

特性

输出频率范围: 137.5 MHz至4400 MHz

小数N分频频率合成器和整数N分频频率合成器

具有低相位噪声的VCO

可编程的1/2/4/8/16分频输出

均方根(RMS)抖动: 0.5 ps(典型均方根值)

电源电压: 3.0 V至3.6 V

1.8 V逻辑兼容

可编程双模预分频器: 4/5或8/9

可编程的输出功率

RF输出静音功能

三线式串行接口

模拟和数字锁定检测

在宽带宽内快速锁定模式

周跳减少

应用

无线基础设施(W-CDMA、TD-SCDMA、WiMAX、GSM、PCS、DCS、DECT)

测试设备

无线局域网(LAN)、有线电视设备

时钟产生

概述

ADF4350结合外部环路滤波器和外部基准频率使用时,可实现小数N分频或整数N分频锁相环(PLL)频率合成器。

ADF4350具有一个集成电压控制振荡器(VCO),其基波输出频率范围为2200 MHz至4400 MHz。此外,利用1/2/4/8/16分频电路,用户可以产生低至137.5 MHz的RF输出频率。对于要求隔离的应用,RF输出级可以实现静音。静音功能既可以通过引脚控制,也可以通过软件控制。同时提供辅助RF输出,且不用时可以关断。

所有片内寄存器均通过简单的三线式接口进行控制。该器件采用3.0 V至3.6 V电源供电,不用时可以关断。

功能框图

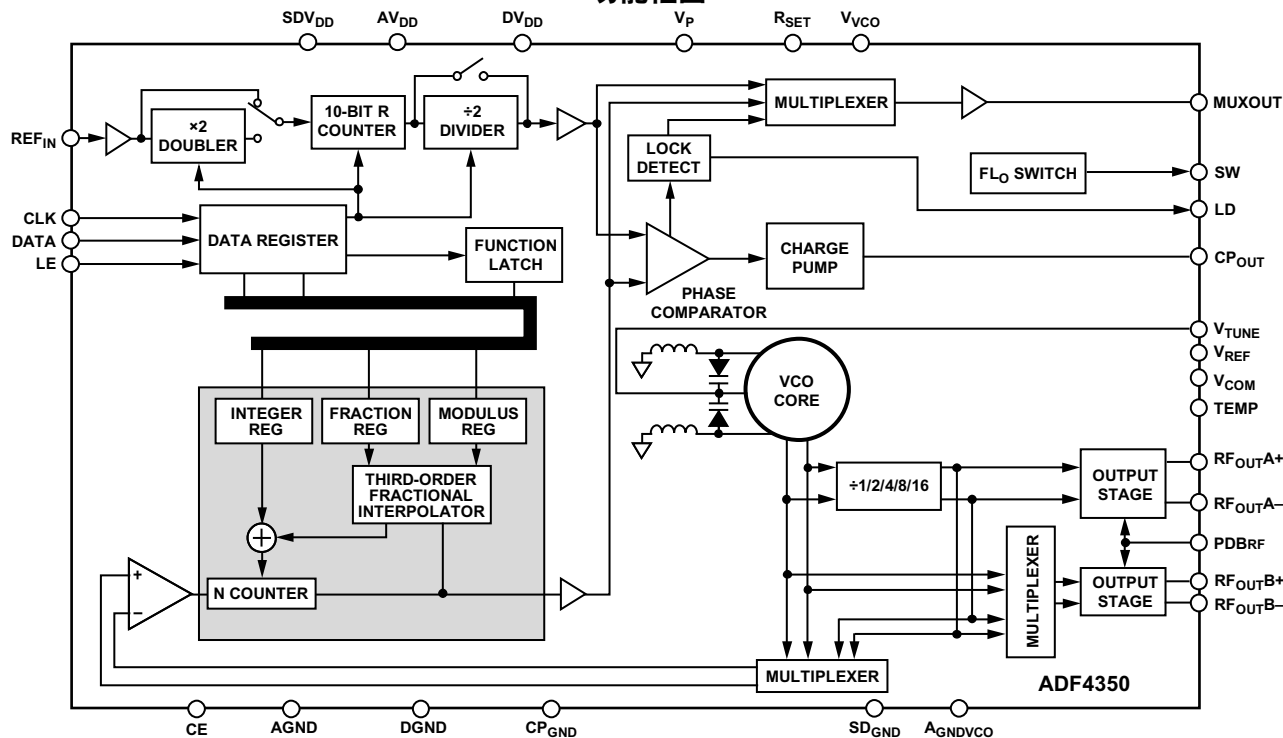


图1

Rev. 0

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
Fax: 781.461.3113
www.analog.com
©2008 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

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

特性	1	寄存器1	18
应用	1	寄存器2	18
概述	1	寄存器3	20
功能框图	1	寄存器4	20
修订历史	2	寄存器5	20
技术规格	3	初始化序列	21
时序特性	5	RF频率合成器：一个成功范例	21
绝对最大额定值	6	模数	21
晶体管数量	6	参考倍频器和参考分频器	21
ESD警告	6	12位可编程模数	21
引脚配置和功能描述	7	减少周跳以缩短锁定时间	22
典型工作特性	9	杂散优化和快速锁定	22
电路描述	11	快速锁定定时器和寄存器序列	22
基准电压输入部分	11	快速锁定示例	22
RFN分频器	11	快速锁定：环路滤波器拓扑	23
INT、FRAC、MOD与R分频器的关系	11	杂散机制	23
整数N分频模式	11	杂散一致性和小数杂散优化	24
R分频器	11	相位再同步	24
鉴频鉴相器(PFD)和电荷泵	11	应用信息	25
MUXOUT和LOCK检测	12	直接变频调制器	25
输入移位寄存器	12	接口	26
编程模式	12	芯片级封装的PCB设计指南	26
VCO	12	输出匹配	27
输出级	13	外形尺寸	28
寄存器图	14	订购指南	28
寄存器0	18		

修订历史

2008年11月—修订版0：初始版

技术规格

除非另有说明, $AV_{DD} = DV_{DD} = V_{VCO} = SDV_{DD} = V_P = 3.3 \text{ V} \pm 10\%$; $AGND = DGND = 0 \text{ V}$; $T_A = T_{MIN}$ 至 T_{MAX} 。工作温度范围为 -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$ 。

表1

参数	最小值	B级 典型值	最大值	单位	条件/注释
REF _{IN} 特性					
输入频率	10		105	MHz	如果 $f < 10 \text{ MHz}$, 确保压摆率大于 $21 \text{ V}/\mu\text{s}$ $AV_{DD}/2$ 偏置 ¹
输入灵敏度	0.7		AV_{DD}	V p-p	
输入电容		10		pF	
输入电流			± 60	μA	
鉴相器					
鉴相器频率 ²			32	MHz	
电荷泵					
I_{CP} 吸/源电流 ³					$R_{SET} = 5.1 \text{ k}\Omega$
高值		5		mA	
低值		0.312		mA	
R_{SET} 范围	2.7		10	k Ω	
吸电流与源电流匹配		2		%	$0.5 \text{ V} \leq V_{CP} \leq 2.5 \text{ V}$
I_{CP} 与 V_{CP}		1.5		%	$0.5 \text{ V} \leq V_{CP} \leq 2.5 \text{ V}$
I_{CP} 与温度		2		%	$V_{CP} = 2.0 \text{ V}$
逻辑输入					
输入高电压 V_{INH}	1.5			V	
输入低电压 V_{INL}			0.6	V	
输入电流 I_{INH}/I_{INL}			± 1	μA	
输入电容 C_{IN}		3.0		pF	
逻辑输出					
输出高电压 V_{OH}	$DV_{DD} - 0.4$			V	选择CMOS输出
输出高电流 I_{OH}			500	μA	
输出低电压 V_{OL}			0.4	V	$I_{OL} = 500 \mu\text{A}$
电源					
AV_{DD}	3.0		3.6	V	这些电压必须等于 AV_{DD}
DV_{DD} , V_{VCO} , SDV_{DD} , V_P		AV_{DD}			
$DI_{DD} + AI_{DD}$ ⁴		21	27	mA	每个二分频输出消耗6 mA
输出分频器		6 to 24		mA	
I_{VCO} ⁴		70	80	mA	RF输出级可编程
I_{RFOUT} ⁴		21	26	mA	
低功耗睡眠模式		7	1000	μA	
RF输出特性					
最大VCO输出频率			4400	MHz	基波VCO模式 2200 MHz基波输出, 选择16分频
最小VCO输出频率	2200			MHz	
使用分频器时最小VCO输出频率	137.5			MHz	
VCO灵敏度		33		MHz/V	驱动2.00 VSWR负载 基波VCO输出 基波VCO输出 分频VCO输出 分频VCO输出 3dB步进可编程
推频(开环)		1		MHz/V	
拉频(开环)		90		kHz	
谐波成分(二次)		-19		dBc	
谐波成分(三次)		-13		dBc	
谐波成分(二次)		-20		dBc	
谐波成分(三次)		-10		dBc	
最小RF输出功率 ⁵		-4		dBm	
最大RF输出功率 ⁵		5		dBm	
输出功率波动		± 1		dB	
最小VCO调谐电压		0.5		V	
最大VCO调谐电压		2.5		V	

ADF4350

参数	B级			单位	条件/注释
	最小值	典型值	最大值		
噪声特性					
VCO相位噪声性能 ⁶		-89		dBc/Hz	10 kHz偏移、2.2 GHz载波
		-114		dBc/Hz	100 kHz偏移、2.2 GHz载波
		-134		dBc/Hz	1 MHz偏移、2.2 GHz载波
		-148		dBc/Hz	5 MHz偏移、2.2 GHz载波
		-86		dBc/Hz	10 kHz偏移、3.3 GHz载波
		-111		dBc/Hz	100 kHz偏移、3.3 GHz载波
		-134		dBc/Hz	1 MHz偏移、3.3 GHz载波
		-145		dBc/Hz	5 MHz偏移、3.3 GHz载波
		-83		dBc/Hz	10 kHz偏移、4.4 GHz载波
		-110		dBc/Hz	100 kHz偏移、4.4 GHz载波
		-132		dBc/Hz	1 MHz偏移、4.4 GHz载波
		-145		dBc/Hz	5 MHz偏移、4.4 GHz载波
归一化带内相位本底噪声 ⁷		-213		dBc/Hz	
带内相位噪声 ⁸		-97		dBc/Hz	3 kHz偏移、2113.5 MHz载波
积分均方根抖动 ⁹		0.5		ps	
PFD频率引起的杂散信号		-70		dBc	
使能RF静音时的信号电平		-40		dBm	

¹ 交流耦合确保AV_{DD}/2偏置。

² 通过设计保证。样片经过测试，以确保符合标准要求。

³ 内部改变I_{CP}以使环路增益在整个频率范围内保持稳定。

⁴ T_A = 25°C；AV_{DD} = DV_{DD} = V_{VCO} = 3.3 V；预分频 = 8/9；f_{REFIN} = 100 MHz；f_{PFD} = 25 MHz；f_{RF} = 4.4 GHz。

⁵ 50 Ω电阻接V_{VCO}，驱动50 Ω负载。测量功率时辅助RF输出禁用。辅助输出的功耗与主输出相同。

⁶ VCO噪声在开环条件下测量。

⁷ 这个数值可用于任何应用的相位噪声计算。计算VCO输出端的带内相位噪声性能时，请使用以下公式：-213 + 10log(f_{PFD}) + 20logN。所给出的值是针对最低噪声模式。

⁸ f_{REFIN} = 100 MHz；f_{PFD} = 25 MHz；偏移频率 = 10 kHz；VCO频率 = 4227 MHz，使能二分频输出。RF_{OUT} = 2113.5 MHz；N = 169；环路带宽 = 40 kHz，I_{CP} = 313 μA，低噪声模式。噪声是利用EVAL-ADF4350EB1Z和Agilent E5052A信号源分析仪测得。

⁹ f_{REFIN} = 100 MHz；f_{PFD} = 25 MHz；VCO频率 = 4400 MHz，RF_{OUT} = 4400 MHz；N = 176；环路带宽 = 40 kHz，I_{CP} = 313 μA，低噪声模式。噪声是利用EVAL-ADF4350EB1Z和Agilent E5052A信号源分析仪测得。

时序特性

除非另有说明， $AV_{DD} = DV_{DD} = V_{VCO} = SDV_{DD} = V_P = 3.3\text{ V} \pm 10\%$ ； $AGND = DGND = 0\text{ V}$ ；使用1.8 V和3 V逻辑电平； $T_A = T_{MIN}$ 至 T_{MAX} 。

