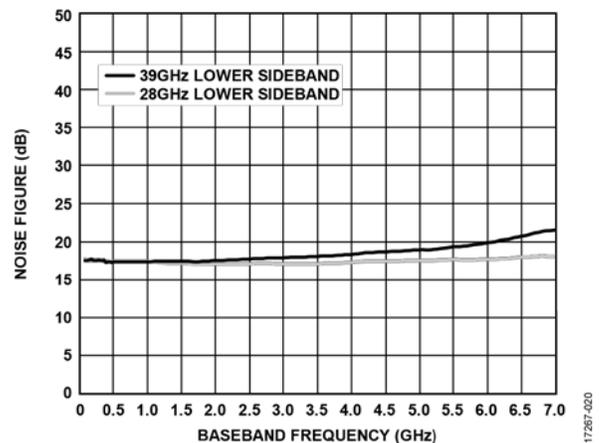


图21. 噪声系数与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz (下边带)

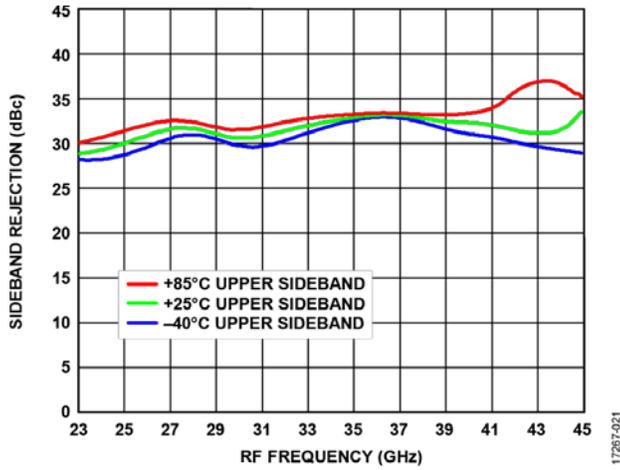


图22. 不同温度下最大增益时边带抑制与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$  (上边带)

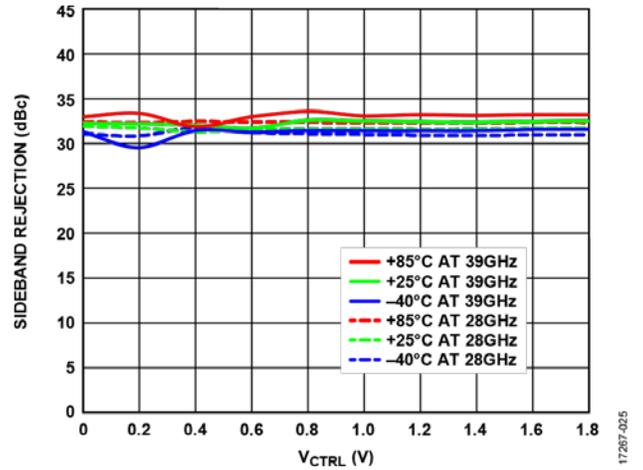


图25. 不同温度下边带抑制与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$ ,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$

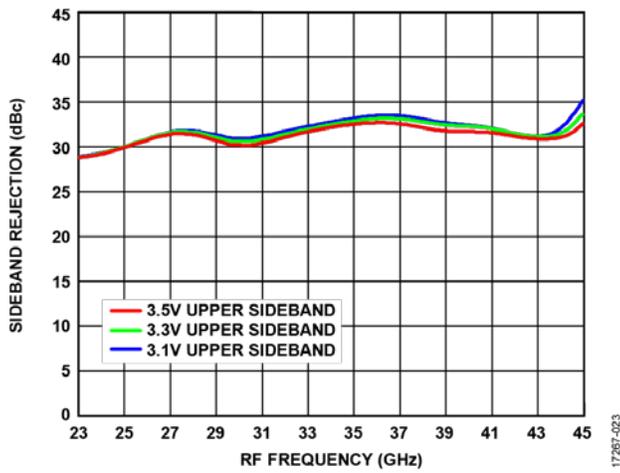


图23. 不同电源电压下边带抑制与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$  (上边带)

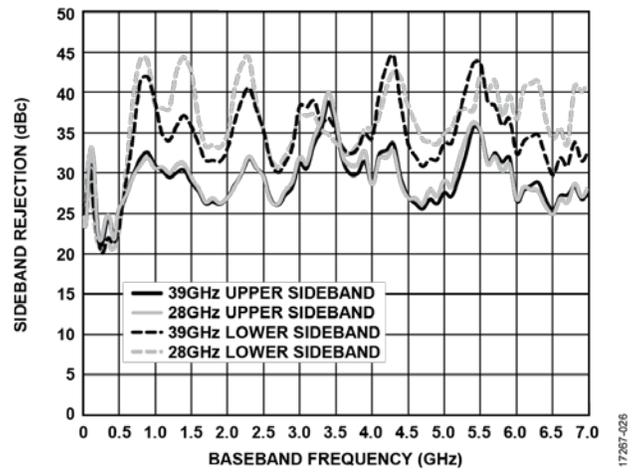


图26. 边带抑制与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

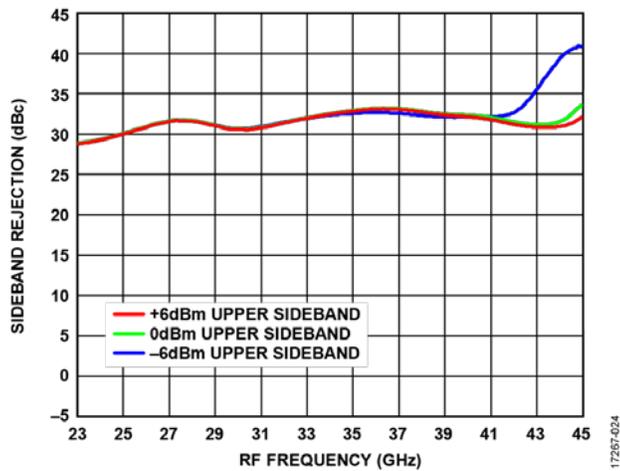


图24. 不同LO输入下边带抑制与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$  (上边带)

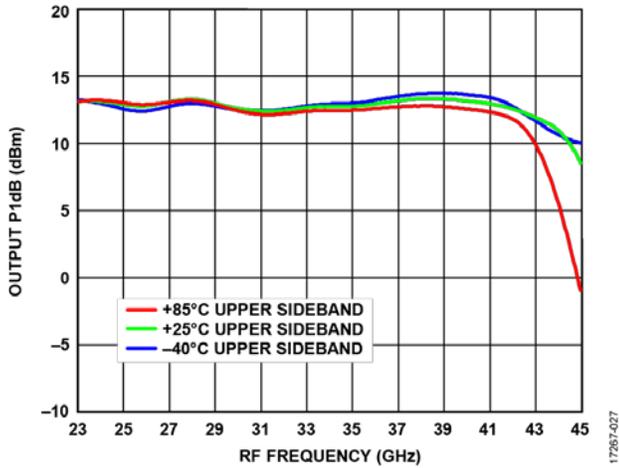


图27. 不同温度下最大增益时输出P1dB与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$  (上边带)

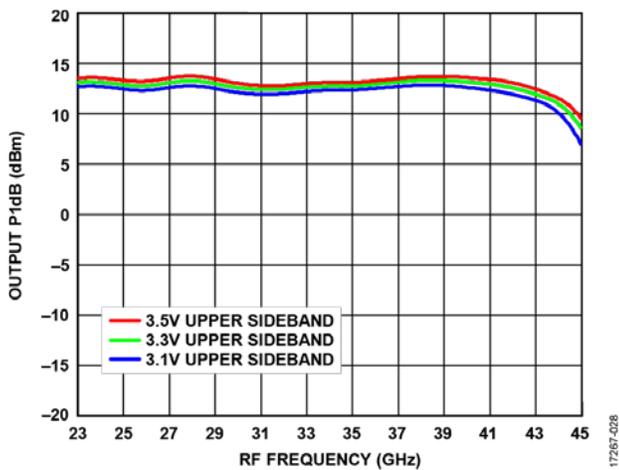


图28. 不同电源电压下输出P1dB与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$  (上边带)

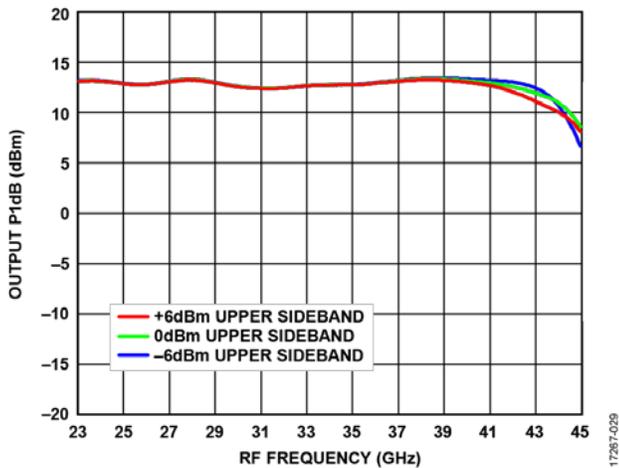


图29. 不同LO输入下输出P1dB与RF频率的关系,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$  (上边带)

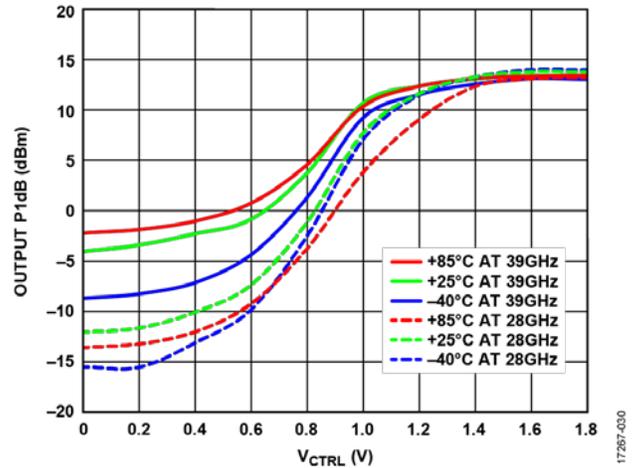


图30. 不同温度下输出P1dB与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$ ,  $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$

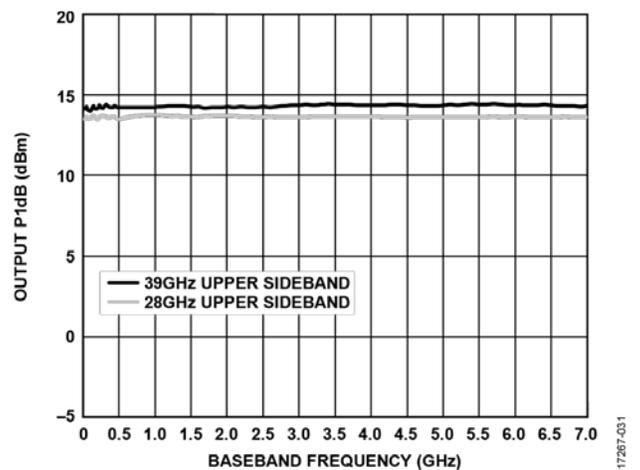


图31. 输出P1dB与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$  (上边带)

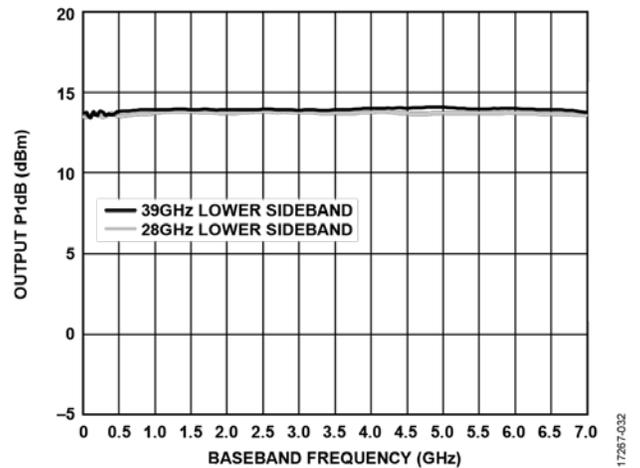


图32. 输出P1dB与基带频率的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$  (下边带)

IF模式

除非另有说明, IF幅度 = -20 dBm, VCC\_DRV = VCC2\_DRV = VCC\_AMP2 = VCC\_ENV = VCC\_AMP1 = VCC\_BG2 = VCC\_MIXER = VCC\_BG = VCC\_QUAD = 3.3 V, DVDD = VCC\_VVA = 1.8 V, T<sub>A</sub> = 25°C, 寄存器0x0A设置为0xE700, VCTRL1 = VCTRL2, V<sub>CTRL</sub>为VCTRL1和VCTRL2引脚的衰减电压。除非另有说明, V<sub>CTRL</sub> = 1800 mV。IF模式下的测量条件是90°正交合路, 寄存器0x03位7 = 1, f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz。

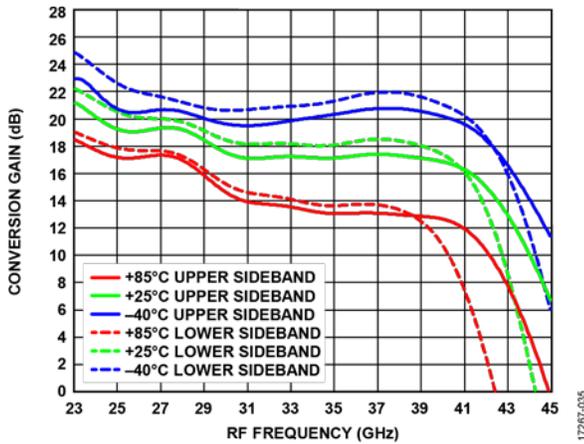


图33. 不同温度下最大增益时转换增益与RF频率的关系, f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (上边带和下边带)

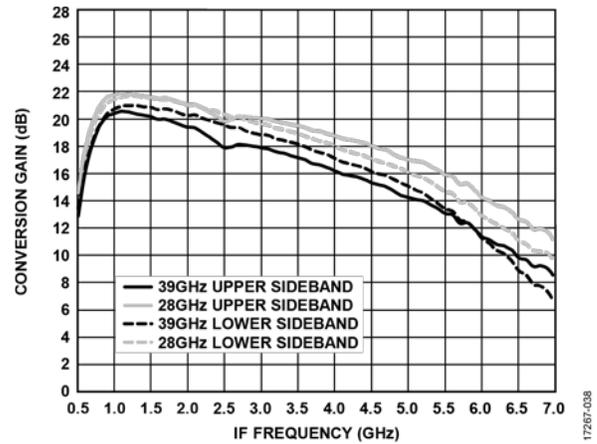


图36. 最大增益时转换增益与IF频率的关系, f<sub>RF</sub> = 28 GHz和39 GHz (上边带和下边带)

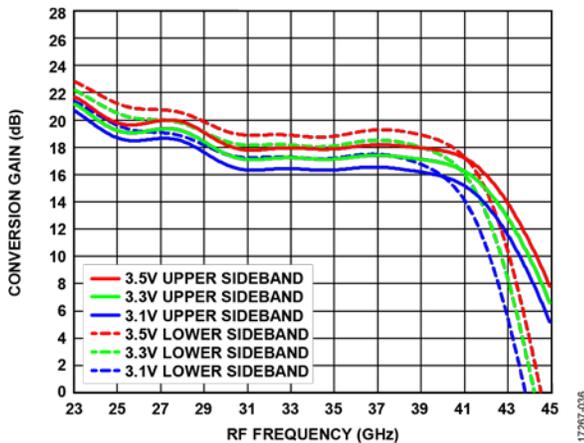


图34. 不同电源电压下最大增益时转换增益与RF频率的关系, f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (上边带和下边带)

