

**Circuits from the Lab™**  
Reference Circuits

*Circuits from the Lab™ reference circuits are engineered and tested for quick and easy system integration to help solve today's analog, mixed-signal, and RF design challenges. For more information and/or support, visit [www.analog.com/CN0283](http://www.analog.com/CN0283).*

### 连接/参考器件

ADL5375	400 MHz至6 GHz宽带正交调制器
ADL5320	400 MHz至2700 MHz ¼ W RF驱动器放大器

## 在IQ调制器的输出端提供固定功率增益

### 评估和设计支持

#### 电路评估板

[ADL5375评估板\(ADL5375-05-EVALZ\)](#)

#### 设计和集成文件

[原理图、布局文件、物料清单](#)

### 电路功能与优势

无论IQ调制器是用于直接变频应用还是作为上变频器用于第一中频(IF)，通常都会有一些增益直接施加在IQ调制器

之后。本文将介绍如何选择合适的驱动器放大器，以便在IQ调制器的输出端提供第一级增益。图1所示器件为ADL5375 IQ调制器和ADL5320驱动器放大器。这两款器件在系统性水平方面匹配良好；也就是说，它们具备同等性能，因此任何一方都不会造成整体性能下降。由于这些器件的动态范围匹配良好，因此建议在IQ调制器与RF驱动器放大器之间进行简单的直接连接，器件之间无需任何衰减。

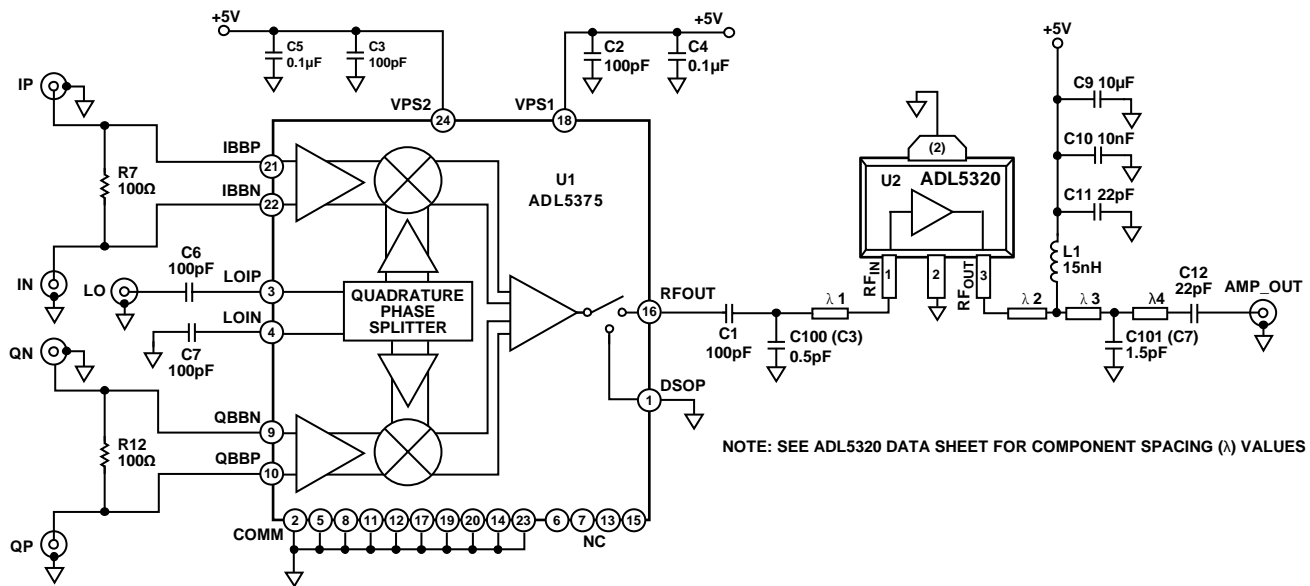


图1. 带输出功率增益的IQ调制器电路原理图

### Rev. 0

Circuits from the Lab™ circuits from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 [www.analog.com](http://www.analog.com)  
Fax: 781.461.3113 ©2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