表2

参数	限值 (B级)	单位	测试条件/注释
t_1	20	ns(最小值)	LE设置时间
t_2	10	ns(最小值)	DATA到CLK设置时间
t_3	10	ns(最小值)	DATA到CLK保持时间
t_4	25	ns(最小值)	CLK高电平持续时间
t_5	25	ns(最小值)	CLK低电平持续时间
t_6	10	ns(最小值)	CLK到LE设置时间
t_7	20	ns(最小值)	LE脉冲宽度

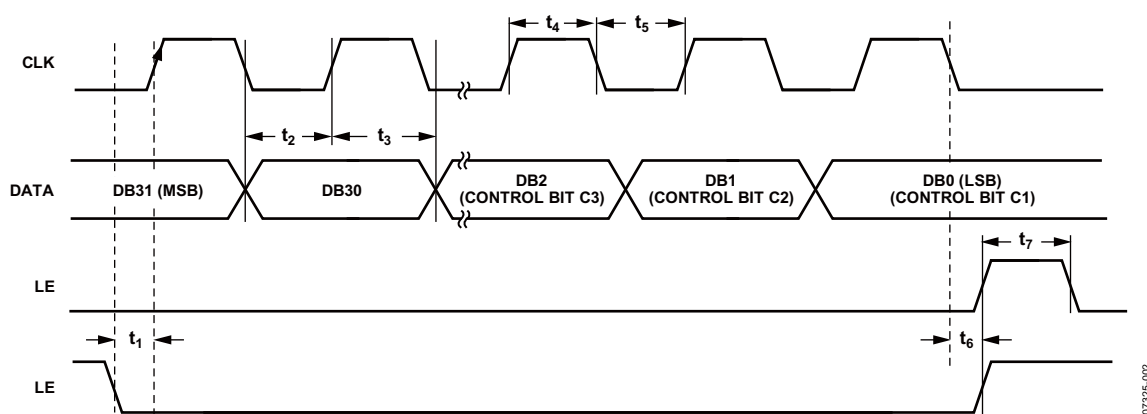


图2. 时序图

07325-002

绝对最大额定值

除非另有说明，T_A = 25°C。

表3

参数	额定值
AV _{DD} 至GND ¹	−0.3 V 至 +3.9 V
AV _{DD} 至DV _{DD}	−0.3 V 至 +0.3 V
V _{VCO} 至GND	−0.3 V 至 +3.9 V
V _{VCO} 至AV _{DD}	−0.3 V 至 +0.3 V
数字I/O电压至GND	−0.3 V 至 V _{DD} + 0.3 V
模拟I/O电压至GND	−0.3 V 至 V _{DD} + 0.3 V
REF _{IN} 至GND	−0.3 V 至 V _{DD} + 0.3 V
工作温度范围	−40°C 至 +85°C
存储温度范围	−65°C 至 +125°C
最高结温	150°C
LFCSP θ _{JA} 热阻抗 (焊盘焊接)	27.3°C/W
回流焊	
峰值温度	260°C
峰值温度时间	40 秒

¹ GND = AGND = DGND = 0 V


注意，超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。这只是额定应力值，不涉及器件在这些或任何其它条件下超出本技术规格指标的功能性操作。长期在绝对最大额定值条件下工作会影响器件的可靠性。

本器件为高性能RF集成电路，ESD额定值小于0.5 kV，对ESD(静电放电)敏感。搬运和装配时应采取适当的防范措施。

晶体管数量

24202 (CMOS)和918 (双极性)

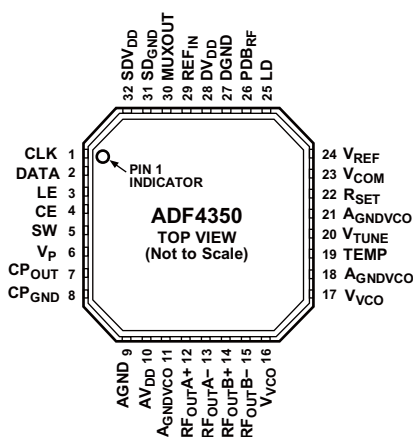
ESD警告



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用保护电路，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. THE LFCSP HAS AN EXPOSED PADDLE THAT MUST BE CONNECTED TO GND.

图3. 引脚配置

表4. 引脚功能描述

引脚编号	引脚名称	描述
1	CLK	串行时钟输入。数据在CLK上升沿时逐个输入32位移位寄存器。此输入为高阻抗CMOS输入。
2	DATA	串行数据输入。串行数据以MSB优先方式加载，三个LSB用作控制位。此输入为高阻抗CMOS输入。
3	LE	加载使能，CMOS输入。当LE变为高电平时，存储在移位寄存器中的数据载入三个LSB所选择的寄存器。
4	CE	芯片使能。此引脚的逻辑低电平将关断器件，并使电荷泵进入三态模式。根据关断位的状态不同，此引脚的逻辑高电平将使器件上电。
5	SW	快速锁定开关。使用快速锁定模式时，必须将环路滤波器与此引脚相连。
6	V _P	电荷泵电源。此引脚须等于AV _{DD} 。至地层的去耦电容应尽可能靠近此引脚。
7	CP _{OUT}	电荷泵输出。使能时，此引脚向外部环路滤波器提供±I _{CP} 。环路滤波器的输出连到VTUNE，以驱动内部VCO。
8	CP _{GND}	电荷泵接地。这是CP _{OUT} 的接地回路引脚。
9	AGND	模拟地。这是AV _{DD} 的接地回路引脚。
10	AV _{DD}	模拟电源。范围为3.0 V至3.6 V。至模拟地层的去耦电容应尽可能靠近此引脚。AV _{DD} 的值必须与DV _{DD} 相同。
11, 18, 21	AGNDVCO	VCO模拟地。这些是VCO的接地回路引脚。
12	RF _{OUTA+}	VCO输出。输出电平可编程。提供VCO基波输出或分频输出。
13	RF _{OUTA-}	互补VCO输出。输出电平可编程。提供VCO基波输出或分频输出。
14	RF _{OUTB+}	辅助VCO输出。输出电平可编程。提供VCO基波输出或分频输出。
15	RF _{OUTB-}	互补辅助VCO输出。输出电平可编程。提供VCO基波输出或分频输出。
16, 17	V _{VCO}	VCO电源。范围为3.0 V至3.6 V。至模拟地层的去耦电容应尽可能靠近这些引脚。V _{VCO} 的值必须与AV _{DD} 相同。
19	TEMP	温度补偿输出。至地层的去耦电容应尽可能靠近此引脚。
20	V _{TUNE}	VCO的控制输入。此电压决定输出频率，从对CP _{OUT} 输出电压的滤波而获得。

ADF4350

引脚编号	引脚名称	描述
22	R _{SET}	在此引脚与GND之间连一个电阻可设置电荷泵输出电流。R _{SET} 引脚的标称电压偏置为0.55 V。I _{CP} 与R _{SET} 的关系为： $I_{CP} = \frac{25.5}{R_{SET}}$ 其中： R _{SET} = 5.1 kΩ I _{CP} = 5 mA
23	V _{COM}	偏置调谐范围一半的内部补偿节点。至地层的去耦电容应尽可能靠近此引脚。
24	V _{REF}	基准电压。至地层的去耦电容应尽可能靠近此引脚。
25	LD	锁定检测输出引脚。此引脚输出逻辑高电平时表示PLL锁定。逻辑低电平输出表示PLL失锁。
26	PDB _{RF}	RF关断。此引脚为逻辑低电平时，RF输出静音。此功能也是软件可编程的。
27	DGND	数字地。DV _{DD} 的接地回路引脚。
28	DV _{DD}	数字电源。此引脚的电压应与AV _{DD} 相同。至地层的去耦电容应尽可能靠近此引脚。
29	REF _{IN}	基准输入。这是一个CMOS输入，标称阈值为V _{DD} /2，并具有100 kΩ的直流等效输入电阻。此输入可以采用TTL或CMOS晶振驱动，或者交流耦合。
30	MUXOUT	多路复用器输出。此多路复用器输出允许从外部访问锁定检测、经过缩放的RF或基准频率。
31	SD _{GND}	数字Σ-Δ调制器接地。Σ-Δ调制器的接地回路引脚。
32	SDV _{DD}	数字Σ-Δ调制器的电源引脚。其电压应与AV _{DD} 相同。至地层的去耦电容应尽可能靠近此引脚。
33	EP	裸露焊盘。

典型工作特性

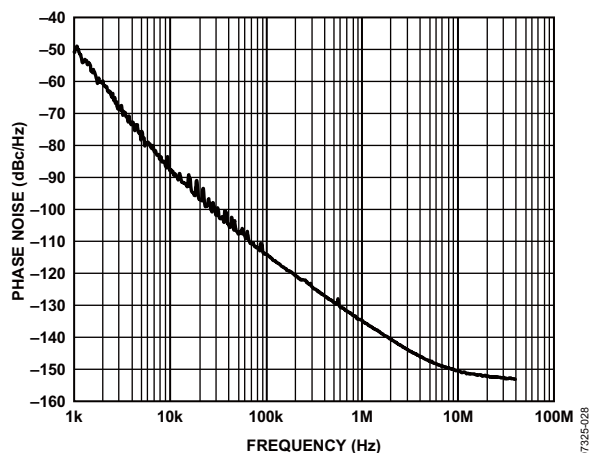


图4. 开环VCO相位噪声, 2.2 GHz

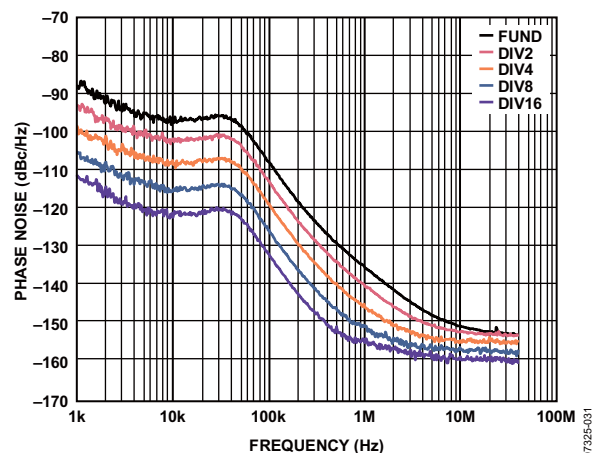
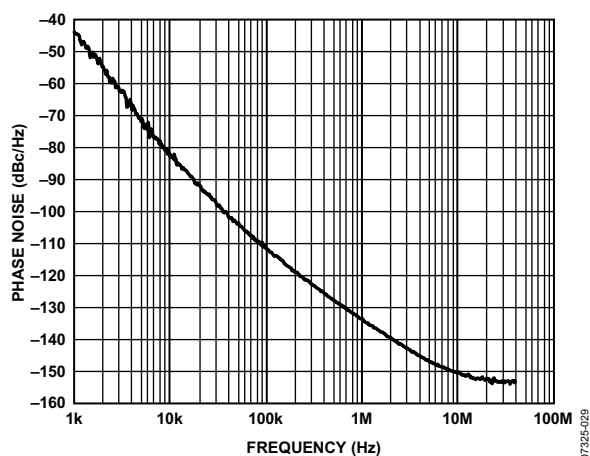
图7. 闭环相位噪声, 基波VCO和分频器,
VCO = 2.2 GHz, PFD = 25 MHz, 环路带宽 = 40 kHz