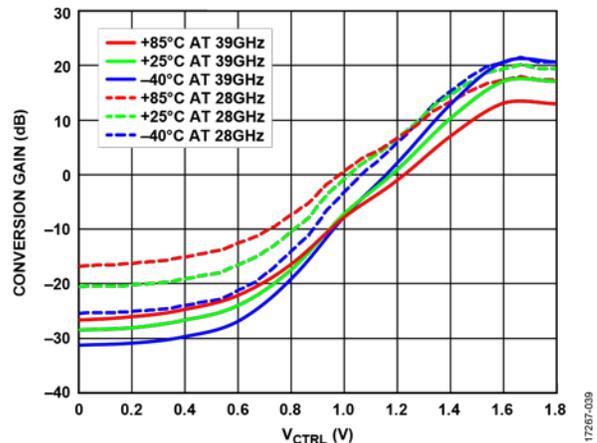


图37. 不同温度下转换增益与V<sub>CTRL</sub>的关系, f<sub>RF</sub> = 28 GHz和39 GHz, f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (上边带)

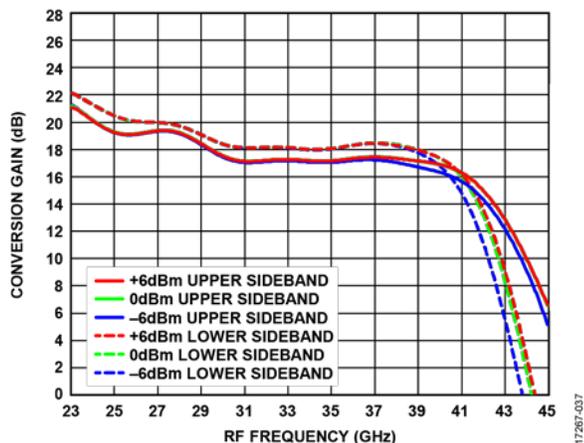


图35. 不同LO输入下最大增益时转换增益与RF频率的关系, f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (上边带和下边带)

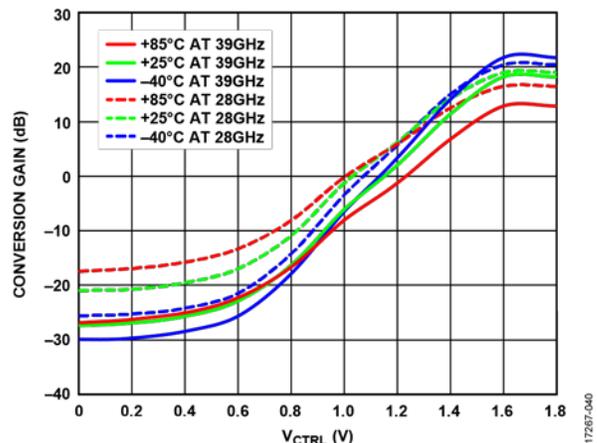


图38. 不同温度下转换增益与V<sub>CTRL</sub>的关系, f<sub>RF</sub> = 28 GHz和39 GHz, f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (下边带)

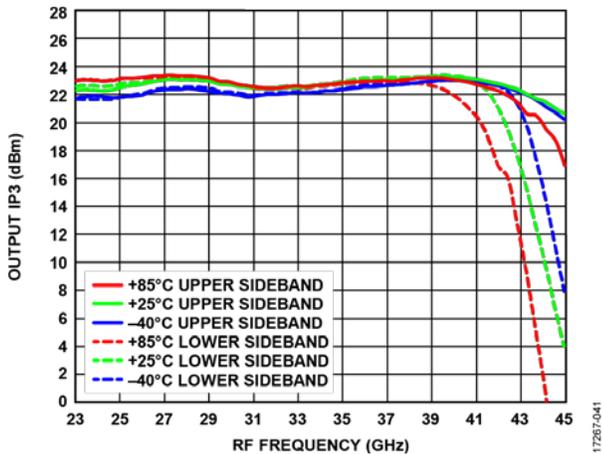


图39. 不同温度下最大增益时输出IP3与RF频率的关系,  
RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  
 $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

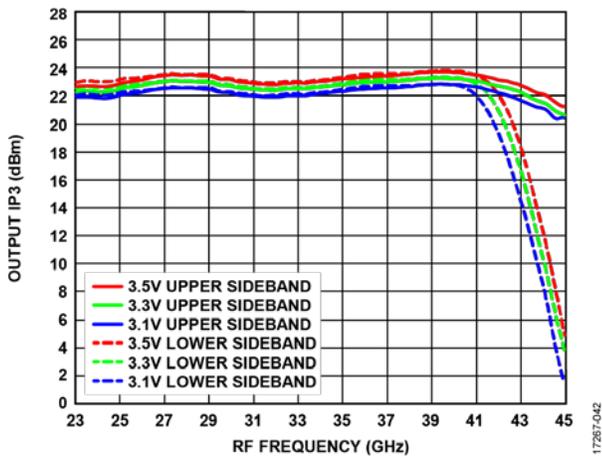


图40. 不同电源电压下最大增益时输出IP3与RF频率的关系,  
RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  
 $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

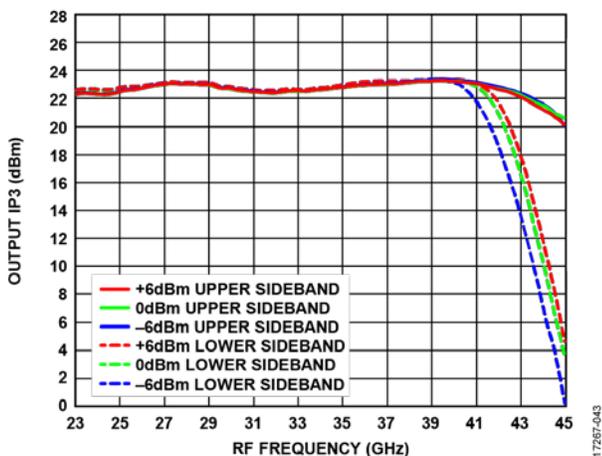


图41. 不同LO输入下最大增益时输出IP3与RF频率的关系,  
RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  
 $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

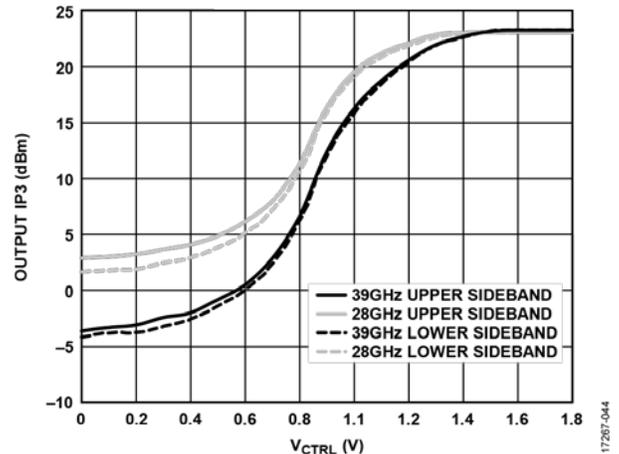


图42. 输出IP3与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz,  
RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  
 $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

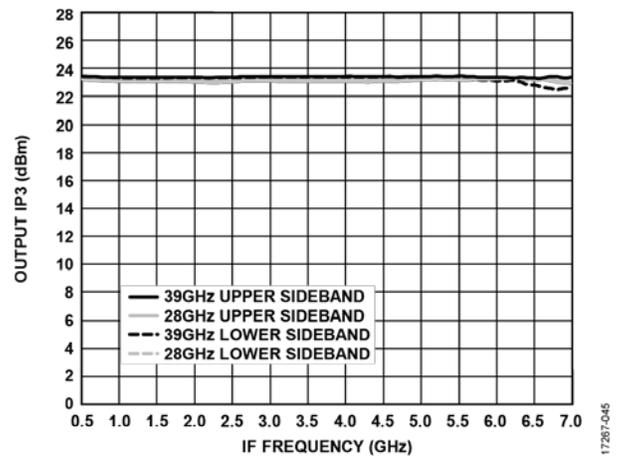


图43. 输出IP3与IF频率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz,  
最大增益, RF幅度 = 每信号音-20 dBm,  
20 MHz间距 (上边带和下边带)

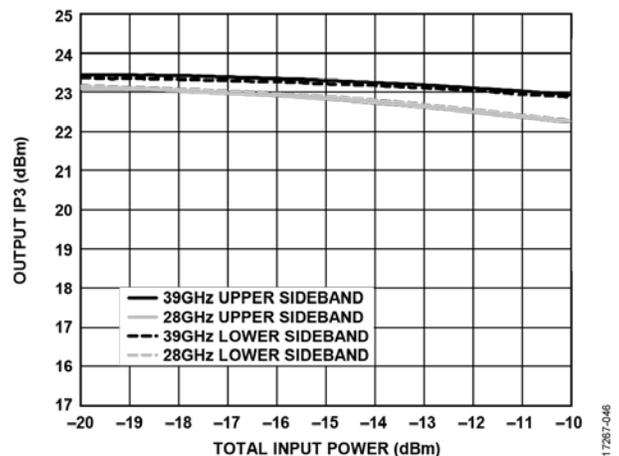


图44. 输出IP3与总输入功率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz,  
20 MHz间距,  $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

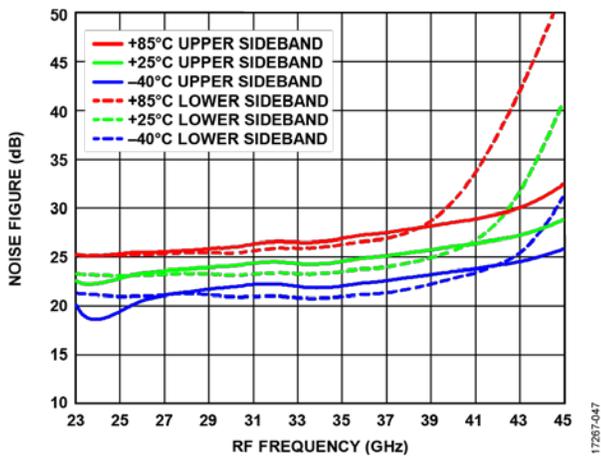


图45. 不同温度下最大增益时噪声系数与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

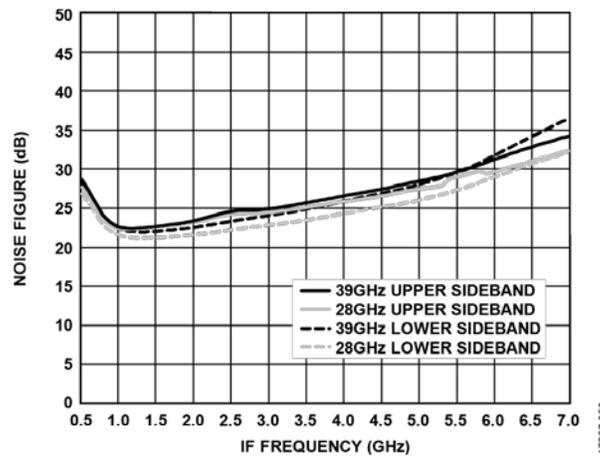


图48. 最大增益时噪声系数与IF频率的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

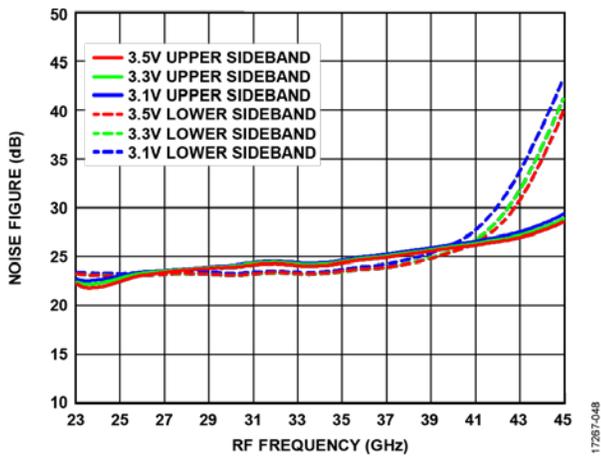


图46. 不同电源电压下最大增益时噪声系数与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

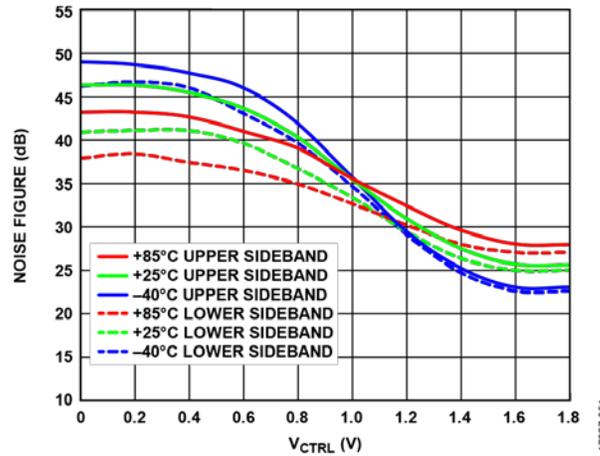


图49. 不同温度下噪声系数与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

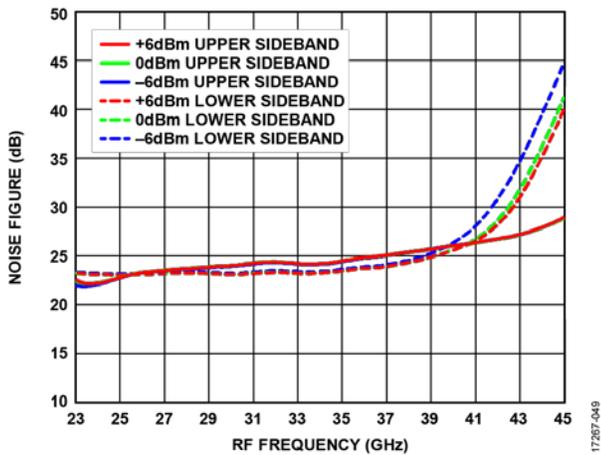


图47. 不同LO输入下最大增益时噪声系数与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

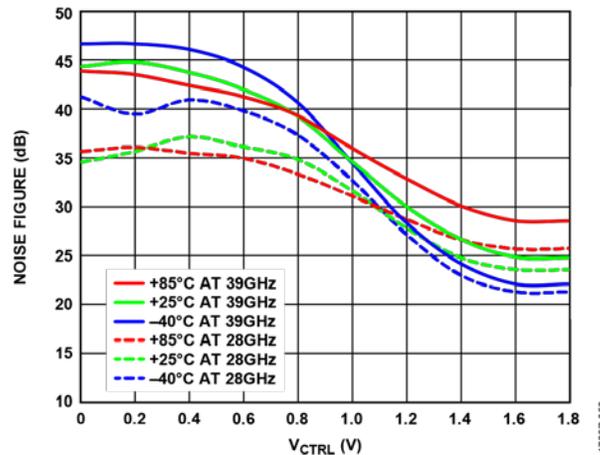


图50. 不同温度下噪声系数与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$ ,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (下边带)