## 电路描述

**ADL5375**是一款通用型高性能IQ调制器，输出频率范围是400 MHz至6 GHz。由于具备低噪声和750 MHz的宽输入基带带宽(3 dB)，因此可通过多种调制和带宽的信号来驱动该器件。这些输入信号能够以直流或复数中频为中心。

与**ADL5375**的LO接口为1XLO型，即输出频率和LO频率相等(当基带信号以直流为中心时)。[电路笔记CN-0134](#)介绍了如何通过**ADF4350**驱动**ADL5375**。

## 系统级计算和RF放大器选择

在1 GHz至2 GHz的频率范围内，**ADL5375**的输出压缩点(OP1dB)和三阶压缩点(OIP3)分别为10 dBm和25 dBm左右。在选择RF放大器以便在IQ调制器之后提供增益时，必须选择输入P1dB和输入IP3等于或略高于这些数值的器件。如果所选器件的输入P1dB和输入IP3较低，则会导致级联性能降低；如果这两项规格明显高于**ADL5375**，却不会带来任何好处，并且可能会造成信号链的总电源电流出现不必要增加。

**ADL5320**是一款驱动器放大器(需要外部调谐元件的RF放大器)，额定工作范围是400 MHz至2700 MHz。采用5 V电源供电时，其功耗为104 mA(也可以采用低至3.3 V的电源供电，此时功耗和性能都有所下降)。

表1显示了1900 MHz条件下**ADL5375** IQ调制器折合到输出端的IP3 (OIP3)和P1dB (OP1dB)以及**ADL5320**驱动器放大器折合到输入端的规格。两种情况下，IQ调制器折合到输出端的规格与放大器折合到输入端的规格之间均相差3 dB左右。

**表1. 1900 MHz条件下ADL5375 IQ调制器与ADL5320驱动器放大器的IP3和P1dB规格**

Parameter	ADL5375 (Output Referred)	ADL5320 (Input Referred)
IP3	24.2 dBm	28.3 dBm
P1dB	10 dBm	13 dBm

图2显示了2140 MHz条件下IQ调制器与驱动器放大器的仿真级联性能。此仿真利用**ADIsimRF设计工具**来完成。值得注意的是，调制器的OIP3 (24.2 dBm)与复合OIP3 (36.5 dBm)之差12.3 dB刚好略小于**ADL5320**驱动器放大器的增益(13.7 dB)。这表明驱动器放大器对总体OIP3的影响非常小。