图5. 开环VCO相位噪声, 3.3 GHz

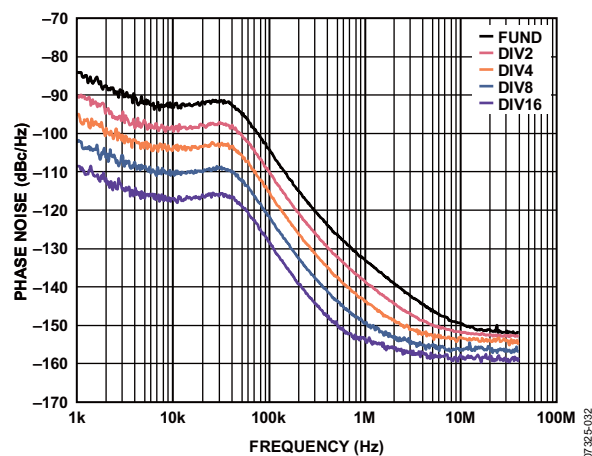
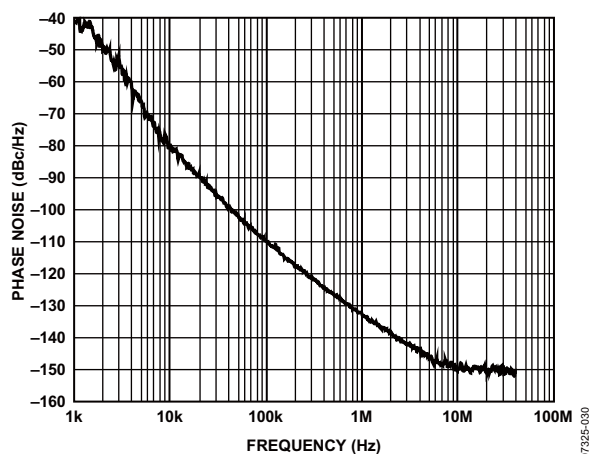
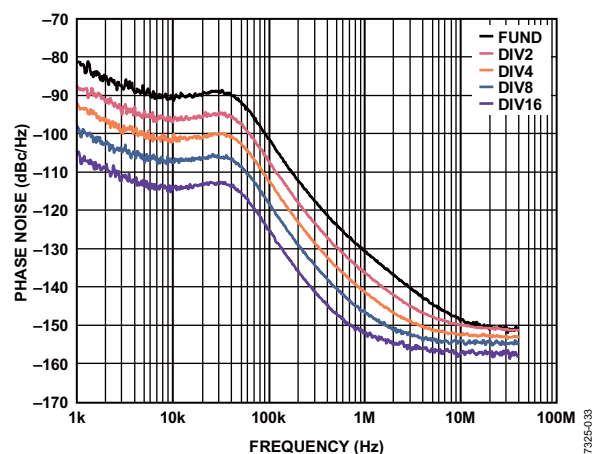
图8. 闭环相位噪声, 基波VCO和分频器,
VCO = 3.3 GHz, PFD = 25 MHz, 环路带宽 = 40 kHz

图6. 开环VCO相位噪声, 4.4 GHz

图9. 闭环相位噪声, 基波VCO和分频器,
VCO = 4.4 GHz, PFD = 25 MHz, 环路带宽 = 40 kHz

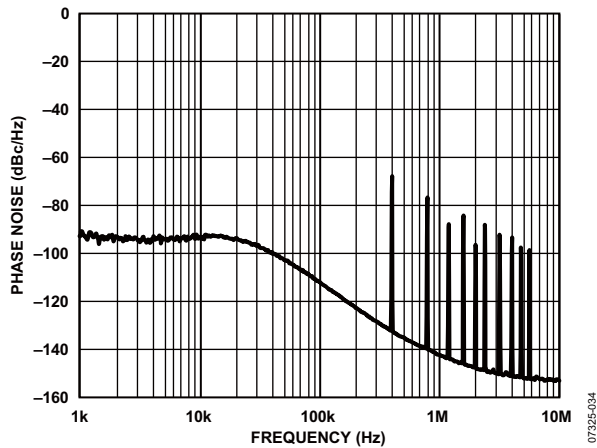


图10. 整数N分频相位噪声和杂散性能。GSM900频段， $RF_{OUT} = 904$ MHz， $REF_{IN} = 100$ MHz， $PFD = 800$ kHz，选择4分频输出；环路滤波器带宽 = 16 kHz，通道间隔 = 200 kHz。

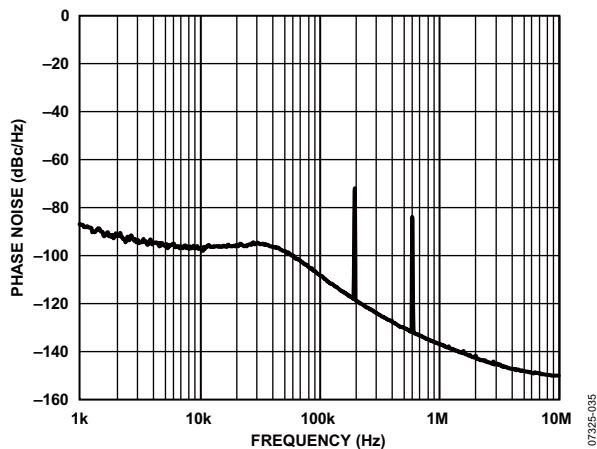


图11. 小数N分频杂散性能。低噪声模式，W-CDMA频段， $RF_{OUT} = 2113.5$ MHz， $REF_{IN} = 100$ MHz， $PFD = 25$ MHz，选择2分频输出；环路滤波器带宽 = 40 kHz，通道间隔 = 200 kHz。

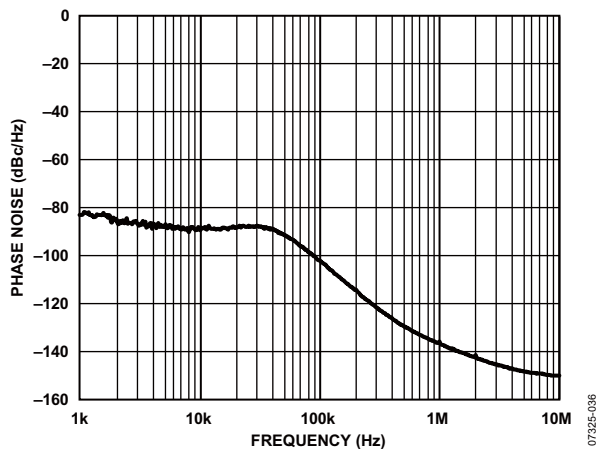


图12. 小数N分频杂散性能。低杂散模式，W-CDMA频段， $RF_{OUT} = 2113.5$ MHz， $REF_{IN} = 100$ MHz， $PFD = 25$ MHz，选择2分频输出；环路滤波器带宽 = 40 kHz，通道间隔 = 200 kHz。

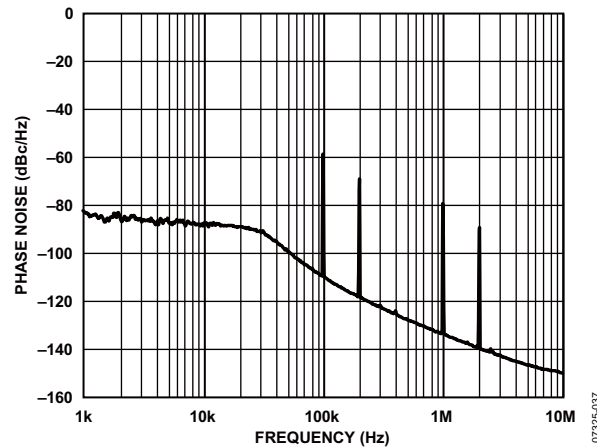


图13. 小数N分频杂散性能。低噪声模式， $RF_{OUT} = 2.591$ GHz， $REF_{IN} = 105$ MHz， $PFD = 17.5$ MHz，选择1分频输出；环路滤波器带宽 = 20 kHz，通道间隔 = 100 kHz。

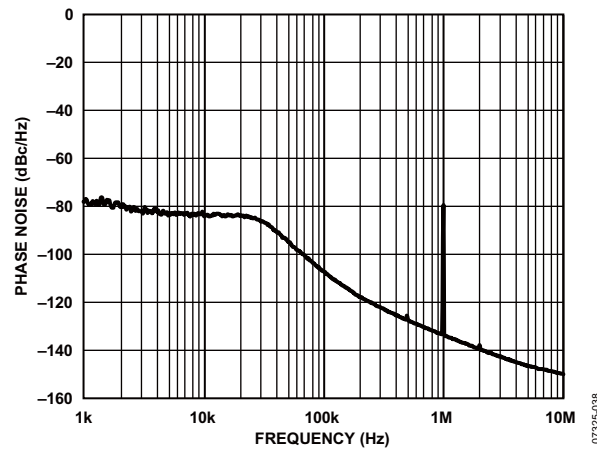


图14. 小数N分频杂散性能。低杂散模式， $RF_{OUT} = 2.591$ GHz， $REF_{IN} = 105$ MHz， $PFD = 17.5$ MHz，选择1分频输出；环路滤波器带宽 = 20 kHz，通道间隔 = 100 kHz (注意：低杂散模式下，小数杂散已消除，只剩下整数边界杂散)。

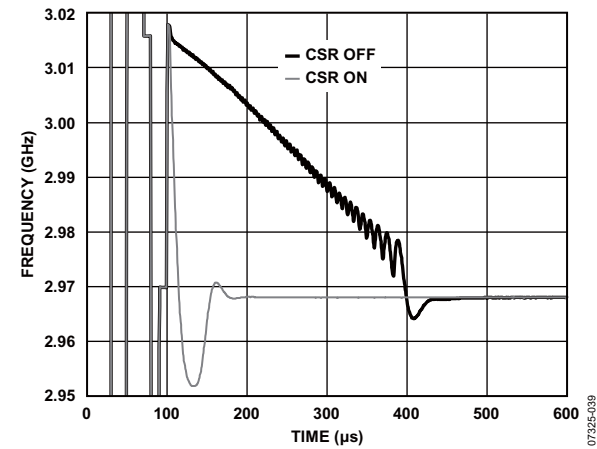


图15. CSR开启和关闭两种情况下100 MHz跳频 (从3070 MHz到2970 MHz)的锁定时间， $PFD = 25$ MHz， $I_{CP} = 313$ μ A，环路滤波器带宽 = 20 kHz。

MUXOUT和LOCK检测

ADF4350的输出多路复用器允许用户访问芯片的各种内部点。MUXOUT状态由M3、M2和M1控制(详情见图26)。图19以框图形式显示了MUXOUT部分。

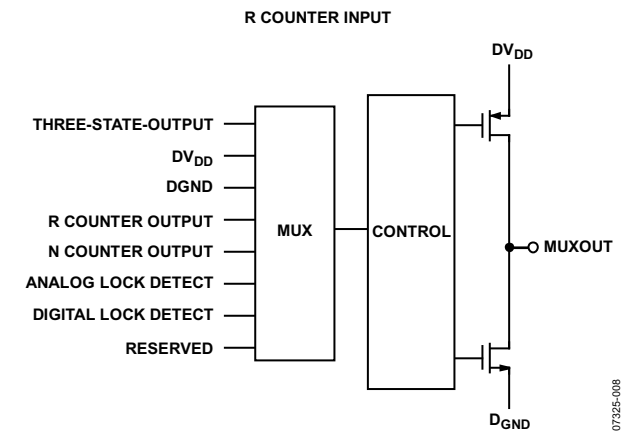


图19. MUXOUT原理图

输入移位寄存器

ADF4350数字部分包括一个10位RF R计数器、一个16位RF N计数器、一个12位FRAC计数器和一个12位模数计数器。数据在CLK的每个上升沿时逐个输入32位移位寄存器。数据输入方式是MSB优先。在LE上升沿时，数据从移位寄存器传输至六个锁存器之一。目标锁存器由移位寄存器中的三个控制位(C3、C2和C1)的状态决定。这些控制位是3个LSB：DB2、DB1和DB0，如图2所示。表5为这些位的真值表。图23总结了这些锁存器的编程方式。

表5. C3、C2和C1真值表

控制位			寄存器
C3	C2	C1	
0	0	0	寄存器0 (R0)
0	0	1	寄存器1 (R1)
0	1	0	寄存器2 (R2)
0	1	1	寄存器3 (R3)
1	0	0	寄存器4 (R4)
1	0	1	寄存器5 (R5)

编程模式

表5和图23至图29显示了如何设置ADF4350的编程模式。

ADF4350的多种设置采用双缓冲，包括模数值、相位值、R分计数值、参考倍频器、参考2分频和电流设置。这意味着，该器件要使用任何双缓冲设置的新值，必须发生两个事件。首先，通过写入适当的寄存器，将新值锁存至器件中。其次，必须对R0执行一次新的写操作。例如，更新模数值时，必须写入寄存器0 (R0)，以确保模数值正确加载。

寄存器4 (R4)中的分频器选择也是双缓冲，但条件是寄存器2 (R2)的DB13为高。

VCO

ADF4350的VCO内核由三个独立VCO组成，每个VCO使用16个重叠频段，如图20所示，以便覆盖较宽的频率范围，而VCO灵敏度(K_V)则较小，不会导致相位噪声和杂散性能较差。