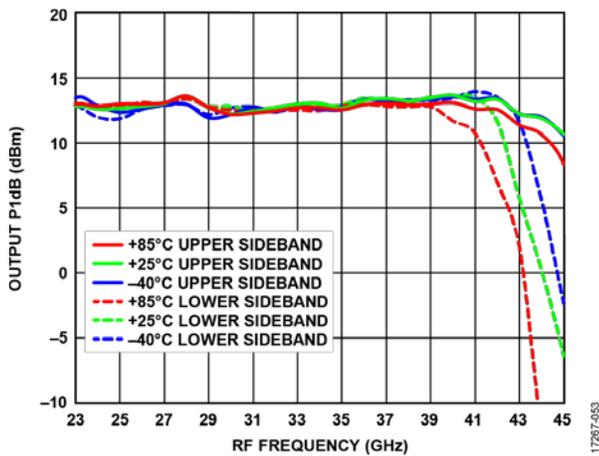


图51. 不同温度下最大增益时输出P1dB与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

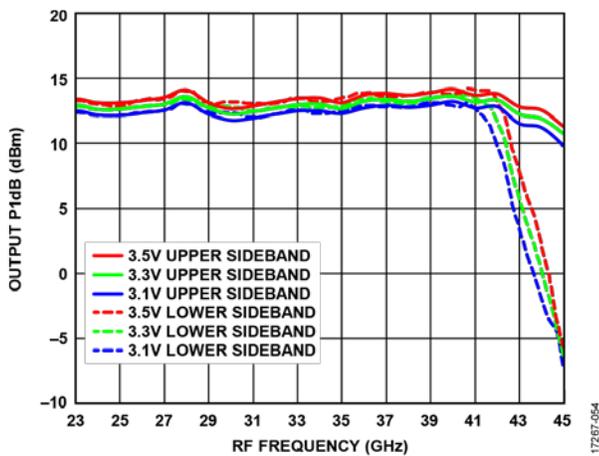


图52. 不同电源电压下最大增益时输出P1dB与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

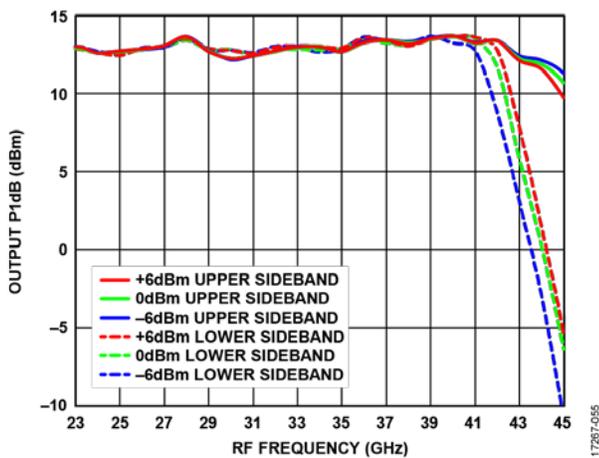


图53. 不同LO输入下最大增益时输出P1dB与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

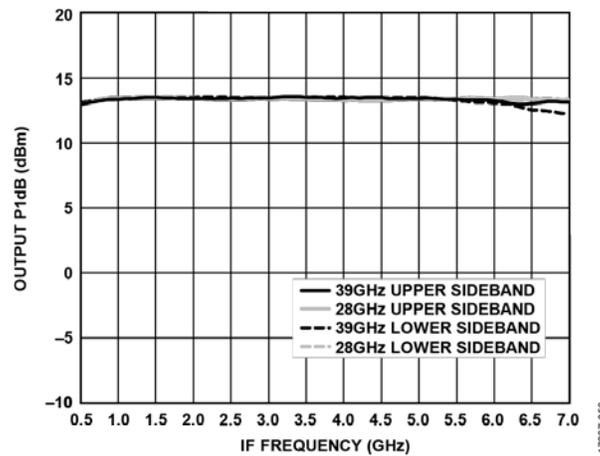


图54. 最大增益时输出P1dB与IF频率的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$  (上边带和下边带)

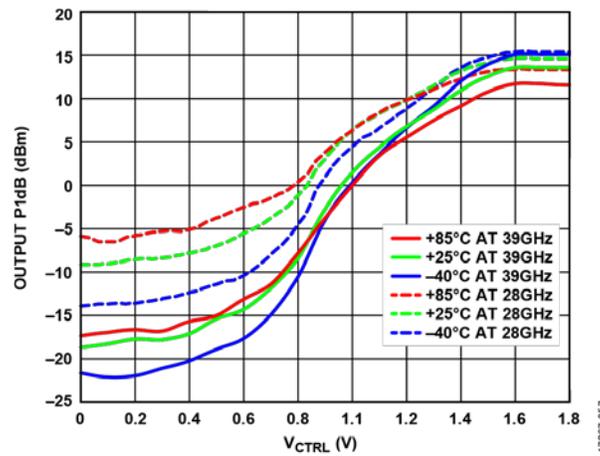


图55. 不同温度下输出P1dB与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$ ,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (上边带)

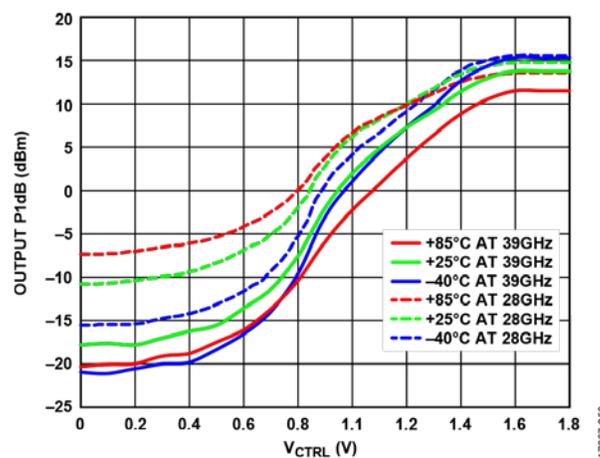


图56. 不同温度下输出P1dB与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28 \text{ GHz}$ 和 $39 \text{ GHz}$ ,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$  (下边带)

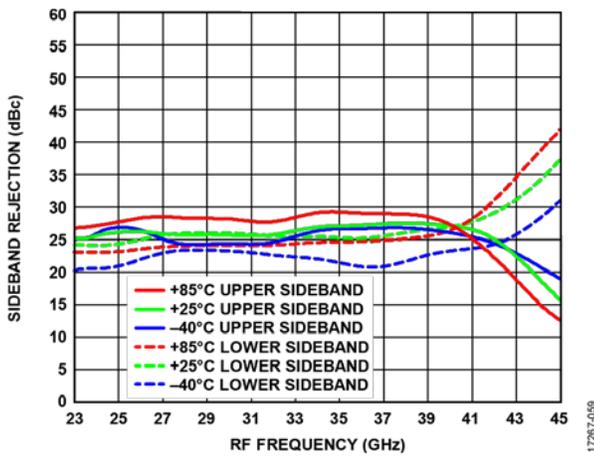


图57. 不同温度下最大增益时边带抑制与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5$  GHz, 未校准 (上边带和下边带)

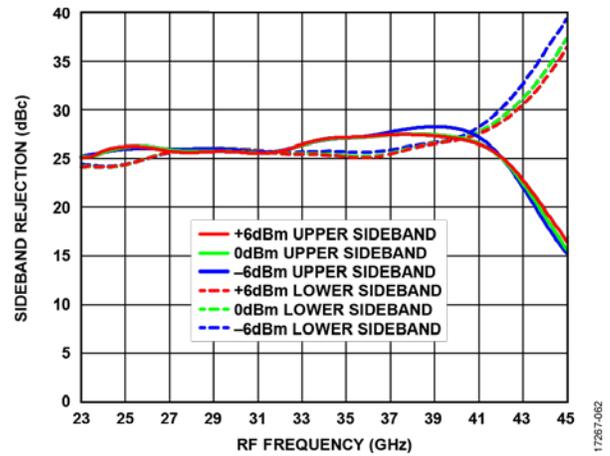


图60. 不同LO输入下最大增益时边带抑制与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

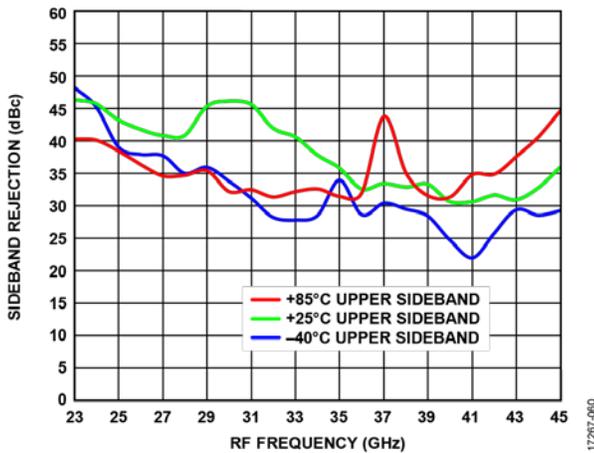


图58. 不同温度下最大增益时边带抑制与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5$  GHz, 25°C时校准 (上边带) 注意: 校准使用LOAMP\_PH\_ADJ\_Q\_FINE和LOAMP\_PH\_ADJ\_I\_FINE位

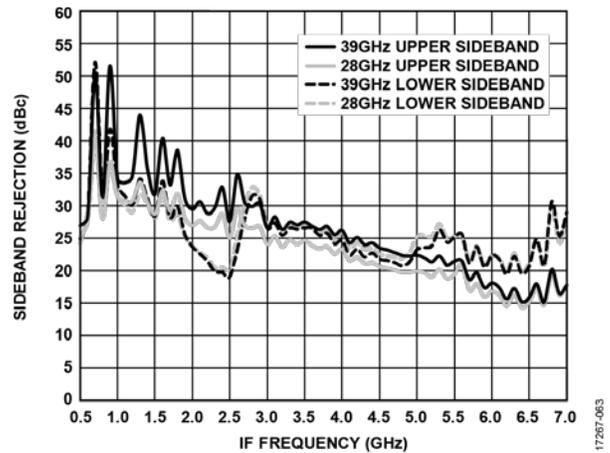


图61. 最大增益时边带抑制与IF频率的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz (上边带和下边带)

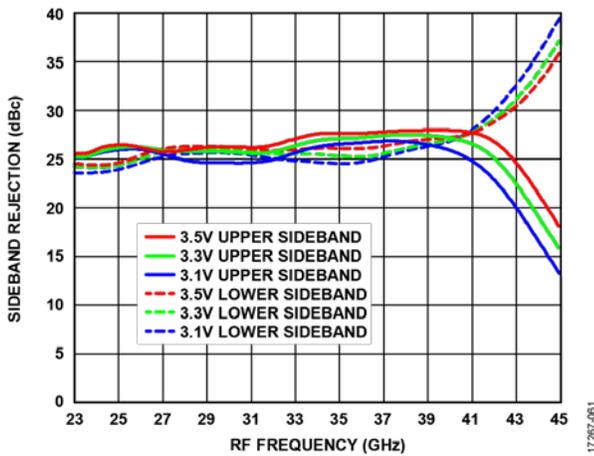


图59. 不同电源电压下最大增益时边带抑制与RF频率的关系,  $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

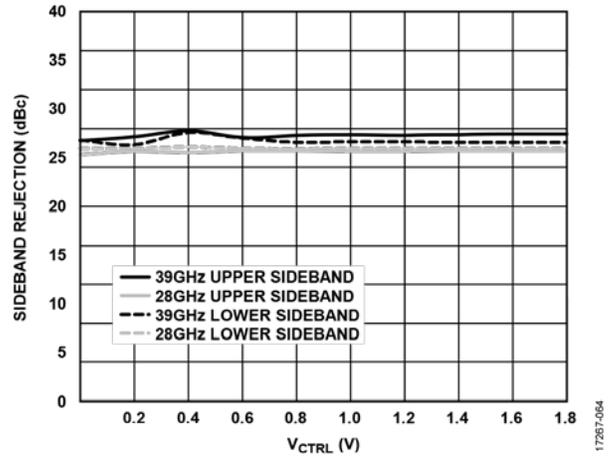


图62. 边带抑制与 $V_{CTRL}$ 的关系,  $f_{RF} = 28$  GHz和39 GHz,  $f_{IF} = 3.5$  GHz (上边带和下边带)

包络检波器性能

除非另有说明，IF和I/Q幅度 = -20 dBm，VCC\_DRV = VCC2\_DRV = VCC\_AMP2 = VCC\_ENV = VCC\_AMP1 = VCC\_BG2 = VCC\_MIXER = VCC\_BG = VCC\_QUAD = 3.3 V，DVDD = VCC\_VVA = 1.8 V，T<sub>A</sub> = 25°C，寄存器0x0A设置为0xE700。

IF模式下的测量条件是90°合路，寄存器0x03位7 = 1，IF f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz。

除非另有说明，I/Q模式下的测量结果是I和Q通道的合路性能，V<sub>CM</sub> = 0 V，寄存器0x03位7 = 0，寄存器0x05位[6:0] = 0x051。I/Q f<sub>BB</sub> = 100 MHz。

VCTRL1 = VCTRL2。V<sub>CTRL</sub>为VCTRL1和VCTRL2引脚的衰减电压。除非另有说明，V<sub>CTRL</sub> = 1800 mV。

使用寄存器0x03位5 = 1进行包络检波器测量。

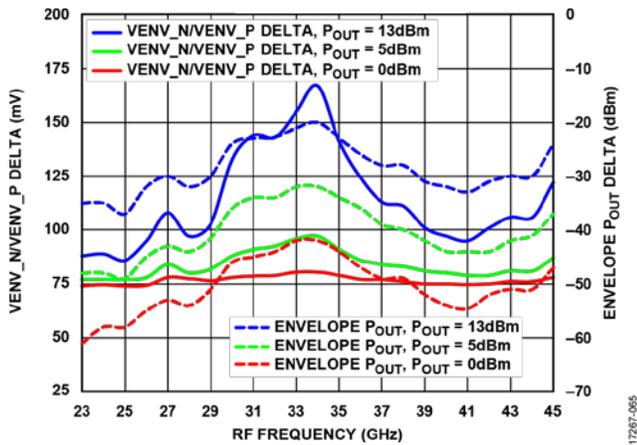


图63. 不同输出功率水平下VENV\_N/VENV\_P Delta和包络P<sub>OUT</sub> Delta与RF频率的关系，包络频率 = 100 MHz，V<sub>CTRL</sub> = 1800 mV，T<sub>A</sub> = 25°C，LO = 0 dBm，IF = 2 GHz（上边带）

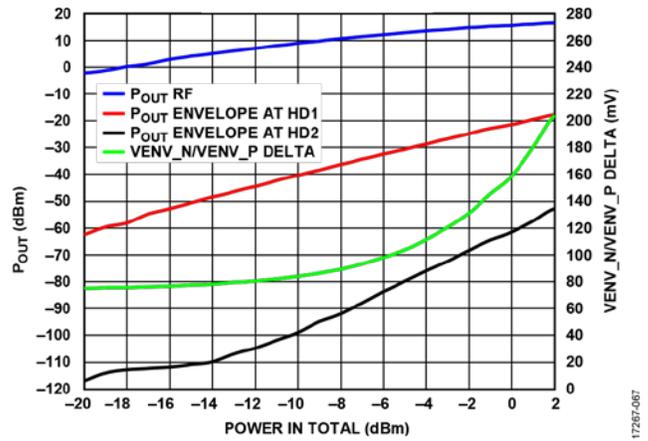


图65. P<sub>OUT</sub>和VENV\_N/VENV\_P Delta与P<sub>OUT</sub> RF、P<sub>OUT</sub>包络HD1、P<sub>OUT</sub>包络HD2、VENV\_N/VENV\_P Delta的总功率的关系，利用两个信号音测量，100 MHz间隔，f<sub>RF</sub> = 28 GHz，V<sub>CTRL</sub> = 1800 mV