上电时或寄存器0 (R0)更新时，VCO和频段选择逻辑会自动选择正确的VCO和频段。

VCO和频段选择取10个PFD周期与频段选择时钟分频器值的乘积。 V_{TUNE} 与环路滤波器的输出断开，连到内部基准电压。

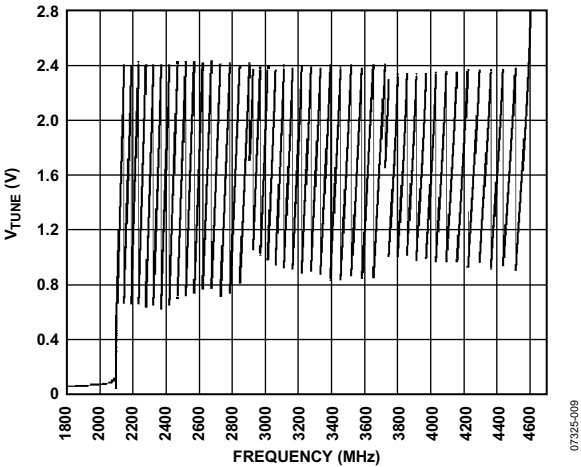


图20. V_{TUNE} 与频率的关系

R计数器用作频段选择逻辑的时钟。R分频器输出端有一个可编程分频器，允许进行1至255分频，由寄存器4 (R4)中的位[BS8:BS1]控制。当所需PFD频率高于125 kHz时，应设置分频比，以为正确选择频段提供足够的时间。

选择频段之后，恢复正常PLL操作。当N分频器采用VCO输出驱动时， K_V 的标称值为33 MHz/V，或者为此值除以D。如果N分频器采用RF分频器输出驱动(由寄存器4 (R4)中的编程位[D12:D10]予以选择)，则D为输出分频器值。ADF4350内置线性电路，以将 I_{CP} 与 K_V 乘积的变化降至最小，从而保持环路带宽不变。

V_{TUNE} 在频段内和频段间变化时，VCO的 K_V 随之变化。针对频率范围较宽(且输出分频器不断变化)的宽带应用，已经证明：33 MHz/V是最精确的 K_V 值，因为它最接近平均值。图21显示了 K_V 随VCO基频的变化以及频段的平均值。使用窄带设计时，用户可能更倾向于使用此图。

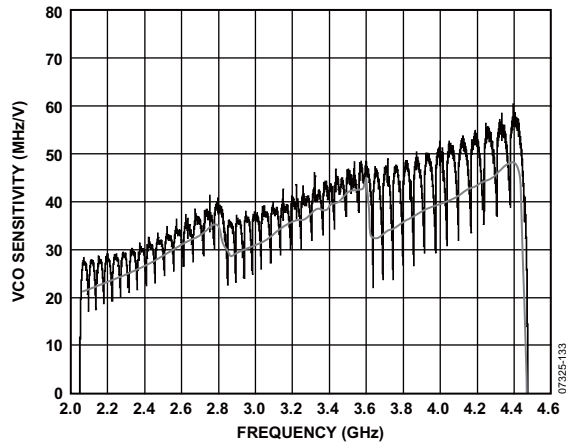


图21. K_V 与频率的关系

在固定频率应用中，随着环境温度由热转冷，ADF4350 V_{TUNE} 可能会改变。极端情况下，漂移会导致 V_{TUNE} 降至非常低的水平(<0.25 V)，从而引起失锁。只有当VCO基频小于2.95 GHz且环境温度低于0°C时，这才会成为问题。

这种情况下，如果环境温度降至0°C以下，则需要重新设置频率(更新R0)，以免 V_{TUNE} 降至接近0 V的水平。对器件重新编程，选择更合适的VCO频段，从而消除低 V_{TUNE} 问题。如果温度进一步下降并超过20°C(0°C以下)，则也需要重新编程。环境温度升高时，不需要重新编程。

输出级

ADF4350的 RF_{OUTA+} 和 RF_{OUTA-} 引脚连到由VCO的缓冲输出驱动的NPN差分对的集电极，如图22所示。为了优化功耗与输出功率之间的关系，用户可以通过寄存器4(R4)中的位[D2:D1]设置该差分对的尾电流。可以设置四种电流水平。使用50 Ω 电阻与 AV_{DD} 相连并交流耦合至50 Ω 负载时，这些电流水平分别提供-4 dBm、-1 dBm、+2 dBm和+5 dBm的输出功率水平。此外，也可以将两路输出合并在一个1 + 1:1变压器或180°微带耦合器中(参见“输出匹配”部分)。如果单独使用这些输出，则最佳输出级应包含一个与 V_{VCO} 相连的分流电感。未使用的互补输出必须用与已使用输出相似的电路端接。

引脚 RF_{OUTB+} 和 RF_{OUTB-} 上存在一个辅助输出级，可提供第二组差分输出，用来驱动其它电路，不用时可以关断。

ADF4350的另一个特性是可以切断RF输出级的电源电流，直到数字锁定检测电路检测到器件实现锁定为止。此特性可通过寄存器4(R4)中的“静音至检测到锁定”(MTLD)位使能。

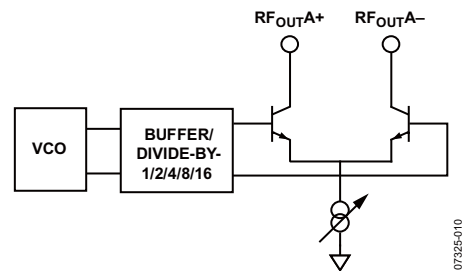


图22. 输出级

寄存器图

REGISTER 0

RESERVED	16-BIT INTEGER VALUE (INT)																12-BIT FRACTIONAL VALUE (FRAC)												CONTROL BITS		
	DB31	DB30	DB29	DB28	DB27	DB26	DB25	DB24	DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4			
0	N16	N15	N14	N13	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1	F12	F11	F10	F9	F8	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	C3(0)	C2(0)	C1(0)

REGISTER 1

RESERVED				PRESCALER	12-BIT PHASE VALUE (PHASE) DBR ¹												12-BIT MODULUS VALUE (MOD) DBR ¹												CONTROL BITS			
DB31	DB30	DB29	DB28		DB27	DB26	DB25	DB24	DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4				DB3
0	0	0	0		PR1	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	M12	M11	M10	M9	M8	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1	C3(0)	C2(0)	C1(1)

REGISTER 2

RESERVED			LOW NOISE AND LOW SPUR MODES			MUXOUT			REFERENCE DOUBLER DBR ¹	RDIV2 DBR ¹	10-BIT R COUNTER DBR ¹										DOUBLE BUFF	CHARGE PUMP CURRENT SETTING DBR ¹				LDF	LDP	PD POLARITY	PD	CP THREE-STATE	COUNTER RESET	CONTROL BITS		
DB31	DB30	DB29	DB28	DB27	DB26	DB25	DB24	DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0			
0	L2	L1	M3	M2	M1	RD2	RD1	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	D1	CP4	CP3	CP2	CP1	U6	U5	U4	U3	U2	U1	C3(0)	C2(1)	C1(0)			

REGISTER 3

RESERVED											RESERVED		CSR	RESERVED	CLK DIV MODE		12-BIT CLOCK DIVIDER VALUE												CONTROL BITS		
DB31	DB30	DB29	DB28	DB27	DB26	DB25	DB24	DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F1	0	C2	C1	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	C3(0)	C2(1)	C1(1)

REGISTER 4

RESERVED								FEEDBACK SELECT	DBB ² DIVIDER SELECT	8-BIT BAND SELECT CLOCK DIVIDER VALUE												VCO POWER DOWN	MTLD	AUX OUTPUT SELECT	AUX OUTPUT ENABLE	AUX OUTPUT POWER	RF OUTPUT ENABLE	OUTPUT POWER	CONTROL BITS		
DB31	DB30	DB29	DB28	DB27	DB26	DB25	DB24	DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	D13	D12	D11	D10	BS8	BS7	BS6	BS5	BS4	BS3	BS2	BS1	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	C3(1)	C2(0)	C1(0)

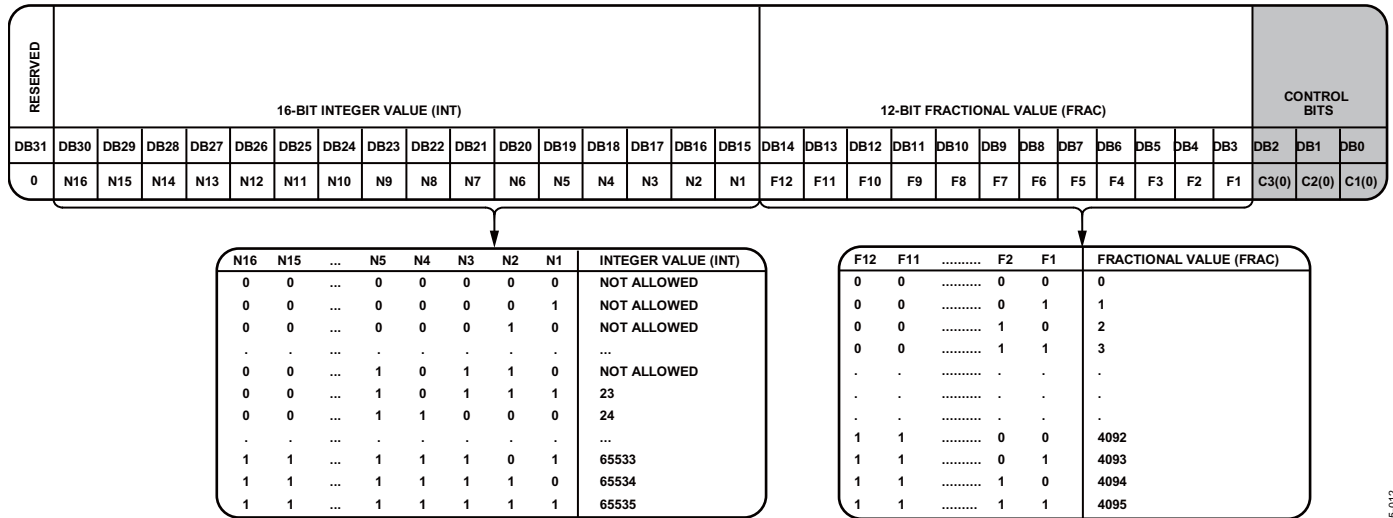
REGISTER 5

RESERVED								LD PIN MODE		RESERVED	RESERVED		RESERVED																CONTROL BITS		
DB31	DB30	DB29	DB28	DB27	DB26	DB25	DB24	DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	D15	D14	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C3(1)	C2(0)	C1(1)

¹ DBR = DOUBLE BUFFERED REGISTER—BUFFERED BY THE WRITE TO REGISTER 0.

² DBB = DOUBLE BUFFERED BITS—BUFFERED BY THE WRITE TO REGISTER 0, IF AND ONLY IF DB13 OF REGISTER 2 IS HIGH.

图23. 寄存器小结



INTmin = 75 with prescaler = 8/9

图24. 寄存器0 (R0)

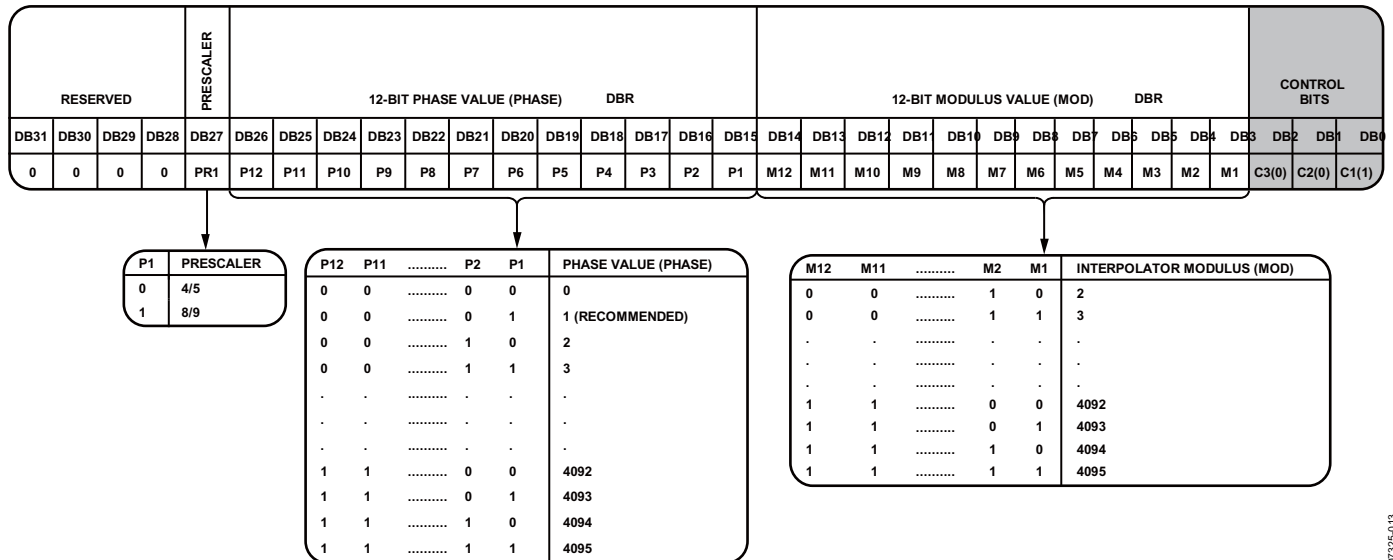


图25. 寄存器1 (R1)

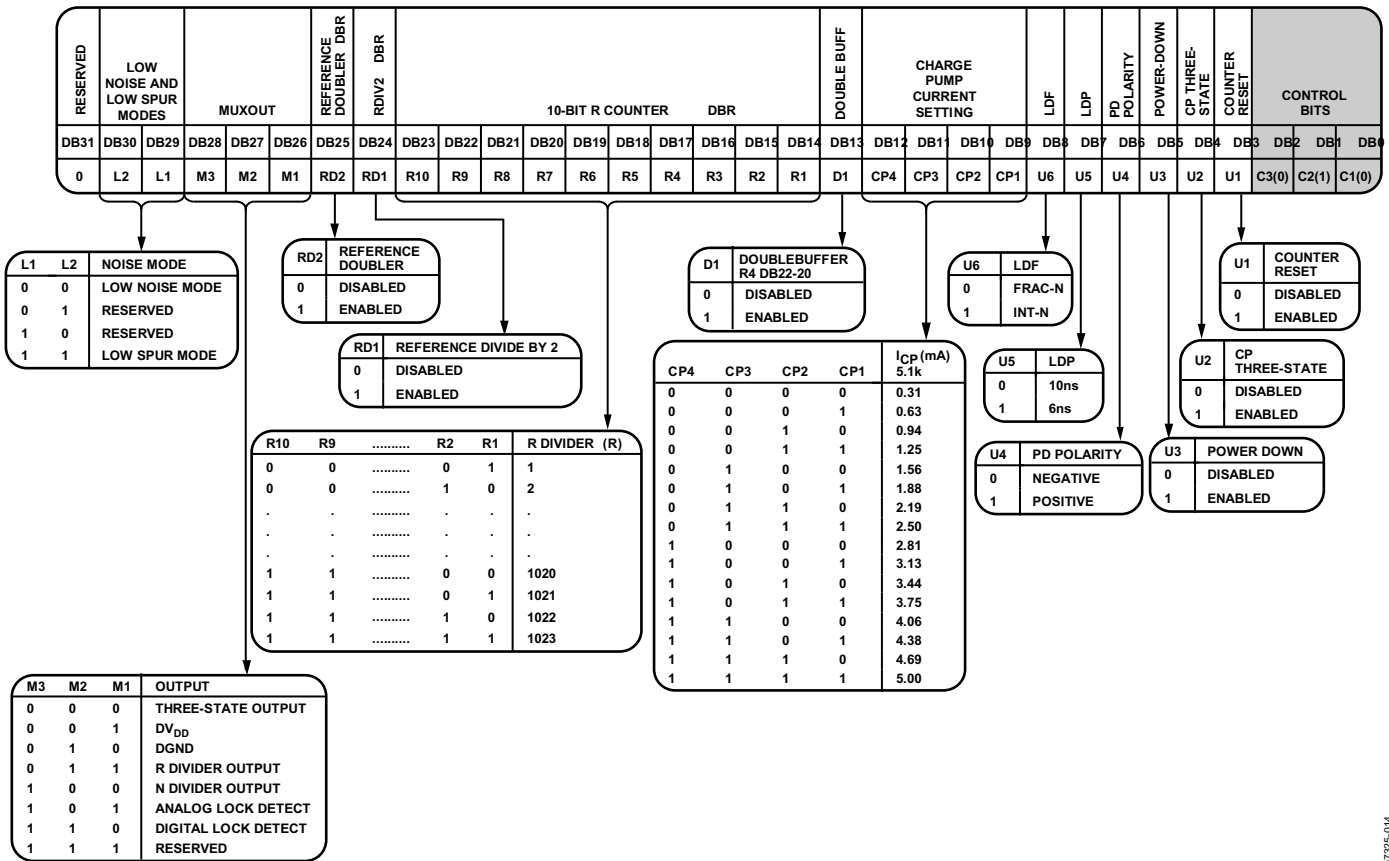


图26. 寄存器2 (R2)

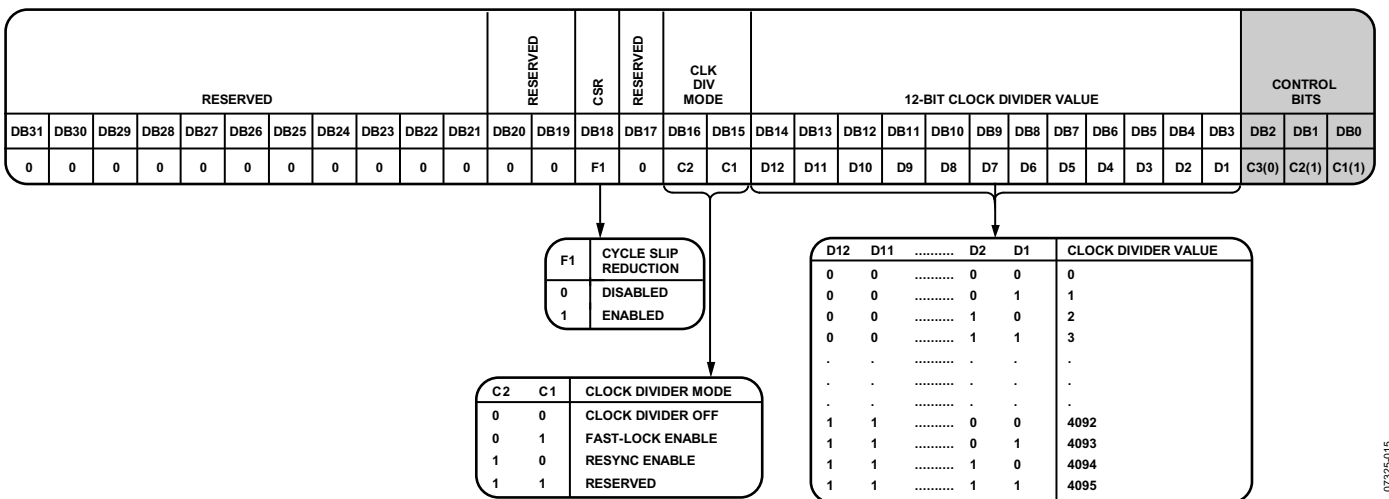


图27. 寄存器3 (R3)

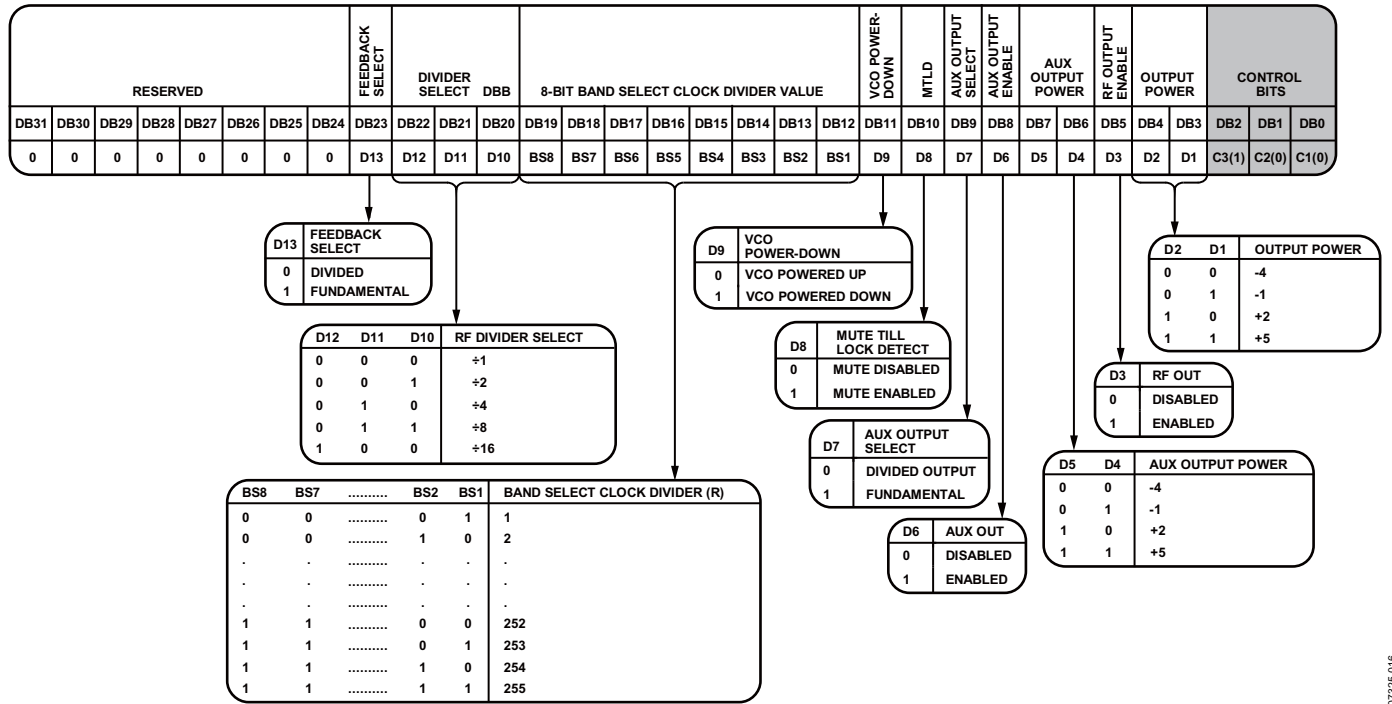


图28. 寄存器4 (R4)

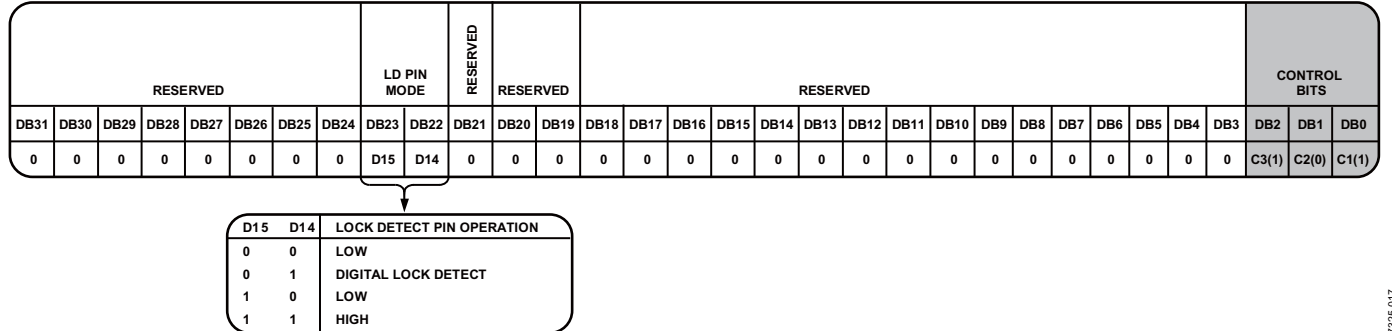


图29. 寄存器5 (R5)

寄存器0

控制位

当位[C3:C1]设置为0、0、0时，可对寄存器0进行编程。图24显示对此寄存器进行编程的输入数据格式。

16位INT值

这16位设置INT值，它决定反馈分频系数的整数部分，用于公式1(参见“INT、FRAC、MOD与R分频器的关系”部分)。对于4/5预分频器，可以设置从23到65,535的所有整数值。对于8/9预分频器，最小整数值为75。

12位FRAC值

12个FRAC位设置 Σ - Δ 调制器小数输入的分子。它与INT一起指定频率合成器所锁定的新频率通道，参见“RF频率合成器：一个成功范例”部分。FRAC值的范围是从0到MOD - 1，所涵盖的通道频率范围与PFD基准频率相同。