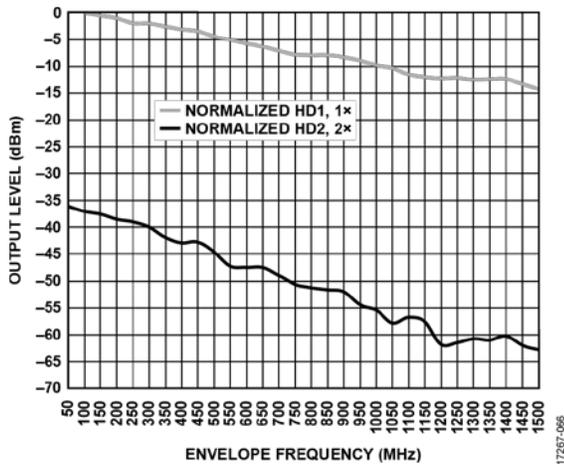


图64. 输出电平与归一化一次谐波失真(HD1)和归一化二次谐波失真(HD2)的包络频率的关系，f<sub>RF</sub> = 28 GHz，LO = 0 dBm，25°C，HD1和HD2利用双音测量，双音频率差等于包络频率，HD2归一化到50 MHz时的HD1电平

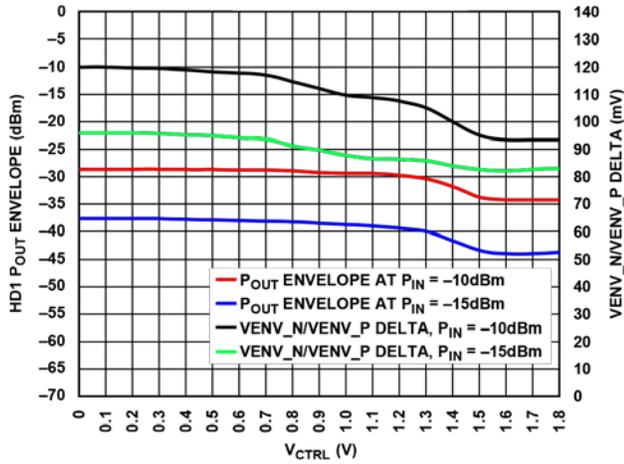


图66. 不同总输入功率( $P_{IN}$ )水平下HD1  $P_{OUT}$  包络和  $VENV\_N/VENV\_P$  Delta与 $V_{CTRL}$ 的关系, 在28 GHz时利用两个输入信号音进行测量, 100 MHz间隔

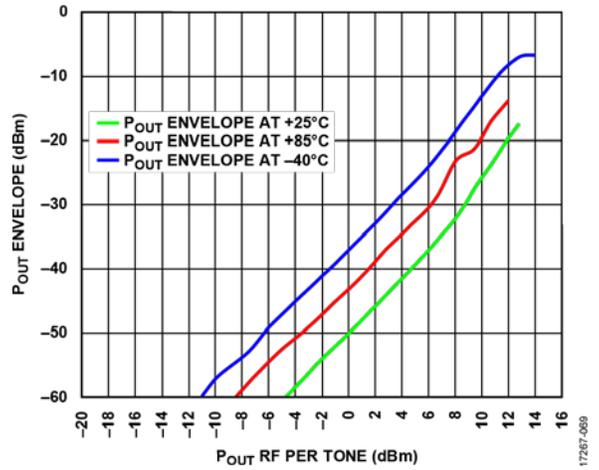


图67. 不同温度下 $P_{OUT}$ 包络与每信号音 $P_{OUT}$  RF的关系,  $f_{RF} = 33$  GHz, 在3.5 GHz IF时利用两个信号音进行测量, 100 MHz间隔,  $V_{CTRL} = 1800$  mV

### 回波损耗和隔离

除非另有说明，IF和I/Q幅度 = -20 dBm，VCC\_DRV = VCC2\_DRV = VCC\_AMP2 = VCC\_ENV = VCC\_AMP1 = VCC\_BG2 = VCC\_MIXER = VCC\_BG = VCC\_QUAD = 3.3 V，DVDD = VCC\_VVA = 1.8 V，T<sub>A</sub> = 25°C，寄存器0x0A设置为0xE700。

IF模式下的测量条件是90°合路，寄存器0x03位7 = 1，f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz。

除非另有说明，I/Q模式下的测量结果是I和Q通道的合路性能，V<sub>CM</sub> = 0 V，寄存器0x03位7 = 0，寄存器0x05位[6:0] = 0x051。I/Q f<sub>BB</sub> = 100 MHz。

VCTRL1 = VCTRL2。V<sub>CTRL</sub>为VCTRL1和VCTRL2引脚的衰减电压。除非另有说明，V<sub>CTRL</sub> = 1800 mV。

使用寄存器0x03位5 = 1进行包络检波器测量。

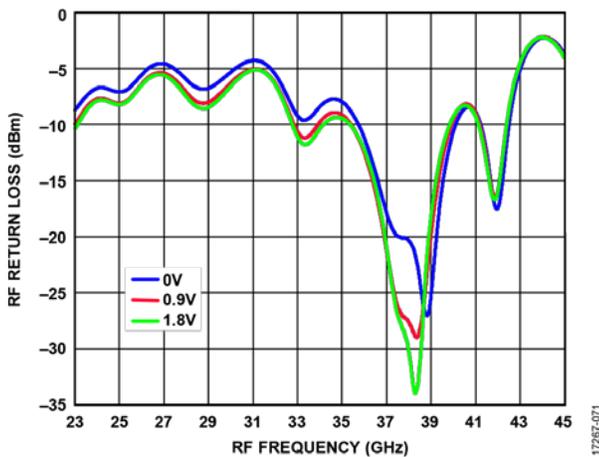


图68. 不同V<sub>CTRL</sub>电压下RF回波损耗与RF频率的关系

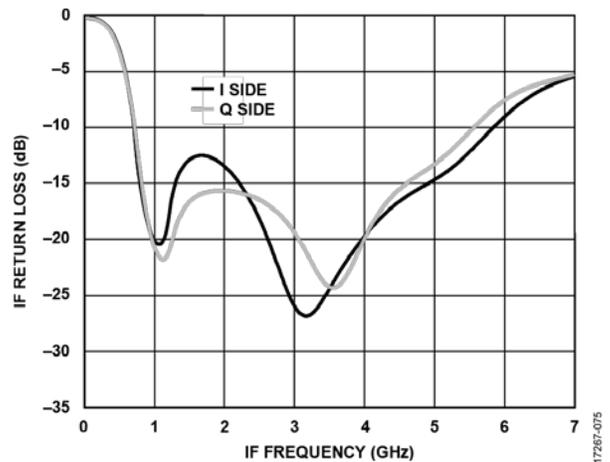


图70. IF回波损耗与IF频率的关系 (非合路测量)

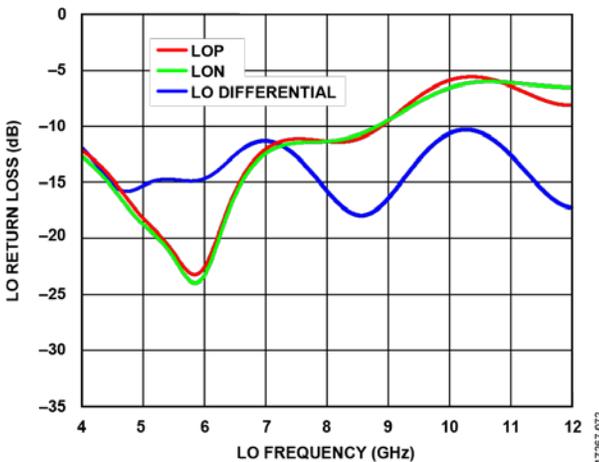


图69. LO回波损耗与LO频率的关系

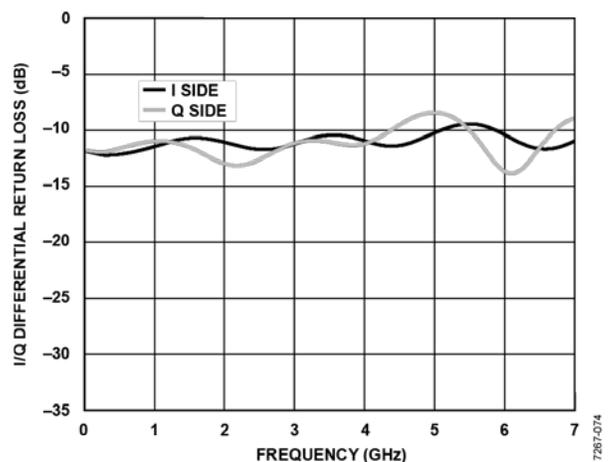


图71. I/Q差分回波损耗与频率的关系 (无合路或巴伦下测量)

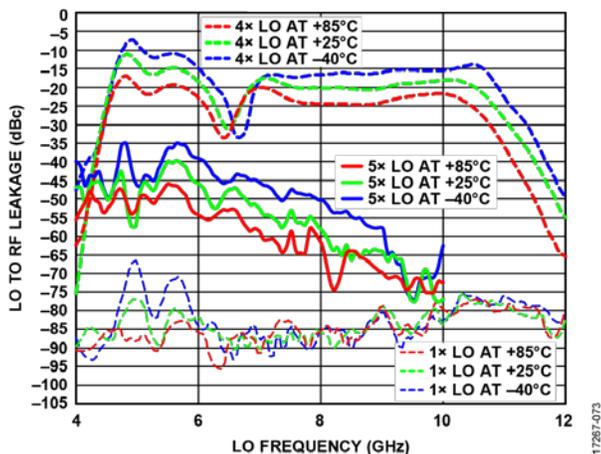


图72. 不同温度下4xLO、5xLO和1xLO的LO到RF泄漏与LO频率的关系 (未校准)

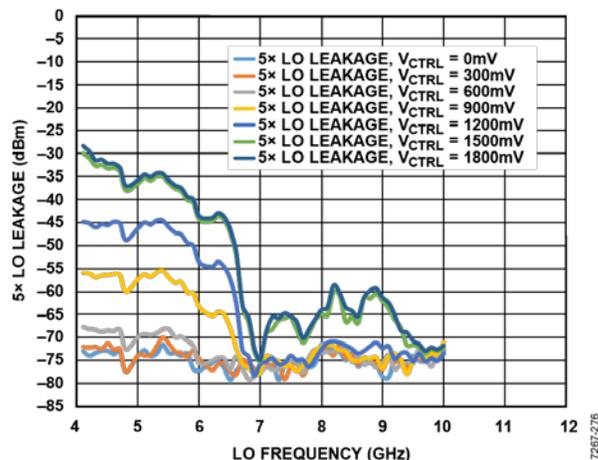


图75. 不同V\_CTRL设置下5xLO泄漏与LO频率的关系 (未校准)

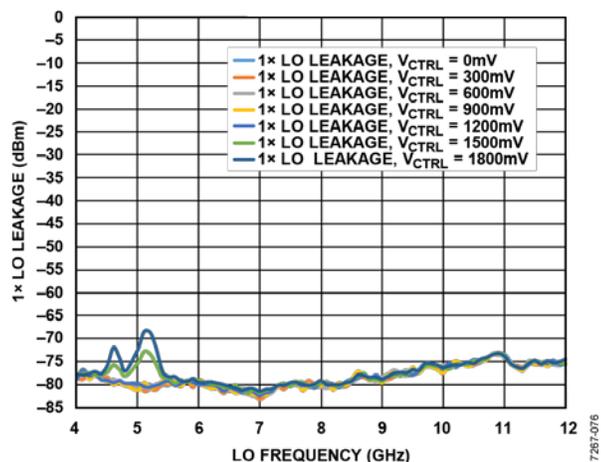


图73. 不同V\_CTRL设置下1xLO泄漏与LO频率的关系 (未校准)

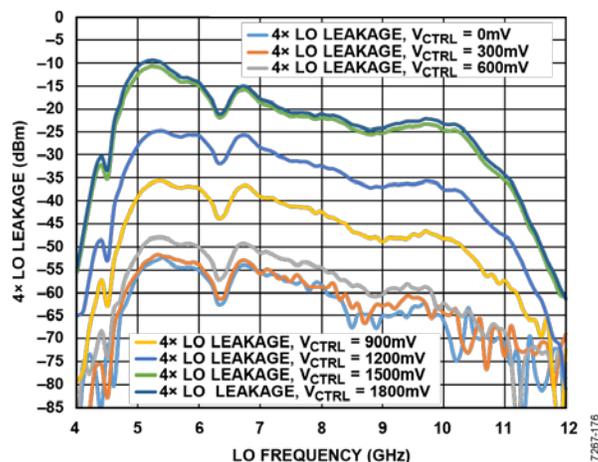


图76. 不同V\_CTRL设置下4xLO泄漏与LO频率的关系 (未校准)

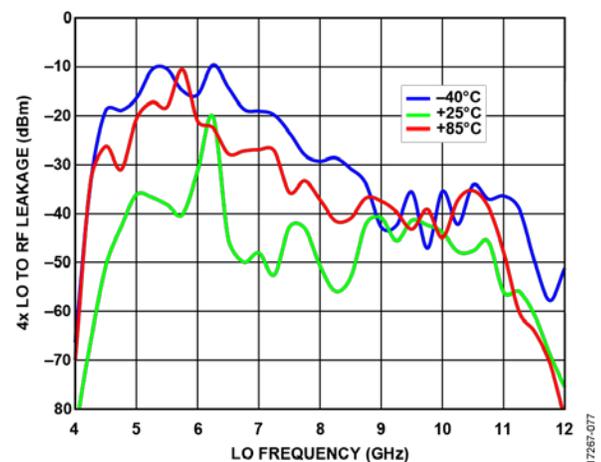


图74. 不同温度下4xLO到RF泄漏与LO频率的关系 (已校准)。注意: 使用MXER\_OFF\_ADJ\_I\_N, MXER\_OFF\_ADJ\_I\_P, MXER\_OFF\_ADJ\_Q\_N和MXER\_OFF\_ADJ\_Q\_P位在T<sub>A</sub> = 25°C时于每个频率进行校准

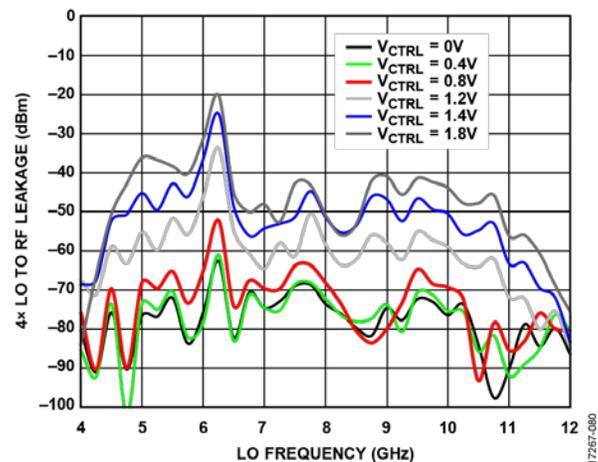


图77. 不同V\_CTRL下4xLO至RF泄漏与LO频率的关系 (已校准)。注意: 使用MXER\_OFF\_ADJ\_I\_N, MXER\_OFF\_ADJ\_I\_P, MXER\_OFF\_ADJ\_Q\_N, MXER\_OFF\_ADJ\_Q\_P位在每个频率进行校准, V\_CTRL = 1800 mV