寄存器1

控制位

当位[C3:C1]设置为0、0、1时，可对寄存器1进行编程。图25显示对此寄存器进行编程的输入数据格式。

预分频器值

双模预分频器(P/P + 1)与INT、FRAC和MOD分频器一起，决定从VCO输出到PFD输入的整体分频比。

预分频器工作在CML电平，从VCO输出获得时钟，并针对分频器进行分频。它基于同步4/5内核。当设置为4/5时，容许的最大RF频率为3 GHz。因此，当ADF4350的工作频率超过3 GHz时，必须将其设置为8/9。预分频器会限制INT值，当P为4/5时， N_{MIN} 为23；当P为8/9时， N_{MIN} 为75。

ADF4350中，寄存器1中的PR1设置预分频器值。

12位相位值

这些位控制所加载的相位字。该字必须小于寄存器1中设置的MOD值。该字用来设置RF输出相位，从0°到360°，分辨率为360°/MOD。详情见“相位再同步”部分。多数应用中，RF信号与参考信号之间的相位关系不是很重要。对于这些应用，相位值可用来优化小数和次分小数杂散水平。更多信息见“杂散一致性和小数杂散优化”部分。

如果相位再同步和杂散优化功能均不使用，建议将相位字设置为1。

12位插值器MOD值

此可编程寄存器设置小数模数，即PFD频率与RF输出通道步进分辨率的比值。详情见“RF频率合成器：一个成功范例”部分。

寄存器2

控制位

当位[C3:C1]设置为0、1、0时，可对寄存器2进行编程。图26显示对此寄存器进行编程的输入数据格式。

低噪声和低杂散模式

ADF4350的噪声模式由寄存器2中的DB30和DB29控制(参见图26)。噪声模式允许用户优化设计，以改善杂散性能或相位噪声性能。

选择最低杂散设置将使能扰动。这将使小数量化噪声随机化，使其类似于白色噪声，而不是杂散噪声。因此，器件的杂散性能便得以改善。对于PLL闭环带宽较宽的快速锁定应用，一般使用此操作。宽环路带宽是指大于 RF_{OUT} 通道步进分辨率(f_{RES}) 1/10的环路带宽。宽环路滤波器无法将杂散衰减到与窄环路带宽相同的水平。

为获得最佳噪声性能，可以使用最低噪声设置选项。此设置不仅会禁用扰动，而且会确保电荷泵工作在使噪声性能最佳的区域。当环路滤波器带宽较窄时，此设置非常有用。频率合成器会确保噪声极低，滤波器则会衰减杂散。通过典型工作特性，用户可以了解典型W-CDMA设置中不同噪声和杂散设置的效果。

MUXOUT

片内多路复用器由位[DB28:DB26]控制(参见图26)。

参考倍频器

当DB25设置为0时，倍频器禁用， REF_{IN} 信号直接接入10-bit的R分频器。当此位设置为1时， REF_{IN} 频率加倍，然后接入10-bit的R分频器。倍频器禁用时， REF_{IN} 下降沿是小数频率合成器的PFD输入端的有效沿。倍频器使能时， REF_{IN} 的上升沿和下降沿均是PFD输入端的有效沿。

当使能倍频器且选择最低杂散模式时，带内相位噪声性能对REF_{IN}占空比敏感。对于45%至55%范围之外的REF_{IN}占空比，相位噪声性能下降可能多达5 dB。在最低噪声模式下，并且倍频器禁用时，相位噪声性能对REF_{IN}占空比不敏感。

倍频器使能时，最大容许REF_{IN}频率为30 MHz。

RDIV2

当DB24设置为1时，R分频器与PFD之间将插入一个二分频触发器，以扩大REF_{IN}最大输入速率。此功能使得PFD输入端信号占空比为50%，这对于减少周跳是必要的。

10位R分频器

利用10位R分频器，可以细分输入基准频率(REF_{IN})以产生PFD的基准时钟。分频比可以为1至1023。

双缓冲器

DB13使能或禁用对寄存器4中的位[DB22:DB20]的双缓冲。“分频器选择”部分说明了双缓冲的工作原理。

电荷泵电流设置

位[DB12:DB09]用于设置电荷泵的电流。应将电荷泵电流设置为环路滤波器的设计电流(参见图26)。

LDF

当DB8设置为1且分频器的FRAC部分为0时，整数N分频数字锁定检测使能。当DB8设置为0时，小数N分频数字锁定检测使能。

锁定检测精度(LDP)

如果DB7设置为0，则必须经过40个连续的10 ns PFD周期后，才能设置数字锁定检测。如果此位设置为1，则必须经过40个连续的6 ns参考周期后，才能设置数字锁定检测。这是指小数N分频数字锁定检测(DB8设置为0)。当整数N分频数字锁定检测激活时(DB8设置为1)，如果DB7设置为0，则需要经过5个连续的6 ns周期后，才能设置数字锁定检测。如果DB7设置为1，则需要经过5个连续的10 ns周期。

鉴相器极性

DB6设置鉴相器极性。如果使用无源环路滤波器或同相有源环路滤波器，则应将其设置为1。如果使用反相有源滤波器，则应将其设置为0。

关断

DB5提供可编程关断模式。当此位设置为1时，执行关断程序。当此位设置为0时，频率合成器恢复正常工作。在软件关断模式下，器件会保留寄存器中的所有信息。只有当切断电源时，寄存器内容才会丢失。

激活关断时，将发生下列事件：

- 强制频率合成器的分频器进入加载状态。
- VCO关断。
- 强制电荷泵进入三态模式。
- 数字锁定检测电路复位。
- RF_{OUT}缓冲器禁用。
- 输入寄存器保持活动状态，能够加载并锁存数据。

电荷泵三态

DB4设置为1时，电荷泵进入三态模式。正常工作时，此位应设置为0。

分频器复位

DB3是ADF4350的R分频器和N分频器reset位。当此位为1时，RF频率合成器N分频器和R分频器处于复位状态。正常工作时，此位应设置为0。

寄存器3

控制位

当位[C3:C1]设置为0、1、1时，可对寄存器3进行编程。图27显示对此寄存器进行编程的输入数据格式。

CSR使能

DB18设置为1将使能周跳减少功能。利用此功能可缩短锁定时间。请注意，为使周跳减少有效，鉴频鉴相器(PFD)的信号必须有50%的占空比。电荷泵电流设置也必须设置为最小值。更多信息见“减少周跳以缩短锁定时间”部分。

时钟分频器模式

位[DB16:DB15]设置为1、0时将激活相位再同步，设置为0、1时将激活快速锁定，设置为0、0时将禁用时钟分频器。参见图27。

12位时钟分频器值

12位时钟分频器值设置激活相位再同步的超时计数器。详情见“相位再同步”部分。它还设置快速锁定的超时计数器。详情见“快速锁定定时器和寄存器序列”部分。

寄存器4

控制位

当位[C3:C1]设置为1、0、0时，可对寄存器4进行编程。图28显示对此寄存器进行编程的输入数据格式。

反馈选择

DB23选择从VCO输出到N分频器的反馈。设置为1时，信号直接从VCO获得。设置为0时，信号从输出分频器的输出获得。这些分频器使得输出可涵盖较宽的频率范围（137.5 MHz至4.4 GHz）。当分频器使能且反馈信号从其输出获得时，两个独立配置PLL的RF输出信号同相。这在需要对信号进行正干涉以提高功率的一些应用中很有用。

分频器选择

位[DB22:DB20]选择输出分频器的值(参见图28)。

频段选择时钟分频器值

位[DB19:DB12]设置频段选择逻辑时钟输入的分频器。R分频器的输出默认用作频段选择逻辑时钟，但如果此值太大

(>125 kHz)，则可以启用一个分频器，以将R分频器输出细分为较小的值(参见图28)。

VCO关断

根据所选择的值，DB11使VCO关断或上电。

静音至锁定检测

如果DB10设置为1，则切断RF输出级的电源电流，直到数字锁定检测电路检测到器件实现锁定为止。

辅助输出选择

DB9设置辅助RF输出。可以选择RF分频器的输出或VCO基频。

辅助输出使能

根据所选择的值，DB8使能或禁用辅助RF输出。

辅助输出功率

位[DB7:DB6]设置辅助RF输出功率水平的值(参见图28)。

RF输出使能

根据所选择的值，DB5使能或禁用主RF输出。

输出功率

位[DB4:DB3]设置主RF输出功率水平的值(参见图28)。

寄存器5

控制位

当位[C3:C1]设置为1、0、1时，可对寄存器5进行编程。图29显示对此寄存器进行编程的输入数据格式。

锁定检测引脚工作方式

位[DB23:DB22]设置锁定检测引脚的工作方式(参见图29)。

初始化序列

对电源引脚施加正确的电压之后，ADF4350按以下所示的寄存器序列完成上电的初始化过程。

- 寄存器5
- 寄存器4
- 寄存器3
- 寄存器2
- 寄存器1
- 寄存器0

RF频率合成器：一个成功范例

下面的例子显示了如何对ADF4350频率合成器进行编程：

$$RF_{OUT} = [INT + (FRAC/MOD)] \times [f_{PFD}] / \text{RF分频器} \quad (3)$$

其中：

RF_{OUT} 是RF频率输出；

INT 是整数分频系数；

$FRAC$ 是小数；

MOD 是模数；“RF分频器”是细分VCO频率的输出分频器。

$$f_{PFD} = REF_{IN} \times [(1 + D)/(R \times (1 + T))] \quad (4)$$

其中：

REF_{IN} 是基准频率输入；

D 是RF REF_{IN} 倍频器位；

T 是基准2分频位(0或1)；

R 是RF基准分频系数。

例如，一个UMTS系统要求2112.6 MHz RF频率输出(RF_{OUT})，基准频率输入(REF_{IN})为10 MHz，并且RF输出要求200 kHz通道分辨率(f_{RESOUT})。请注意，ADF4350工作在2.2 GHz至4.4 GHz频率范围内。因此，应使用RF二分频(VCO频率=4225.2 MHz， $RF_{OUT} = \text{VCO频率} / \text{RF分频器} = 4225.2 \text{ MHz} / 2 = 2112.6 \text{ MHz}$)。

环路何处闭合也很重要。本例中，环路是闭合的(参见图30)。

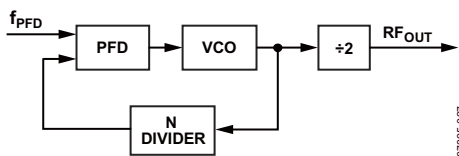


图30. 环路在输出分频器之前闭合

RF分频器的输出要求200 kHz通道分辨率(f_{RESOUT})。因此，VCO输出的通道分辨率(f_{RES})需为 f_{RESOUT} 的两倍，即400 kHz。

$$MOD = REF_{IN} / f_{RES}$$

$$MOD = 10 \text{ MHz} / 400 \text{ kHz} = 25$$

根据公式4，

$$f_{PFD} = [10 \text{ MHz} \times (1 + 0) / 1] = 10 \text{ MHz} \quad (5)$$

$$2112.6 \text{ MHz} = 10 \text{ MHz} \times (INT + FRAC/25) / 2 \quad (6)$$

其中：

$$INT = 422$$

$$FRAC = 13$$

模数

模数(MOD)的选择取决于可用的参考信号(REF_{IN})以及RF输出所需的通道分辨率(f_{RES})。例如，一个13 MHz REF_{IN} 的GSM系统将模数设置为65。这意味着，RF输出分辨率(f_{RES})为GSM所必需的200 kHz (13 MHz/65)。扰动关闭时，小数杂散间隔取决于所选择的模数值(参见表6)。

参考倍频器和参考分频器

片内参考倍频器可以使输入参考信号频率加倍，这可用于提高PFD比较频率。提高PFD频率可改善系统的噪声性能。PFD频率加倍一般可使噪声性能改善3 dB。必须注意，由于N分频器的Σ-Δ电路存在速度限制，PFD的工作频率不能高于32 MHz。

参考2分频将参考信号除以2，得到50%占空比的PFD频率。这是周跳减少(CSR)功能正常工作所必需的。更多信息见“减少周跳以缩短锁定时间”部分。

12位可编程模数

与其它大多数小数N分频PLL不同，ADF4350允许用户在12位范围内设置模数。这意味着，结合参考倍频器和10位R分频器，用户可以实现许多不同的配置，以适合各种应用。

例如，考虑一个要求1.75 GHz RF和200 kHz通道步进分辨率的应用。该系统具有13 MHz参考信号。

一种可能的设置是将13 MHz信号直接馈入PFD，并将模数设置为除以65，这样就能获得所需的200 kHz分辨率。

另一种可能的设置是使用参考倍频器，从13 MHz输入信号产生26 MHz信号。然后，将此26 MHz馈入模数设置为130的PFD，这样也能获得200 kHz分辨率，而且相位噪声性能优于前一种设置。