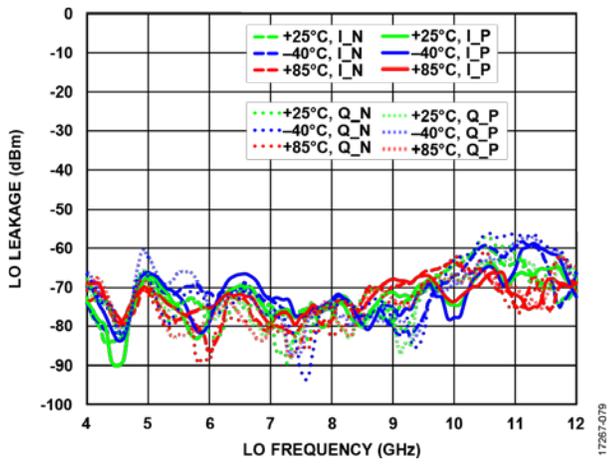


图78. 不同温度下I\_N、I\_P、Q\_N和Q\_P的LO泄漏与LO频率的关系  
(无混频器下测量)

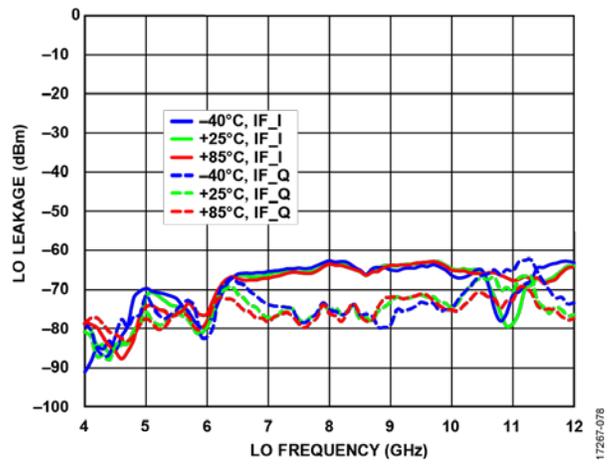


图80. 不同温度下IF\_I和IF\_Q端口的LO泄漏与LO频率的关系  
(无混频器下测量)

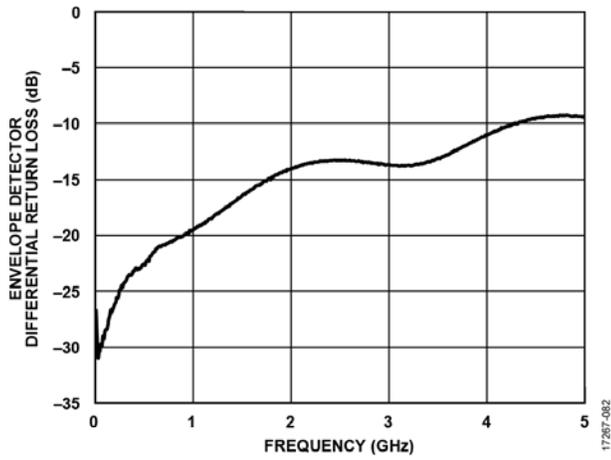


图79. 包络检波器差分回波损耗与频率的关系

## M × N杂散性能

混频器杂散产物通过RF输出功率电平进行测量，用dBc表示。杂散频率通过下式计算：

$$|(M \times IF) + (N \times LO)| \text{ (IF模式)}$$

$$|(M \times IQ) + (N \times LO)| \text{ (IQ模式)}$$

N/A表示不适用。杂散性能表中的空白单元指示该频率高于50 GHz，未予测量。REF代表参考RF输出信号。

LO频率参考应用于ADMV1013的频率。IF和I/Q幅度 = -20 dBm。

除非另有说明，VCC\_DRV = VCC2\_DRV = VCC\_AMP2 = VCC\_ENV = VCC\_AMP1 = VCC\_BG2 = VCC\_MIXER = VCC\_BG = VCC\_QUAD = 3.3 V，DVDD = VCC\_VVA = 1.8 V，T<sub>A</sub> = 25°C，寄存器0x0A设置为0xE700。

IF模式下的测量条件是90°合路器，寄存器0x03位7 = 1，f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz。

除非另有说明，I/Q模式下的测量结果是I和Q通道的合路性能，V<sub>CM</sub> = 0 V，寄存器0x03位7 = 0，寄存器0x05位[6:0] = 0x051。I/Q f<sub>BB</sub> = 100 MHz。

VCTRL1 = VCTRL2。V<sub>CTRL</sub>为VCTRL1和VCTRL2引脚的衰减电压。除非另有说明，V<sub>CTRL</sub> = 1800 mV。

## I/Q模式

f<sub>BB</sub> = 100 MHz (-20 dBm)，LO = 6.975 GHz (+6 dBm)。

		N × LO							
		0	1	2	3	4	5	6	7
M × IQ	-2	93	105	103	122	79	109	89	108
	-1	93	95	85	57	26	65	53	110
	0	N/A	80	72	53	20	61	35	73
	+1	93	96	74	32	REF	41	37	84
	+2	93	107	86	91	57	89	91	83

f<sub>BB</sub> = 100 MHz (-20 dBm)，LO = 9.725 GHz (+6 dBm)，

f<sub>RF</sub> = 39 GHz。

		N × LO					
		0	1	2	3	4	5
M × IQ	-2	97	116	95	116	89	113
	-1	101	100	37	62	26	90
	0	N/A	77	40	63	20	77
	+1	97	91	18	36	REF	68
	+2	101	118	80	99	64	103

## IF模式

f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (-20 dBm)，LO = 6.125 GHz (+6 dBm)，f<sub>RF</sub> = 28 GHz。

		N × LO								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
M × IF	-2	76	117	120	109	77	92	90	84	45
	-1	68	90	80	77	23	46	56	53	44
	0	N/A	71	71	26	9	34	24	20	30
	+1	76	92	58	18	REF	24	32	61	
	+2	68	84	75	70	58	80	82	75	

f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (-20 dBm)，LO = 8.875 GHz (+6 dBm)，

f<sub>RF</sub> = 39 GHz。

		N × LO							
		0	1	2	3	4	5	6	
M × IF	-2	83	132	109	96	68	99	107	
	-1	69	95	76	54	25	57	83	
	0	N/A	69	44	53	16	52		
	+1	83	89	24	33	REF	58		
	+2	69	114	93	98	75			

f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (-20 dBm)，LO = 7.875 GHz (+6 dBm)，

f<sub>RF</sub> = 28 GHz。

		N × LO							
		0	1	2	3	4	5	6	7
M × IF	-2	82	140	115	107	69	99	97	95
	-1	65	120	91	41	REF	47	46	
	0	N/A	82	75	52	23	49	56	
	+1	82	94	60	70	26	75		
	+2	65	120	107	111	93	115		

f<sub>IF</sub> = 3.5 GHz (-20 dBm)，LO = 10.5 GHz (+6 dBm)，

f<sub>RF</sub> = 39 GHz。

		N × LO					
		0	1	2	3	4	5
M × IF	-2	96	122	99	91	70	94
	-1	80	85	28	26	REF	64
	0	N/A	83	34	43	16	
	+1	97	95	45	49	41	
	+2	79	113	88	103	102	

## 工作原理

ADMV1013是一款宽带微波上变频器，针对工作射频(RF)范围为24 GHz至44 GHz微波应用进行了性能优化。图1为器件的功能框图。ADMV1013数字设置通过SPI进行控制。

ADMV1013有两种工作模式：

- 基带正交调制 (I/Q模式)
- 单边带上变频 (IF模式)

### 启动时序

要使用电压控制RF VVA1和RF VVA2，必须接通VCC\_VVA (1.8 V)电源。VCTRL1引脚和VCTRL2引脚控制RF VVA1和RF VVA2的增益。同样，要使用SPI控制，必须首先接通DVDD，然后将RST引脚切换为逻辑低电平再切换为逻辑高电平，以执行硬复位。

ADMV1013 SPI设置要求在启动过程中更改默认设置，以实现最佳性能。

每次上电或复位后，寄存器0x0A设置为0xE700。

### 基带正交调制 (I/Q模式)

在I/Q模式下，基带引脚 (I\_P、I\_N、Q\_P和Q\_N) 的输入阻抗为100  $\Omega$ 差分。这些输入可以加载一个直流耦合的100 $\Omega$ 差分负载。I\_P和I\_N是差分基带I输入，Q\_P和Q\_N是差分基带Q输入。这些输入可以在0 V至2.6 V的共模电压 $V_{CM}$ 下工作。对于每个I和Q通道，基带I/Q端口可以在DC至6.0 GHz范围内工作。

要将ADMV1013设置为I/Q模式，须将MIXER\_IF\_EN位 (寄存器0x03位7) 设置为0。

更改外部 $V_{CM}$ 时，内部混频器栅极电压也必须更改。要进行此更改，须设置MIXER\_VGATE位 (寄存器0x05的位[6:0])。MIXER\_VGATE值依据 $V_{CM}$ 而定，例如：对于0 V至1.8 V  $V_{CM}$ ， $MIXER\_VGATE = 23.89 V_{CM} + 81$ ；对于>1.8 V至2.6 V  $V_{CM}$ ， $MIXER\_VGATE = 23.75 V_{CM} + 1.25$ 。

### 单边带上变频 (IF模式)

ADMV1013能够对0.8 GHz至6.0 GHz的任意IF输入进行上变频，同时抑制不需要的边带，抑制性能通常优于26 dBc。IF输入彼此正交，50 $\Omega$ 单端，内部直流耦合。IF\_I和IF\_Q是正交IF输入。为了选择适当的边带，需要一个外部90°合路器。要将ADMV1013配置为IF模式，须将MIXER\_IF\_EN位 (寄存器1x03位7) 设置为0。SPI启动和复位时，MIXER\_IF\_EN位默认为IF模式。

此外，IF模式下的基带引脚 (I\_P、I\_N、Q\_P和Q\_N) 必须浮空以实现最佳性能。

### LO输入路径

LO输入路径在5.4 GHz至10.25 GHz的范围内工作，LO幅度范围为-6 dBm至+6 dBm。LO有一个内部四倍频器( $\times 4$ )和一个可编程带通滤波器。LO带通滤波器可利用QUAD\_FILTERS位 (寄存器0x09位[3:0]) 进行编程。有关QUAD\_FILTERS设置的更多信息，参见“不同四倍滤波器设置的性能”部分。

LO路径可以差分或单端方式工作。LOP和LON是LO路径的输入。通过设置QUAD\_SE\_MODE位 (寄存器0x09的位[9:6])，LO路径可以从差分操作切换为单端操作。欲了解更多信息，参见“差分与单端LO输入的性能比较”部分。当LO以单端方式使用时，未使用的LO输入引脚必须端接50 $\Omega$ 负载。

图81显示了LO路径的框图。

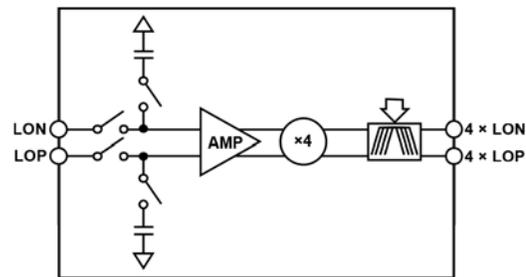


图81. LO路径框图

将QUAD\_PD位 (寄存器0x03的位[13:11]) 设置为0x0可能使四倍频器。要关断四倍频器，须将这些位设置为0x7。

### 边带抑制优化

无用单边带信号会因为正交本振信号以及外部正交输入信号的误差上变频产生单边带泄露，与理想正交信号的偏差限制了单边带抑制的性能。

ADMV1013在LO路径正交信号中提供大约25°的正交相位调整以抑制边带。这些调整通过LOAMP\_PH\_ADJ\_I\_FINE位 (寄存器0x05的位[13:7]) 和LOAMP\_PH\_ADJ\_Q\_FINE位 (寄存器0x06的位[13:7]) 进行。这些位用于抑制不需要的边带信号。为了实现所需的边带抑制，可能有必要在内部和外部调整正交输入之间的幅度差。

在I/Q模式下，建议通过外部收发器数模转换器(DAC)调整边带抑制。

### 载波馈通调零

载波馈通源于内部混频器上的微小直流失调。在I/Q调制器中，非零差分失调与LO混频，产生RF输出的载波馈通。除了此效应，LO输入端的部分信号功率直接耦合至RF输出端（这可能是由于焊线间耦合或通过硅基板耦合所导致的）。RF输出端的净载波馈通是这两种效应产生的矢量组合作用在输出端信号上的结果。

在IF模式下，ADMV1013在LO路径中提供LO馈通失调校准。这些调整通过MXER\_OFF\_ADJ\_I\_N位（寄存器0x07的位[8:2]）、MXER\_OFF\_ADJ\_I\_P位（寄存器0x07的位[15:9]）、MXER\_OFF\_ADJ\_Q\_N位（寄存器0x08的位[8:2]）和MXER\_OFF\_ADJ\_Q\_P位（寄存器0x08的位[15:9]）进行，从而抑制不需要的LO信号。

对于I/Q模式，LO馈通失调幅度和相位校准优化可以通过收发器DAC在外部调整。

### 包络检波器

ADMV1013有一个包络检波器，其提供伪差分电压输出。包络检波器的输出引脚为VENV\_P和VENV\_N。ADMV1013开启时，包络检波器处于关闭状态。要开启包络检波器，须将DET\_EN位（寄存器0x03位5）设置为1。包络检波器的差分电压输出线性上升到检波器输入包络电压的平方。当输入双音功率的范围为-20 dBm至0 dBm时，检波器的输出范围为-45 dBm至-20 dBm。包络检波器具有350 MHz、3 dB包络带宽和1 GHz、10 dB包络带宽。包络检波器位于ADMV1013的VVA和输出驱动器之前。

### 关断和复位

ADMV1013的SPI允许用户关断器件电路，将功耗降低至典型值77 mW。要关断整个芯片，须将BG\_PD位（寄存器0x03位10）设置为1。此外，电路的各个模块可以分别关断。要关断四倍频器，须将QUAD\_PD位（寄存器0x03的位[13:11]）设置为0x7。要关断VGA，须将VGA\_PD位（寄存器0x03位15）设置为1。要关断混频器，须将MIXER\_PD位（寄存器0x03位14）设置为1。要关断检波器，须将DET\_EN位（寄存器0x03位5）设置为0。

### 串行端口接口(SPI)

ADMV1013的SPI允许用户利用4线SPI端口配置器件的特定功能或操作。该接口为用户提供额外的灵活性和定制能力。SPI由四条控制线路组成：SCLK、SDI、SDO和低电平有效片选线路SEN/SEN2。SEN和SEN2必须相连。

ADMV1013协议包括一个写/读位，其后是6个寄存器地址位、16个数据位和一个奇偶校验位。地址和数据字段均按照MSB优先方式组织，以LSB结尾。对于写操作，应将第一位设置为0。对于读操作，应将第一位设置为1。

写周期采样必须在上升沿执行。串行写入数据的16位以MSB优先方式移入下边带。ADMV1013写周期的输入逻辑电平支持1.8 V接口。

一个读周期最多移出16位串行读取数据，首先移出MSB。16位数据移出后，奇偶校验位移出。读周期的输出逻辑电平是1.8 V。

奇偶校验位始终依照数据的方向。如果不使用奇偶校验，发送端将发送零，而不是奇偶校验。奇偶校验为奇数，意味着命令期间传输的1的总数（包括读/写位、地址位、数据位和奇偶校验位）必须为奇数。