可编程模数对于多标准应用也非常有用。如果双模电话要求支持PDC和GSM 1800两种标准，则可编程模数非常有利。PDC要求25 kHz通道步进分辨率，GSM 1800则要求200 kHz通道设置分辨率。

可以将13 MHz参考信号直接馈入PFD，在PDC模式下，模数设置为520 ($13\text{ MHz}/520 = 25\text{ kHz}$)。

在GSM 1800模式下，则需要将模数设置为65 ($13\text{ MHz}/65 = 200\text{ kHz}$)。

PFD频率必须保持恒定(13 MHz)，以使用户为两种设置设计一个环路滤波器，而不会发生不稳定问题。必须注意，RF频率与PFD频率之比原则上会影响环路滤波器设计，而不是实际的通道间隔。

减少周跳以缩短锁定时间

如“低噪声和低杂散模式”部分所述，ADF4350有多种特性可用来优化噪声性能。但是，快速锁定应用一般要求宽环路带宽，因此滤波器不能大幅衰减杂散。如果启用周跳减少特性，则可以针对杂散衰减保持窄环路带宽，同时仍能实现较快的锁定时间。

周跳

当环路带宽比PFD频率窄时，小数N分频/整数N分频频率合成器就会发生周跳。PFD输入端的相位误差积累过快，PLL来不及校正，电荷泵暂时沿错误方向吸入电荷，这就会大幅延缓锁定时间。ADF4350包含周跳减少特性，可扩展PFD的线性范围，从而加快锁定，而无需更改环路滤波器电路。

当电路检测到将要发生周跳时，就会启动额外的电荷泵电流单元。它将向环路滤波器输出恒定的电流，或者从环路滤波器移除恒定的电流(取决于是要提高还是降低VCO调谐电压，以便得到新的频率)。其结果是，PFD的线性范围得以扩展。环路仍然保持稳定，因为该电流恒定且不是脉冲电流。

如果相位误差再次增大到可能又要发生周跳，ADF4350将再启动一个电荷泵单元。这一过程将持续下去，直至ADF4350检测到VCO频率已超过所需的频率。额外的电荷泵单元逐个关闭，直至所有额外电荷泵单元都已禁用，并且频率在初始环路滤波器带宽下达到稳定。

最多可以启动7个额外电荷泵单元。大多数应用中，这足以彻底消除周跳，从而大幅缩短锁定时间。

将寄存器3中的DB18位设置为1可使能周跳减少。请注意，为使周跳减少(CSR)正常工作，PFD要求45%至55%的占空比。如果REFIN频率没有合适的占空比，RDIV2模式可确保PFD的输入具有50%占空比。

杂散优化和快速锁定

窄环路带宽可以滤除不需要的杂散信号，但锁定时间一般较长。较宽的环路带宽可以实现较快的锁定时间，但环路带宽内的杂散信号可能会增加。

快速锁定特性不仅可以实现与较宽带宽一样的快速锁定时间，而且具有较窄最终环路带宽的优势，可以保持低杂散。

快速锁定定时器和寄存器序列

如果使用快速锁定模式，需要将一个计时器值载入PLL，以确定宽带宽模式的持续时间。

当位寄存器3中的位[DB16:DB15]设置为0、1(快速锁定使能)时，该计时器值由12位时钟分频器值加载。要使用快速锁定，必须设置以下序列：

1. 器件上电后，初始化序列(参见“初始化序列”部分)仅发生一次。
2. 加载寄存器3，将位[DB16:DB15]设置为0、1，并设置所选的快速锁定时间值[DB14:DB3]。请注意，PLL保持宽带宽模式的持续时间等于快速锁定时间除以 f_{PFD} 。

快速锁定示例

如果PLL具有13 MHz的基准频率， $f_{\text{PFD}} = 13\text{ MHz}$ ，并且要求的锁定时间为50 μs ，则将PLL的宽带宽持续时间设置为40 μs 。本例假设模数为65，以实现200 kHz的通道间隔。

如果宽带宽持续时间设置为40 μs ，那么：

快速锁定定时器值 = 宽带宽持续时间 \times f_{PFD} / MOD

快速锁定定时器值 = 40 μs \times 13 MHz / 65 = 8

因此，在“快速锁定计时器和寄存器序列”部分所述序列的第一步中，必须将值8载入寄存器3中的时钟分频器值。

快速锁定：环路滤波器拓扑

使用快速锁定模式时，环路滤波器中的阻尼电阻降至宽带宽模式下该电阻值的 $\frac{1}{4}$ 。为实现较宽的环路滤波器带宽，电荷泵电流增大16倍，而为了保持环路稳定，阻尼电阻必须减小 $\frac{1}{4}$ 。要能使快速锁定，需将寄存器3中的位[DB16:DB15]设置为0、1，使SW引脚对GND引脚短路。可用的拓扑结构有两种：

- 阻尼电阻(R1)分为两个值(R1和R1A)，二者之比为1:3(参见图31)。
- 直接从SW连一个额外电阻(R1A)，如图32所示。该额外电阻与阻尼电阻(R1)的并联结果应为R1初始值的 $\frac{1}{4}$ (参见图32)。

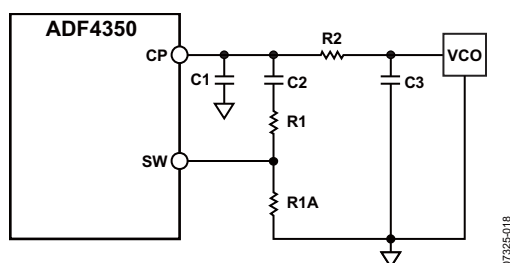


图31. 快速锁定环路滤波器拓扑—拓扑1

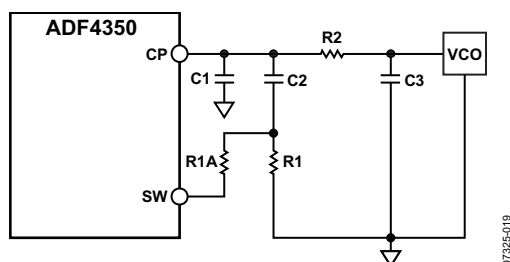


图32. 快速锁定环路滤波器拓扑—拓扑2

杂散机制

本节说明小数N分频频率合成器的三种不同杂散机制，以及如何降低ADF4350的杂散。

小数杂散

ADF4350中的小数插值器是一种三阶 Σ - Δ 调制器(SDM)，其模数(MOD)可设置为从2到4095的任何整数值。在低杂散模式下(使能扰动)，MOD的最小容许值为50。SDM时钟频率为PFD基准频率(f_{PFD})，允许PLL输出频率以 $f_{\text{PFD}}/\text{MOD}$ 的通道步进分辨率合成。

在低噪声模式下(禁用扰动)，来自 Σ - Δ 调制器的量化噪声作为小数杂散出现。杂散之间的间隔为 f_{PFD}/L ，其中L是数字 Σ - Δ 调制器中码序列的重复长度。对于ADF4350所用的三阶调制器，该重复长度取决于MOD值，如表6所列。

表6. 禁用扰动时的小数杂散

条件(禁用扰动)	重复长度	杂散间隔
MOD能被2整除，但不能被3整除	$2 \times \text{MOD}$	通道步进/2
MOD能被3整除，但不能被2整除	$3 \times \text{MOD}$	通道步进/3
MOD能被6整除	$6 \times \text{MOD}$	通道步进/6
其它情况	MOD	通道步进

在低杂散模式下(使能扰动)，重复长度扩展至 2^{21} 个周期，与MOD值无关，使得量化误差频谱看起来像宽带噪声。这可能会使PLL输出端的带内相位噪声性能下降多达10 dB。为了获得最低噪声，禁用扰动是更好的选择，尤其是当最终环路带宽低到足以衰减最低频率小数杂散时。

整数边界杂散

小数杂散的另一个产生机制是RF VCO频率与基准频率的交互作用。当这些频率不是整数关系时(小数N分频频率合成器的点)，杂散边带将以一定的偏移频率出现在VCO输出频谱上，该偏移频率与整数倍数的基准频率和VCO频率之间的拍频或差频相对应。这些杂散由环路滤波器予以衰减，在靠近基准频率整数倍数的通道上表现得更为明显；对于这些通道，差频率可能位于环路带宽以内，“整数边界杂散”的名称正是由此而来。

参考杂散

在小数N分频频率合成器中，参考杂散一般不是问题，因为参考偏移远远超出了环路带宽。不过，旁路环路的任何参考馈通机制可能会引起问题。经由 RF_{IN} 引脚回到VCO的低电平片内参考切换噪声的馈通，可能会产生高达-90 dBc的参考杂散。PCB布局需要确保VCO走线与输入参考之间充分隔离，避免电路板上可能出现馈通路径。

杂散一致性和小数杂散优化

扰动关闭时，SDM量化噪声所引起的小数杂散码也取决于作为调制器种子值的特定相位字。

可以改变相位字，以优化任何特定频率上的小数和次分小数杂散水平。因此，可以构建一个与各频率相对应的相位值查找表，以便在对ADF4350进行编程时使用。

如果不使用查找表，则应保持相位字不变，确保任一特定频率上的杂散水平保持一致。

相位再同步

当MOD为小数模数时，小数N分频PLL的输出可以建立至相对于输入参考的任何一个MOD相位偏移。ADF4350的相位再同步特性可产生相对于输入参考的一致输出相位偏移，对于输出相位和频率十分重要的应用，如数字波束形成等，这是必需的。使用相位再同步时，特定RF输出相位编程请参见“相位编程”部分。

将寄存器3中的位[DB16:DB15]设置为1、0时，可使能相位再同步。当相位再同步使能时，内部定时器以下式所给出的间隔 t_{SYNC} 产生同步信号：

$$t_{\text{SYNC}} = \text{CLK_DIV_VALUE} \times \text{MOD} \times t_{\text{PFD}}$$

其中： t_{PFD} 是PFD参考周期；CLK_DIV_VALUE是寄存器3的位[DB14:DB3]所设置的十进制值，可以是1至4095范围内的任何整数；MOD是寄存器1 (R1)的位[DB14:DB3]所设置的模数值。

新频率设置后，LE上升沿后的第二个同步脉冲用来使输出相位与参考重新同步。 t_{SYNC} 时间的设置值至少应与最差情况下的锁定时间相同，以保证相位再同步发生于PLL建立瞬态中的最后一个周跳之后。

在图33所示的例子中，PFD参考为25 MHz，MOD = 125，因而通道间隔为200 kHz。将CLK_DIV_VALUE设置为80，从而 t_{SYNC} 等于400 μs 。

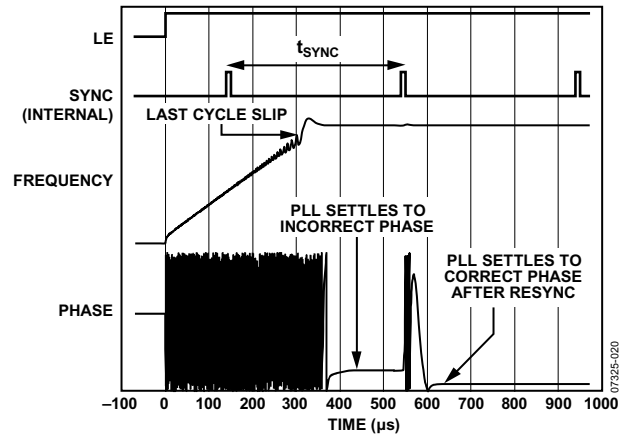


图33 相位再同步示例

相位编程

寄存器1中的相位字控制RF输出相位。当此相位字从0扫至MOD时，RF输出相位以 $360^\circ/\text{MOD}$ 的步进扫过 360° 范围。

应用信息

直接变频调制器

基站发射机正越来越多地采用直接变频结构。图34为如何利用ADI公司器件来实现该系统。

电路图中采用AD9761 TxDAC®和ADL5375的解决方案。使用双通道集成DAC，例如额定增益和偏移匹配特性分别为 ± 0.02 dB和 ± 0.001 dB的AD9788，可确保此部分信号链所贡献的误差(在整个温度范围内)极小。

本振(LO)利用ADF4350来实现。环路滤波器用ADIsimPLL™来设计，通道间隔为200 kHz，闭环带宽为35 kHz。

ADL5375的LO端口可以用ADF4350的互补RF_{OUTA}和RF_{OUTB}输出以差分方式驱动。与单端LO驱动器相比，这种方式可提供更佳的性能，并且不需要使用巴伦来将单端LO输入转换为更适合ADL5375的差分LO输入。这种配置中，LO的典型均方根相位噪声(100 Hz至5 MHz)为0.61°均方根值。