图82和图83分别显示了SPI写操作和读操作协议。

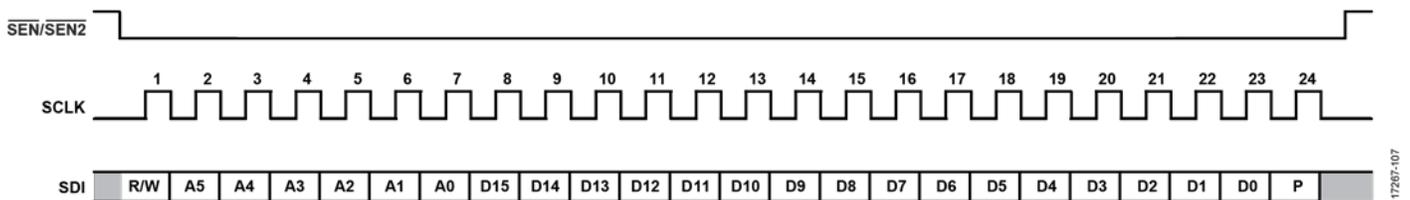


图82. SPI写操作时序图

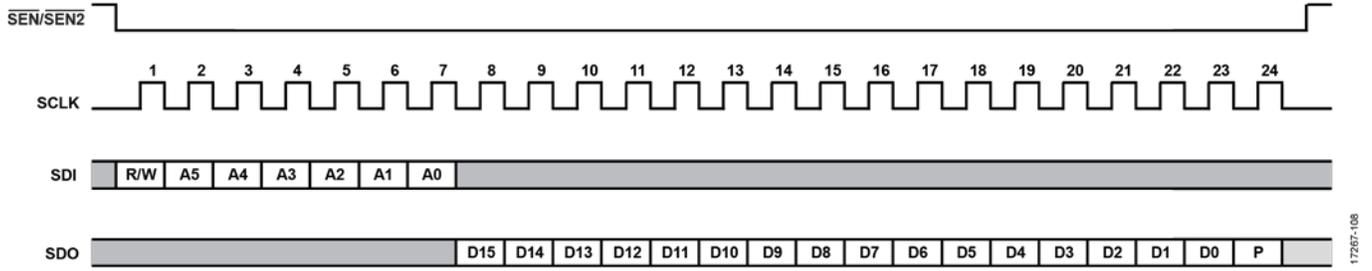


图83. SPI读操作时序图

17267-108

## 应用信息

### 从低频进行基带正交调制

图84显示了低基带输入频率下的I/Q模式性能。测量条件为：28 GHz，-10 dBm输入功率， $V_{CM} = 0$  V，寄存器0x03的位7 = 0，0 dBm LO输入功率， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

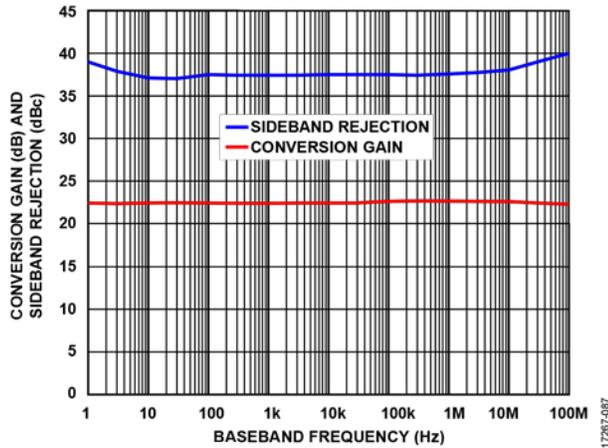


图84. 转换增益和边带抑制与基带频率的关系

### 不同四倍滤波器设置的性能

图85显示了IF模式中在不同QUAD\_FILTERS设置下转换增益与RF频率的关系， $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，LO输入功率 = 0 dBm。

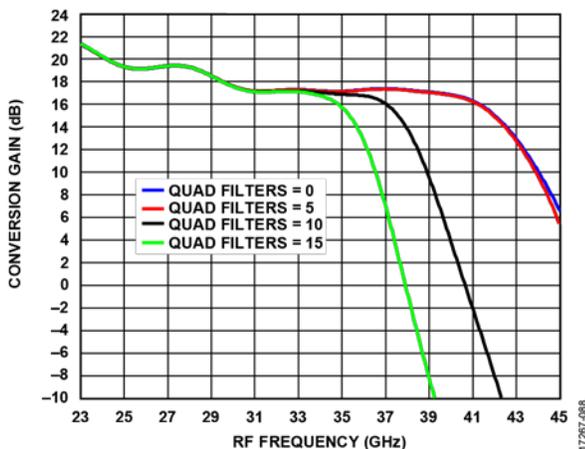


图85. 四种不同QUAD\_FILTERS设置下转换增益与RF频率的关系， $f_{IF} = 3.5$  GHz（上边带）

图86显示了不同四倍滤波器设置下4xLO至RF泄漏与4xLO频率的关系。

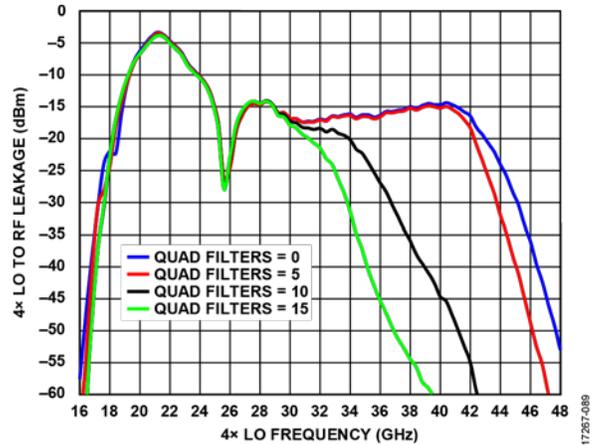


图86. 四种不同QUAD\_FILTERS设置下4xLO至RF泄漏与4xLO频率的关系

### VVA温度补偿

图87显示了IF模式下两种不同寄存器0x0A设置（推荐设置0xE700和更高增益设置）以及三种不同温度下的转换增益与RF频率的关系。“启动时序”部分给出的建议值可使转换增益随温度的变化最小。如果优先考虑提高转换增益，寄存器0x0A可设置为0xFA00。但在该值下，转换增益随温度的变化可能会增加2 dB。

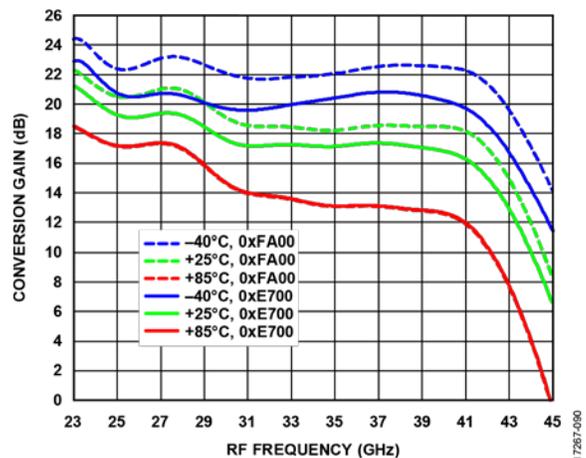


图87. 最大增益时不同温度和寄存器0x0A设置（推荐设置和更高增益设置）下转换增益与RF频率的关系， $f_{IF} = 3.5$  GHz

图88显示了IF模式下两种不同寄存器0x0A设置（推荐设置和默认设置）以及三种不同温度下的转换增益与RF频率的关系。与推荐设置相比，默认值提供的增益略小，增益随温度的变化更大。

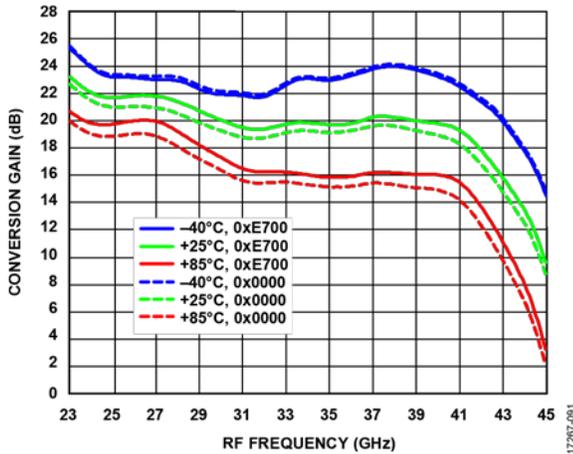


图88. 最大增益时不同温度和寄存器0x0A设置（默认和推荐寄存器0x0A设置）下转换增益与RF频率的关系， $f_{IF} = 2 \text{ GHz}$

差分与单端LO输入的性能比较

图89至图91显示了ADMV1013 LO输入以差分方式和以单端方式工作的转换增益、输出IP3和边带抑制性能的比较。测量条件为：0 dBm LO输入功率，IF模式，IF频率为3.5 GHz，上边带， $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

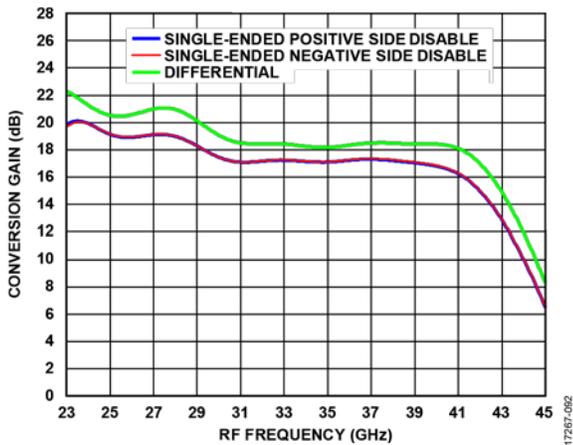


图89. 三种不同LO模式设置下转换增益与RF频率的关系， $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$ （上边带）

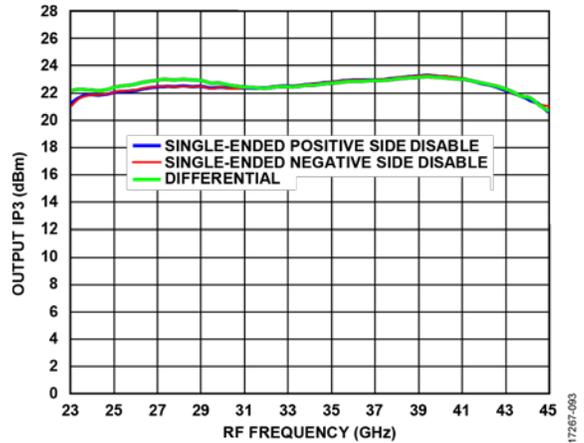


图90. 三种不同LO模式设置下输出IP3与RF频率的关系，RF幅度 = 每信号音-20 dBm, 20 MHz间距,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$ （上边带）

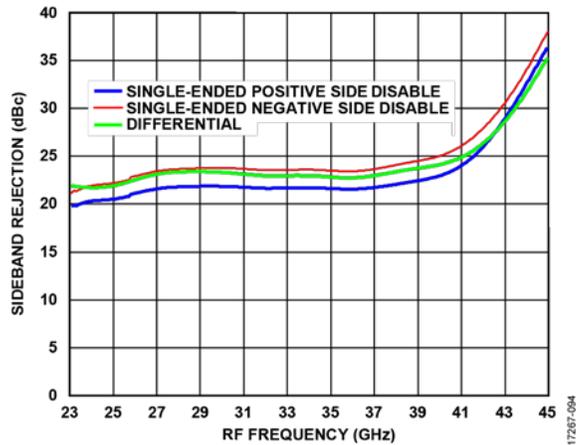


图91. 三种不同LO模式设置下边带抑制与RF频率的关系，RF幅度 = 每信号音-30 dBm, 20 MHz间距,  $f_{IF} = 3.5 \text{ GHz}$ （上边带）

## 固定输入频率时不同RF频率下的性能

ADMV1013四倍频器的工作频率为21.6 GHz至41 GHz。当使用下边带时，在四倍频器频率达到41 GHz之后，转换增益开始滚降。如果使用上边带，当四倍频器频率为21.6 GHz时，转换增益开始滚降。

图92和图93分别显示了IF模式中固定IF频率下上边带和下边带的转换增益与RF频率的关系 ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $LO = 0\text{ dBm}$ )。

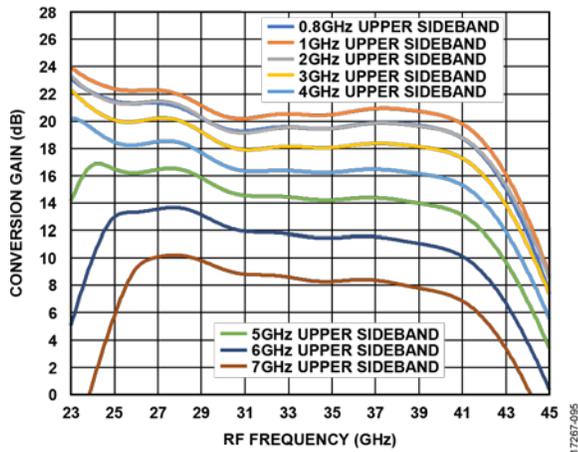


图92. 多种IF频率设置下转换增益与RF频率的关系 (上边带)

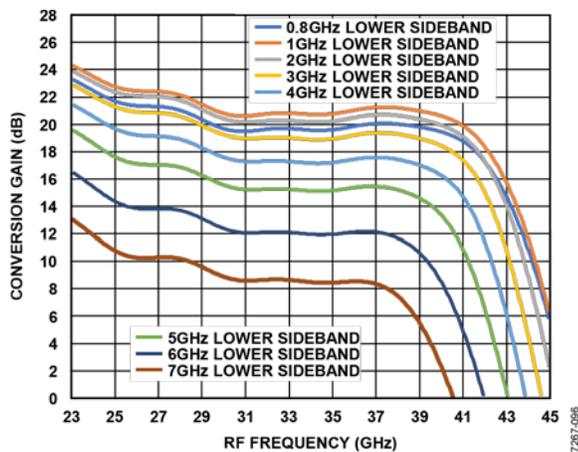


图93. 多种IF频率设置下转换增益与RF频率的关系 (下边带)

图94和图95分别显示了I/Q模式中多种基带(BB)频率下上边带和下边带的转换增益与RF频率的关系 ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $LO = 0\text{ dBm}$ )。

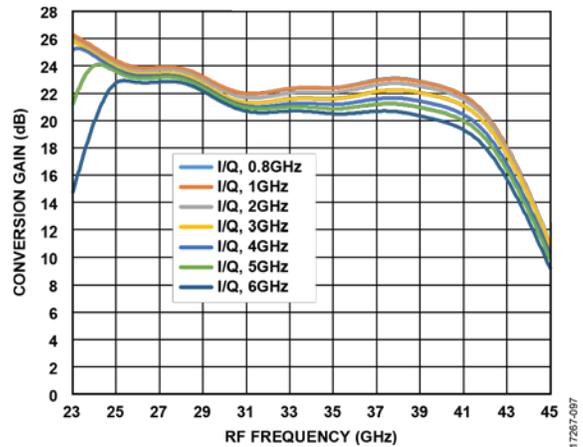


图94. 多种基带频率设置下转换增益与RF频率的关系 (上边带)

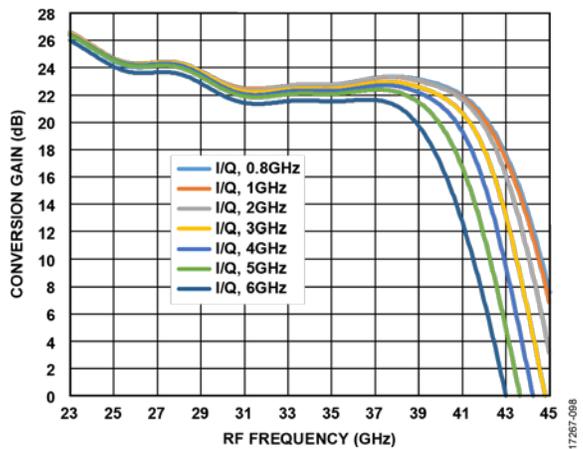


图95. 多种基带频率设置下转换增益与RF频率的关系 (下边带)

I/Q模式中不同共模电压下的性能

图96、图97和图98显示了I/Q模式下不同共模电压下的性能。对于每种共模电压，混频器栅极电压根据“基带正交调制(I/Q模式)”部分中给出的公式进行更改。

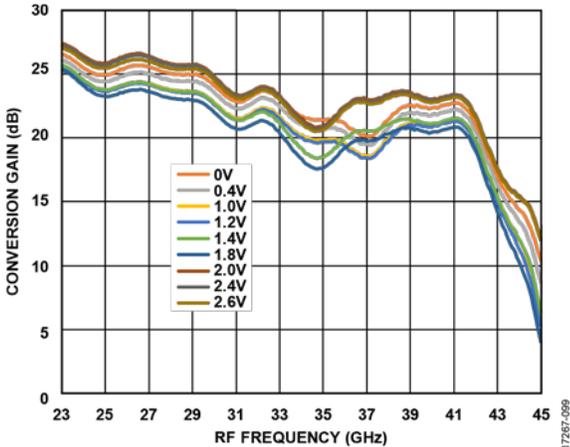


图96. I/Q模式中多种共模电压下的转换增益与RF频率的关系 ( $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$ ,  $LO = 0 \text{ dBm}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

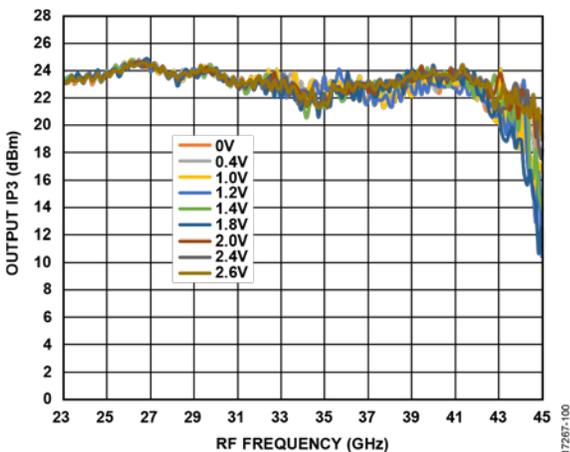


图97. I/Q模式中多种共模电压下的输出IP3与RF频率的关系 ( $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$ ,  $LO = 0 \text{ dBm}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

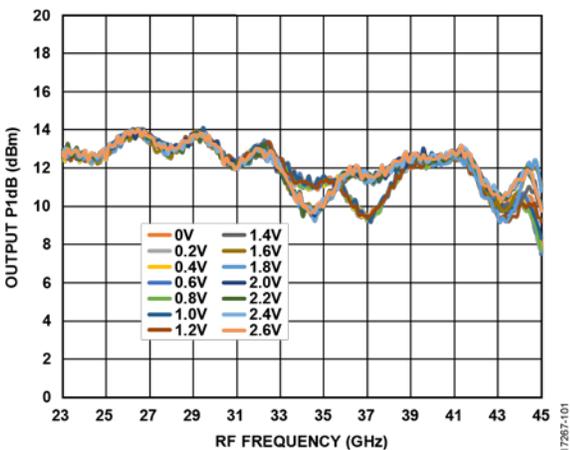


图98. I/Q模式中多种共模电压下的输出P1dB与RF频率的关系 ( $f_{BB} = 100 \text{ MHz}$ ,  $LO = 0 \text{ dBm}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

VCTRL1和VCTRL2独立工作

“技术规格”部分和“典型性能参数”部分中显示的数据基于VCTRL1和VCTRL2电压相等。如果VCTRL1和VCTRL2分别使用，则可以获得更精细的增益调节。使用VCTRL1和VCTRL2还能保持IP3或噪声系数性能，同时衰减RF输出。

图99、图102和图105分别显示了转换增益、输入IP3、噪声系数与RF频率的关系 ( $IF = 2 \text{ GHz}$ , 上边带,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时  $LO = 0 \text{ dBm}$ , VCTRL1等于VCTRL2)。

图100、图103和图106分别显示了转换增益、输入IP3、噪声系数与RF频率的关系 ( $IF = 2 \text{ GHz}$ , 上边带,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时  $LO = 0 \text{ dBm}$ , VCTRL2保持最小衰减, 改变VCTRL1)。

图101、图104和图107分别显示了转换增益、输入IP3、噪声系数与RF频率的关系 ( $IF = 2 \text{ GHz}$ , 上边带,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时  $LO = 0 \text{ dBm}$ , VCTRL1保持最小衰减, 改变VCTRL2)。

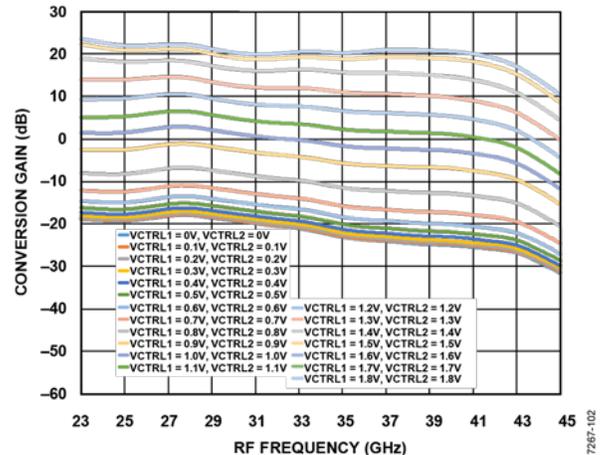


图99. 不同VCTRL电压(VCTRL1 = VCTRL2)下转换增益与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

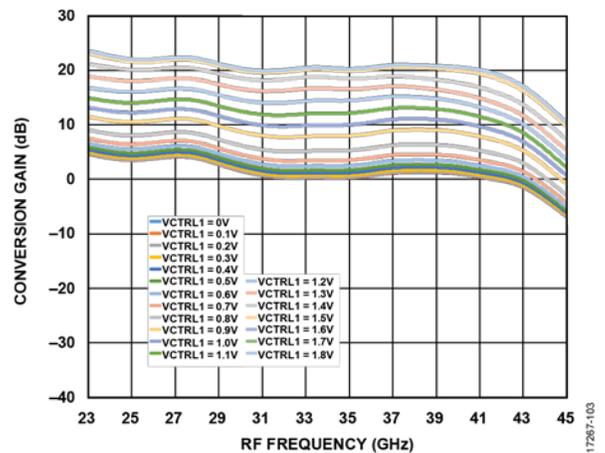


图100. 不同VCTRL1电压(VCTRL2 = 1.8V)下转换增益与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

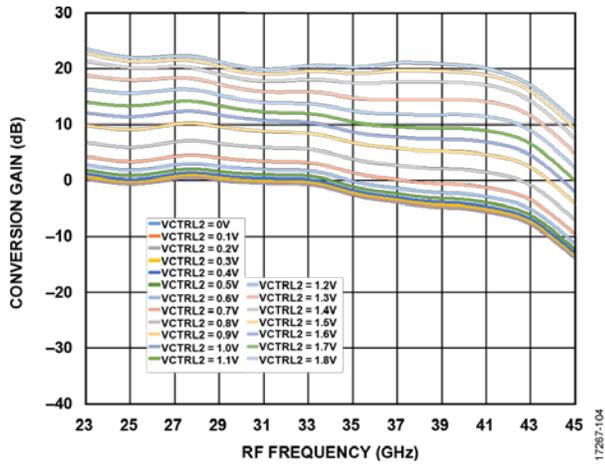


图101. 不同VCTRL2电压(VCTRL1 = 1.8V)下转换增益与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

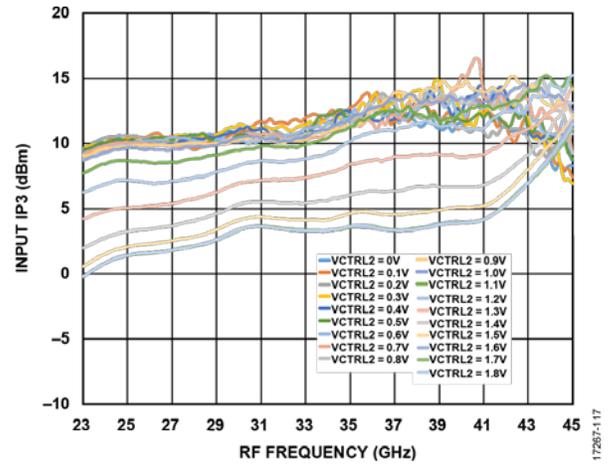


图104. 不同VCTRL2电压(VCTRL1 = 1.8V)下输入IP3与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

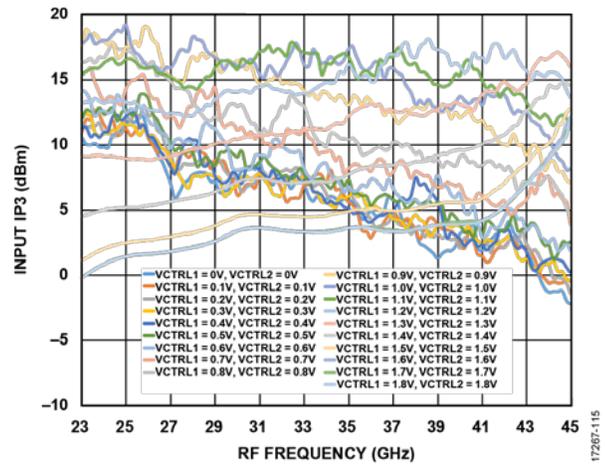


图102. 不同V<sub>CTRL</sub>电压(VCTRL1 = VCTRL2)下输入IP3与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

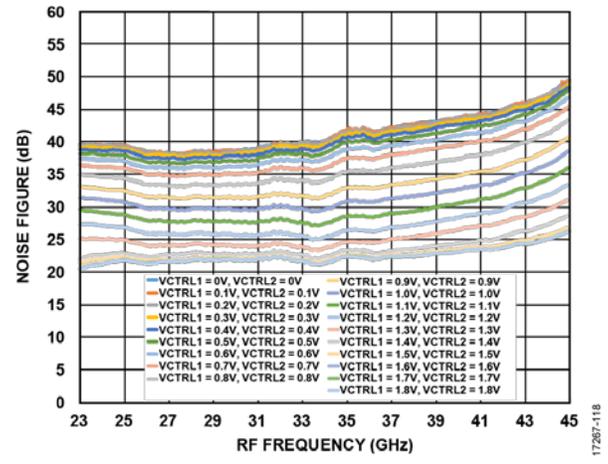


图105. 不同V<sub>CTRL</sub>电压(VCTRL1 = VCTRL2)下噪声系数与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

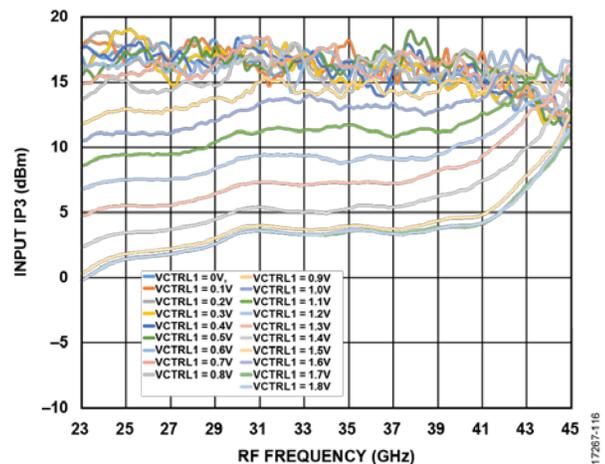


图103. 不同VCTRL1电压(VCTRL2 = 1.8V)下输入IP3与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

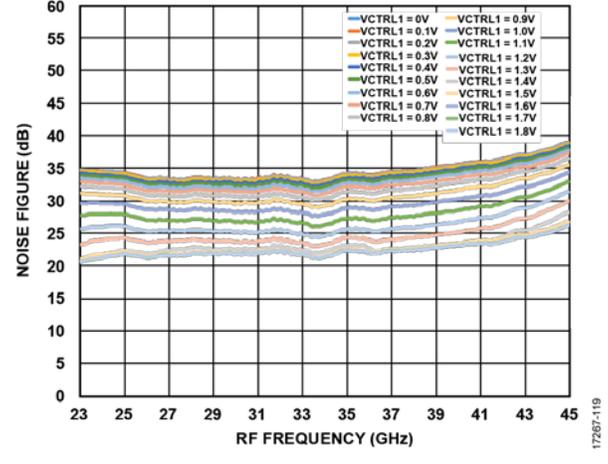


图106. 不同VCTRL1电压(VCTRL2 = 1.8V)下噪声系数与RF频率的关系, IF模式, IF频率 = 2 GHz, 上边带

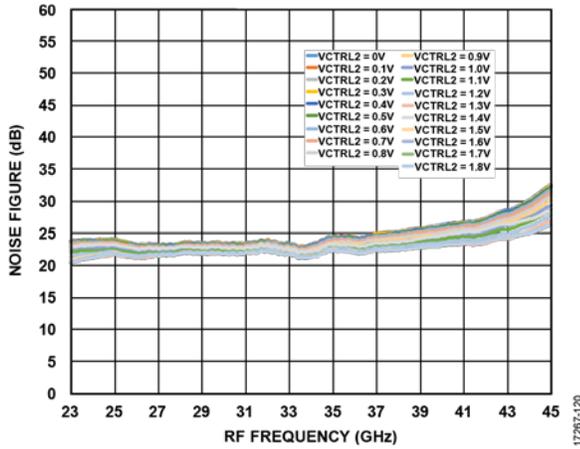


图 107. 不同 VCTRL2 电压 (VCTRL1 = 1.8V) 下噪声系数与 RF 频率的关系, IF 模式, IF 频率 = 2 GHz, 上边带

**推荐焊盘图形**

将 ADMV1013 下侧的裸露焊盘焊接至低热阻抗和电阻抗接地层。此焊盘通常焊接至评估板上阻焊层内的裸露开口。这些接地通孔应连接至评估板上的所有其他接地层, 以最大程度地改善器件封装的散热性能。

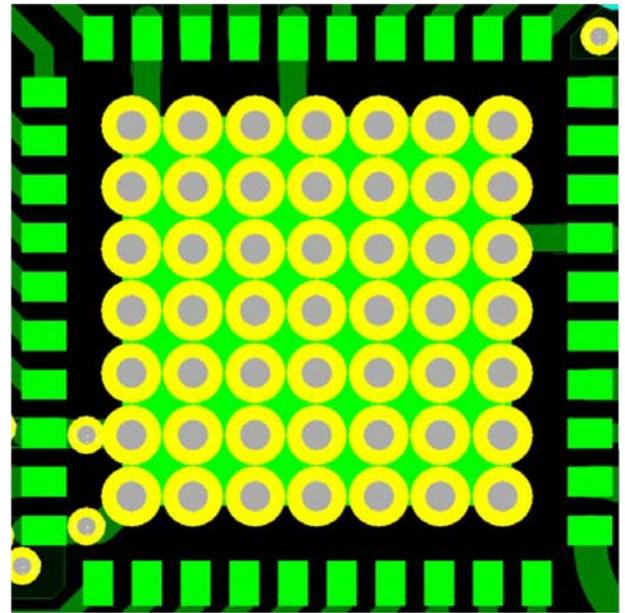


图 108. LGA 封装的评估板布局布线

**评估板信息**

有关 ADMV1013 评估板的更多信息, 参见 [ADMV1013-EVALZ 用户指南](#)。

## 寄存器汇总

表6.