AD8349接受-10 dBm至0 dBm的LO驱动功率。最佳LO功率可以通过软件在ADF4350上设置，各路输出可提供-4 dBm至+5 dBm的功率。

RF输出用来驱动50 Ω 负载，但必须交流耦合，如图34所示。如果用2 V峰峰值信号以正交方式驱动I和Q输入，则调制器所产生的输出功率约为2 dBm。

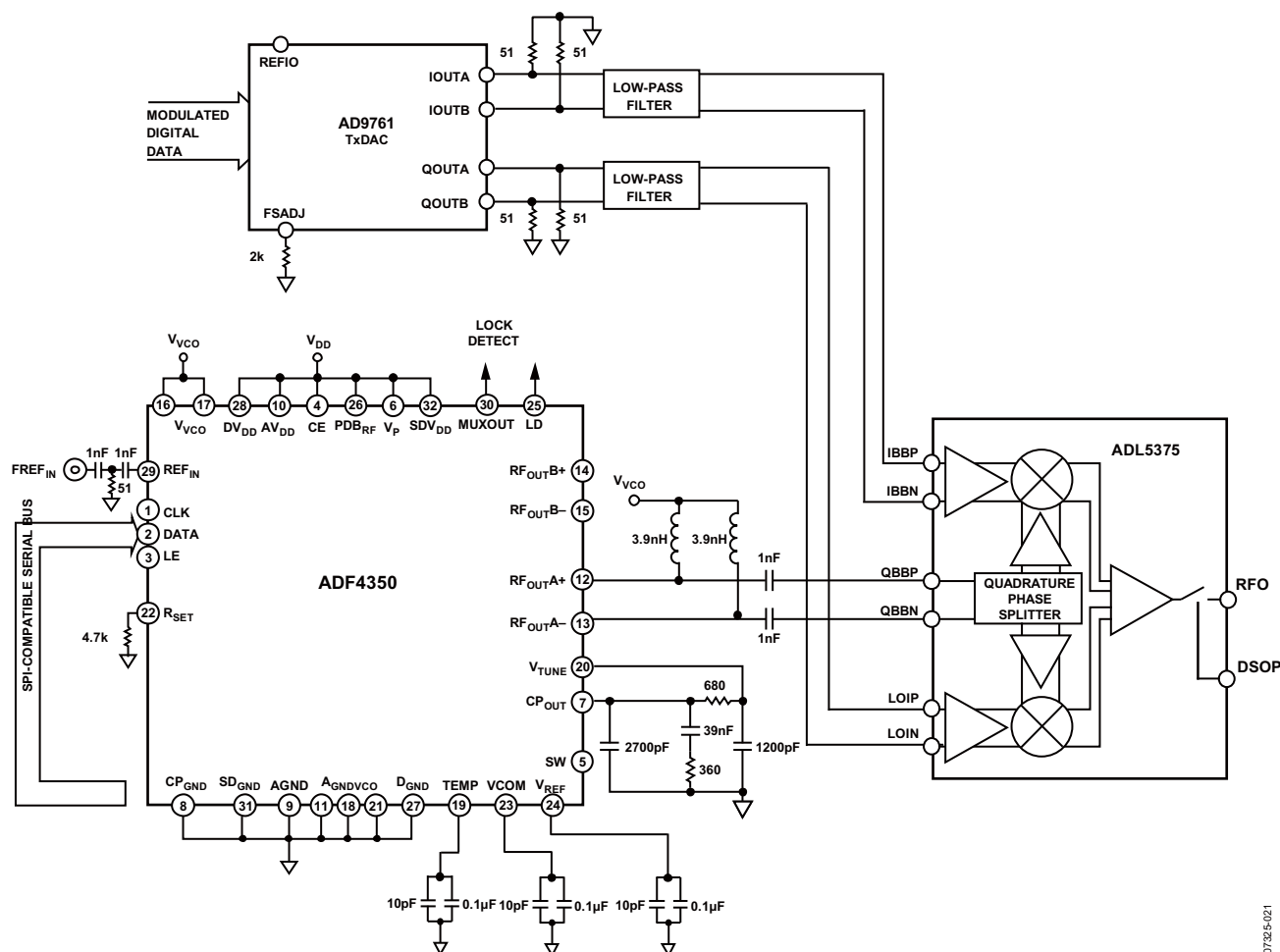


图34. 直接变频调制器

ADF4350

接口

ADF4350的数字接口为与SPI兼容的串行接口，用于将数据写入器件。CLK、DATA和LE控制数据传输。在CLK上升沿将32位数据逐位写入对应寄存器，当LE变为高电平时，数据被传输至对应的锁存器。时序图见图2，寄存器地址表见表5。

ADuC812接口

图35显示ADF4350与ADuC812 MicroConverter®之间的接口。ADuC812基于8051内核，因此该接口可以适用于任何基于8051的微控制器。MicroConverter设置为SPI主模式，CPHA = 0。若要启动操作，驱动LE的I/O端口应变为低电平。ADF4350的各锁存器需要一个32位字，其实现方法是从MicroConverter写入四个8位字节至该器件。写入第四个字节之后，LE输入应变为高电平，以完成传输。

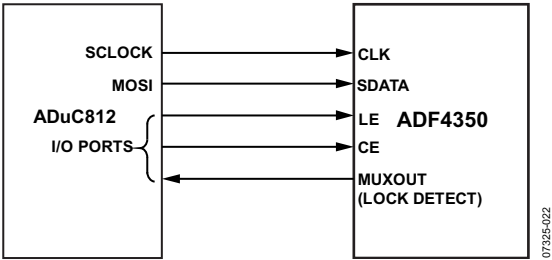


图35. ADuC812与ADF4350接口

ADuC812的I/O端口线也可用来控制关断输入(CE)和锁定检测(MUXOUT配置为锁定检测，并由单片机输入端口进行轮询)。当工作在所述模式时，ADuC812的最大SCLOCK速率为4 MHz。这意味着，输出频率变化的最大速率为125 kHz。

ADSP-21xx接口

图36显示ADF4350与ADSP-21xx数字信号处理器之间的接口。ADF4350的每个锁存器写入需要一个32位串行字。对此，使用ADSP-21xx系列的最简单实现方法是利用帧交替式自缓冲传输工作模式。这样，中断产生之前，可以传输整块的串行数据。

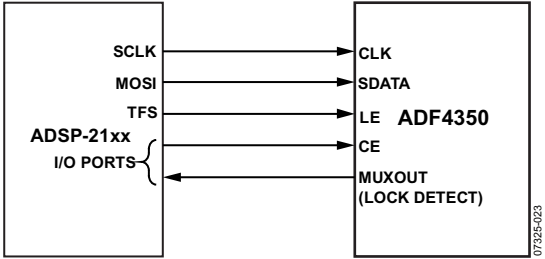


图36. ADSP-21xx与ADF4350接口

将字长度设置为8位，每个32位字使用四个存储器位置。为对各32位锁存器进行编程，存储8位字节，使能自缓冲模式，然后写入DSP的传输寄存器。最后一个操作启动自缓冲传输。

芯片级封装的PCB设计指南

芯片级封装(CP-32-2)上的焊盘为方形。PCB焊盘应比封装焊盘长0.1 mm，宽0.05 mm。封装焊盘应位于PCB焊盘中央，以确保焊接接头最大。芯片级封装的底部有一个中央裸露的焊盘用于散热。

PCB的散热焊盘至少应与裸露焊盘一样大。在PCB上，散热焊盘与焊盘图形内边的间距至少应为0.25，以确保不会发生短路。

PCB散热焊盘上可以开散热通孔，以改善封装的散热性能。散热通孔应与散热焊盘合为一体，间距为1.2 mm。通孔直径应在0.3 mm至0.33 mm之间，通孔管应镀以1盎司的铜，以堵住通孔。

输出匹配

匹配ADF4350的输出以实现最佳操作的方法有多种，最基本的方法是将一个50 Ω电阻连到 V_{VCO} 。如图37所示，串联一个100 pF的直流旁路电容。该电阻与频率无关，因而可提供良好的宽带匹配性能。此电路的输出功率经过50 Ω负载中，通常可提供寄存器4 (R4)的位D2和D1所选择的值。

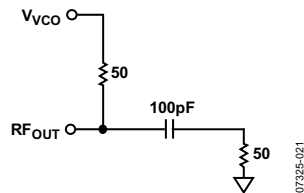


图37. 简易ADF4350输出级

更好的解决方案是将一个分流电感(充当RF扼流圈)连到 V_{VCO} 。由此可获得更好的匹配性能，从而提供更高输出功率。

实验表明，对于W-CDMA UMTS频段1(2110 MHz至2170 MHz)，图38所示电路可提供出色的50 Ω匹配。这种情况下，最大输出功率约为5 dBm。两种单端结构均可以使用EVAL-ADF4350EB1Z评估板进行验证。

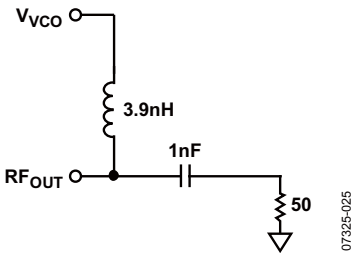


图38. 最佳ADF4350输出级

如果不需要差分输出，则不用的输出可以端接起来，或者利用巴伦将两路输出合并。

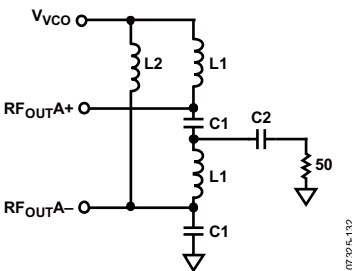


图39. ADF4350 LC巴伦

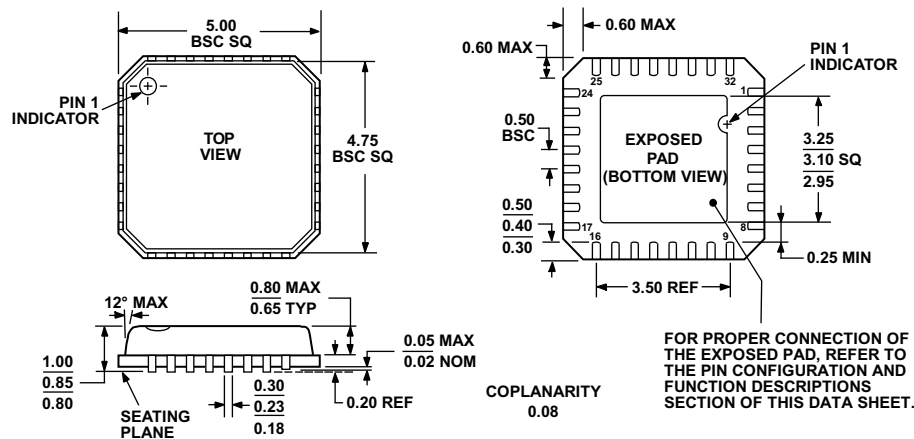
利用分立电感和电容可以实现图39所示的巴伦结构。

元件L1和C1构成LC巴伦，L2为RF_{OUTA-}提供直流路径，电容C2用于隔直。

表7. LC巴伦组成元件

频率范围(MHz)	电感L1(nH)	电容C1 (pF)	RF扼流圈电感 (nH)	隔直电容 (pF)	输出功率测量结果 (dBm)
137 至 300	100	10	390	1000	9
300 至 460	51	5.6	180	120	10
400 至 600	30	5.6	120	120	10
600 至 900	18	4	68	120	10
860 至 1240	12	2.2	39	10	9
1200 至 1600	5.6	1.2	15	10	9
1600 至 3600	3.3	0.7	10	10	8
2800 至 3800	2.2	0.5	10	10	8

外形尺寸



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-VHDD-2
图40. 32引脚LFCSP_VQ封装,
5 mm x 5 mm,超薄体(CP-32-2) 尺寸单位: mm

订购指南

型号	温度范围	封装描述	封装选项
ADF4350BCPZ ¹	-40°C 至 +85°C	32引脚LFCSP_VQ	CP-32-2
ADF4350BCPZ-RL ¹	-40°C 至 +85°C	32引脚LFCSP_VQ	CP-32-2
ADF4350BCPZ-RL7 ¹	-40°C 至 +85°C	32引脚LFCSP_VQ	CP-32-2
EVAL-ADF4350EB1Z ¹		评估板	

¹ Z = 符合RoHS标准的兼容器件。