寄存器 (十六 进制)	寄存器 名称	位	位15	位14	位13	位12	位11	位10	位9	位8	复位	R/W
			位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0		
00	SPL_CONTROL	[15:8]	PARITY_EN	SPI_SOFT_RESET	RESERVED			CHIP_ID			0x00A4	R/W
		[7:0]	CHIP_ID			RESERVED		REVISION				
01	ALARM	[15:8]	PARITY_ERROR	TOO_FEW_ERRORS	TOO_MANY_ERRORS	ADDRESS_RANGE_ERROR	RESERVED				0x0000	R
		[7:0]	RESERVED									
02	ALARM_MASKS	[15:8]	PARITY_ERROR_MASK	TOO_FEW_ERRORS_MASK	TOO_MANY_ERRORS_MASK	ADDRESS_RANGE_ERROR_MASK	RESERVED				0xFFFF	R/W
		[7:0]	RESERVED									
03	ENABLE	[15:8]	VGA_PD	MIXER_PD	QUAD_PD		BG_PD	RESERVED			0x01D7	R/W
		[7:0]	MIXER_IF_EN	RESERVED	DET_EN	RESERVED						
05	LO_AMP_I	[15:8]	RESERVED		LOAMP_PH_ADJ_I_FINE						0x5051	R/W
		[7:0]	LOAMP_PH_ADJ_I_FINE	MIXER_VGATE								
06	LO_AMP_Q	[15:8]	RESERVED		LOAMP_PH_ADJ_Q_FINE						0x5000	R/W
		[7:0]	LOAMP_PH_ADJ_Q_FINE	RESERVED								
07	OFFSET_ADJUST_I	[15:8]	MXER_OFF_ADJ_I_P					MXER_OFF_ADJ_I_N			0xFFFC	R/W
		[7:0]	MXER_OFF_ADJ_I_N					RESERVED				
08	OFFSET_ADJUST_Q	[15:8]	MXER_OFF_ADJ_Q_P					MXER_OFF_ADJ_Q_N			0xFFFC	R/W
		[7:0]	MXER_OFF_ADJ_Q_N[5:0]					RESERVED				
09	QUAD	[15:8]	RESERVED					QUAD_SE_MODE			0x5700	R/W
		[7:0]	QUAD_SE_MODE		RESERVED		QUAD_FILTERS					
0A	VVA_TEMPERATURE_COMPENSATION	[15:8]	VVA_TEMPERATURE_COMPENSATION								0x0000	R/W
		[7:0]	VVA_TEMPERATURE_COMPENSATION									

## 寄存器详解

地址：0x00；复位：0x00A4；名称：SPI\_CONTROL

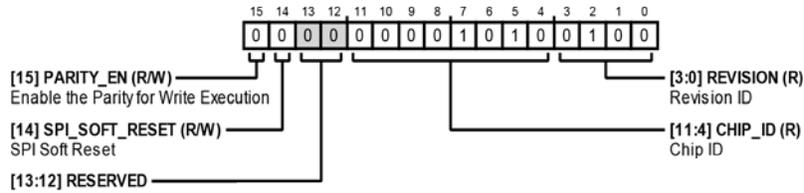


表7. SPI\_CONTROL位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
15	PARITY_EN		使能写操作的奇偶校验	0x0	R/W
14	SPI_SOFT_RESET		SPI软复位	0x0	R/W
[13:12]	RESERVED		保留	0x0	R
[11:4]	CHIP_ID		芯片ID	0xA	R
[3:0]	REVISION		版本ID	0x4	R

地址：0x01；复位：0x0000；名称：ALARM

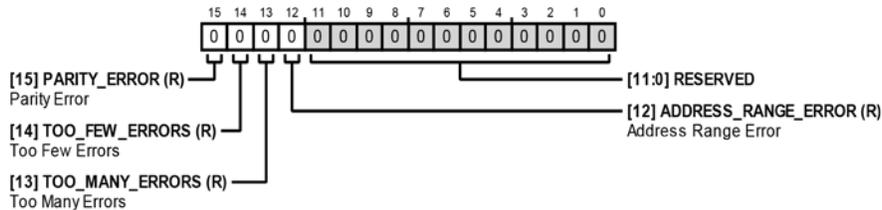


表8. ALARM位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
15	PARITY_ERROR		奇偶校验错误	0x0	R
14	TOO_FEW_ERRORS		错误太少	0x0	R
13	TOO_MANY_ERRORS		错误太多	0x0	R
12	ADDRESS_RANGE_ERROR		地址范围错误	0x0	R
[11:0]	RESERVED		保留	0x0	R

地址：0x02；复位：0xFFFF；名称：ALARM\_MASKS

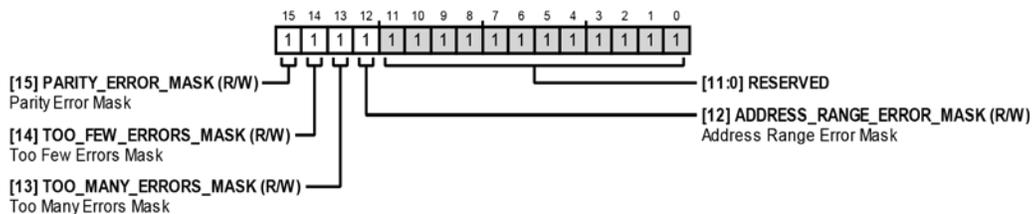


表9. ALARM\_MASKS位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
15	PARITY_ERROR_MASK		奇偶校验错误掩码	0x1	R/W
14	TOO_FEW_ERRORS_MASK		错误屏蔽太少掩码	0x1	R/W
13	TOO_MANY_ERRORS_MASK		错误屏蔽太多掩码	0x1	R/W
12	ADDRESS_RANGE_ERROR_MASK		地址范围错误掩码	0x1	R/W
[11:0]	RESERVED		保留	0xFFFF	R

地址: 0x03; 复位: 0x01D7; 名称: ENABLE

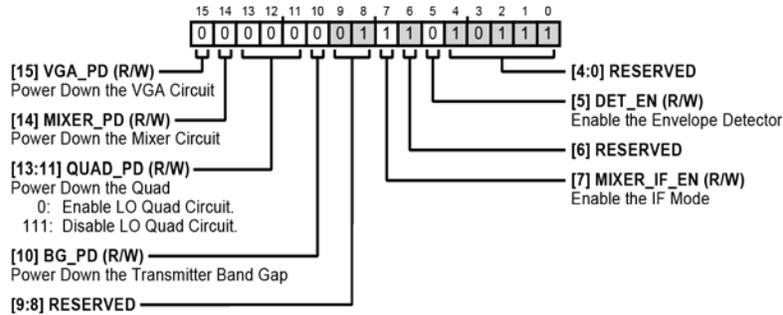


表 10. ENABLE位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
15	VGA_PD		关断VGA电路	0x0	R/W
14	MIXER_PD		关断混频器电路	0x0	R/W
[13:11]	QUAD_PD	000 111	关断四倍频器 使能LO四倍频器电路 禁用LO四倍频器电路	0x0	R/W
10	BG_PD		关断发送器带隙	0x0	R/W
[9:8]	RESERVED		保留	0x0	R
7	MIXER_IF_EN		使能IF模式	0x1	R/W
6	RESERVED		保留	0x1	R
5	DET_EN		使能包络检波器	0x0	R/W
[4:0]	RESERVED		保留	0x17	R

地址: 0x05; 复位: 0x5051; 名称: LO\_AMP\_I

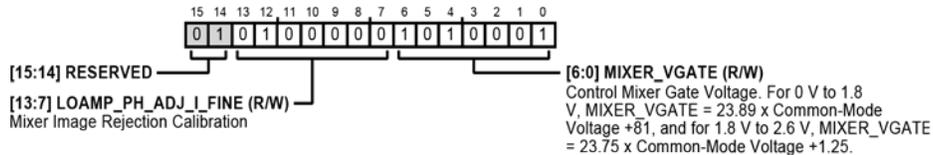


表 11. LO\_AMP\_I位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
[15:14]	RESERVED		保留。	0x1	R
[13:7]	LOAMP_PH_ADJ_I_FINE		混频器镜像抑制校准。	0x20	R/W
[6:0]	MIXER_VGATE		控制混频器栅极电压。对于0 V至1.8 V, MIXER_VGATE = 23.89×共模电压 + 81; 对于1.8 V至2.6 V, MIXER_VGATE = 23.75×共模电压 + 1.25。	0x51	R/W

地址: 0x06; 复位: 0x5000; 名称: LO\_AMP\_Q

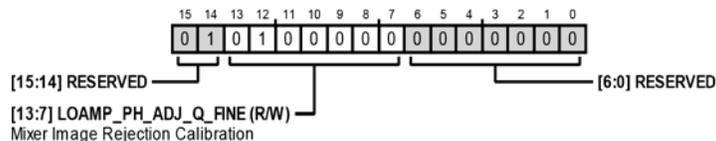


表 12. LO\_AMP\_Q位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
[15:14]	RESERVED		保留	0x1	R
[13:7]	LOAMP_PH_ADJ_Q_FINE		混频器镜像抑制校准	0x20	R/W
[6:0]	RESERVED		保留	0x0	R

地址：0x07；复位：0xFFFC；名称：OFFSET\_ADJUST\_I

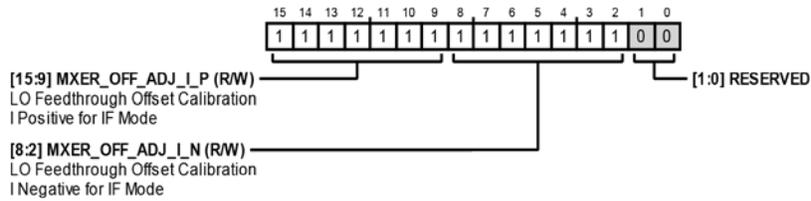


表13. OFFSET\_ADJUST\_I位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
[15:9]	MXER_OFF_ADJ_I_P		IF模式的LO馈通失调校准I为正	0x7F	R/W
[8:2]	MXER_OFF_ADJ_I_N		IF模式的LO馈通失调校准I为负	0x7F	R/W
[1:0]	RESERVED		保留	0x0	R

地址：0x08；复位：0xFFFC；名称：OFFSET\_ADJUST\_Q

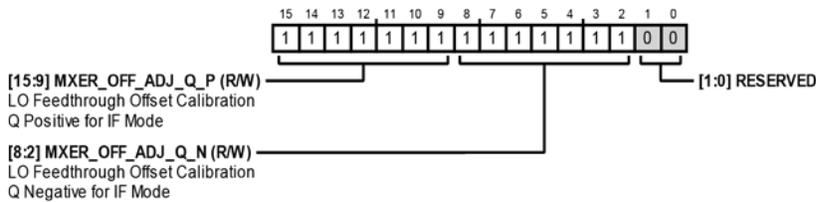


表14. OFFSET\_ADJUST\_Q位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
[15:9]	MXER_OFF_ADJ_Q_P		IF模式的LO馈通失调校准Q为正	0x7F	R/W
[8:2]	MXER_OFF_ADJ_Q_N		IF模式的LO馈通失调校准Q为负	0x7F	R/W
[1:0]	RESERVED		保留	0x0	R

地址：0x09；复位：0x5700；名称：QUAD

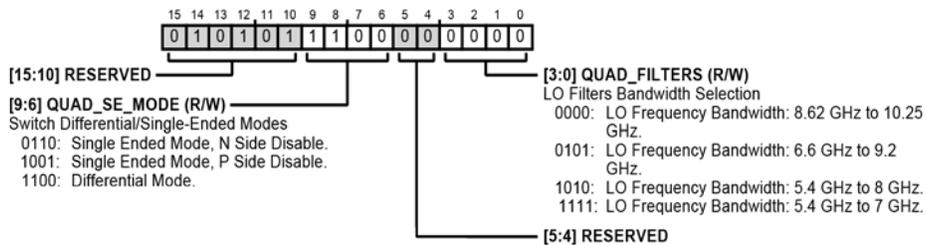
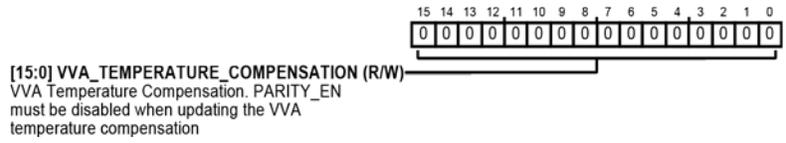


表15. QUAD位功能描述

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
[15:10]	RESERVED		保留。	0x15	R
[9:6]	QUAD_SE_MODE	0110 1001 1100	切换差分/单端模式。 单端模式，禁用负端。 单端模式，禁用正端。 差分模式。	0xC	R/W
[5:4]	RESERVED		保留。	0x0	R
[3:0]	QUAD_FILTERS	0000 0101 1010 1111	LO滤波器带宽选择。 LO频率带宽：8.62 GHz至10.25 GHz LO频率带宽：6.6 GHz至9.2 GHz LO频率带宽：5.4 GHz至8 GHz LO频率带宽：5.4 GHz至7 GHz	0x0	R/W

地址: 0x0A; 复位: 0x0000; 名称: VVA\_TEMPERATURE\_COMPENSATION



**表16. VVA\_TEMPERATURE\_COMPENSATION位功能描述**

位	位名称	设置	描述	复位	访问类型
[15:0]	VVA_TEMPERATURE_COMPENSATION		VVA温度补偿。更新VVA温度补偿时，必须禁用PARITY_EN。启动时设置为0xE700。	0x0	R/W

# 外形尺寸

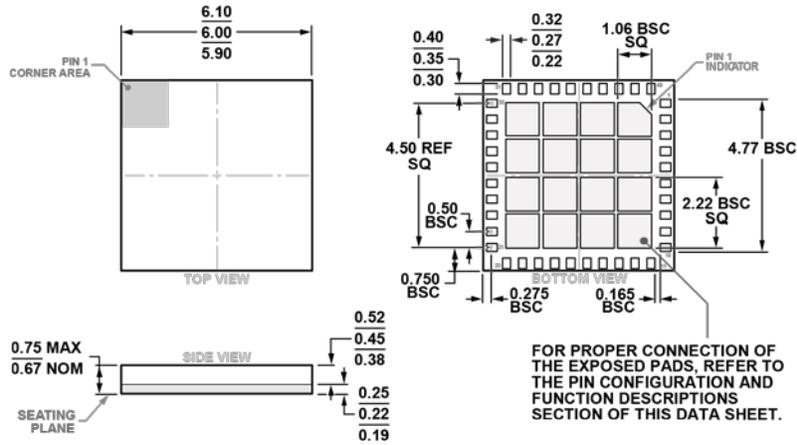


图109. 40引脚栅格阵列封装[LGA]  
 6 mm × 6 mm 本体, 0.67 mm 封装高度  
 (CC-40-5)  
 图示尺寸单位: mm

## 订购指南

型号 <sup>1</sup>	温度范围	封装描述	封装选项
ADMV1013ACCZ	-40°C至+85°C	40引脚栅格阵列封装[LGA]	CC-40-5
ADMV1013ACCZ-R7	-40°C至+85°C	40引脚栅格阵列封装[LGA]	CC-40-5
ADMV1013-EVALZ		评估板	

<sup>1</sup> Z = 符合RoHS标准的器件。