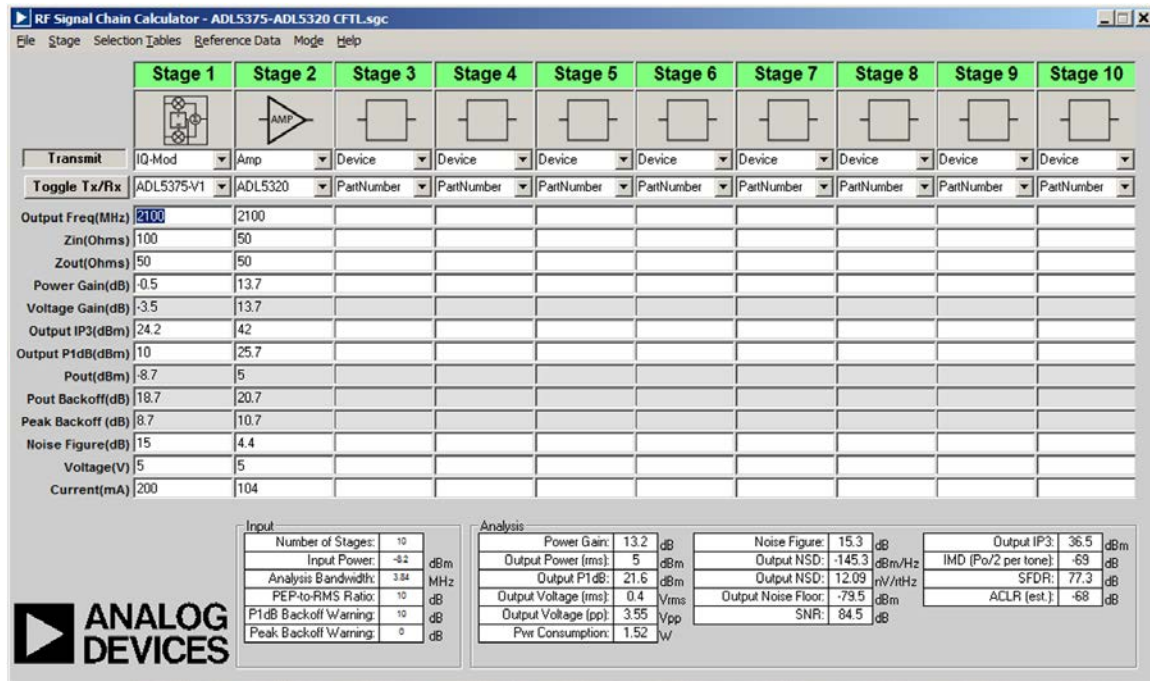


图2. 显示了**ADL5375**与**ADL5320**级联性能的**ADIsimRF设计工具**屏幕截图

图3显示了IQ调制器输出端与复合电路输出端所测OIP3与输出功率( $P_{OUT}$ )的关系图。两条OIP3曲线轮廓的形状非常相似,只在输出功率和OIP3方面有所偏移。这进一步表明,当信号经过RF放大器时,IP3只会略有下降

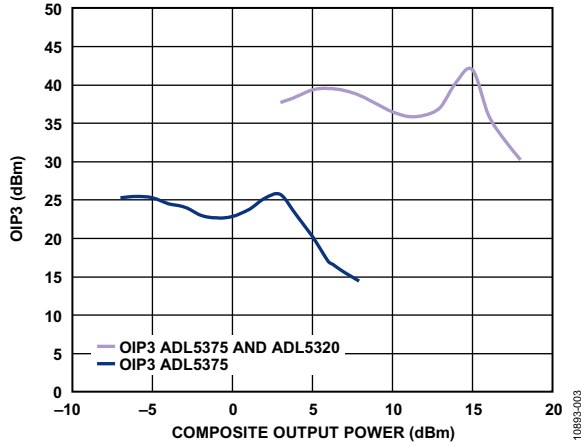


图3. 2100 MHz条件下ADL5375 IQ调制器与复合电路(ADL5375和ADL5320驱动器放大器)的OIP3与 $P_{OUT}$ 之间的关系

### 选择输出功率水平

虽然输出功率水平高达15 dBm时电路的OIP3水平介于35 dBm至40 dBm范围内,但实际工作时无法实现这一点,尤其在包络调制方案并非恒定不变的情况下,此类方案往往拥有相对较高的峰均比。为了理解这一点,请检查电路的输入电压与输出功率传递函数,然后考虑IQ调制器输入端的典型驱动电平。

图4显示了使用CW正弦波驱动信号时以输出功率(dBm)和输入电压(V p-p)表示的电路传递函数。ADL5375等IQ调制器通常由双通道、电流输出、数模转换器(DAC)驱动。一般而言,DAC的两个电流输出端(标称范围是0 mA至20 mA)会通过两个50  $\Omega$ 电阻接地,并且每个IQ输入端上会放置两个100  $\Omega$ 分流电阻(有关此接口的更多信息,请参见电路笔记CN-0205)。DAC在0 dBFS条件下运行时,这对应于IQ调制器上的驱动电平为1 V p-p或0.353 V rms(这里忽略了低通滤波器的插入损耗,该滤波器通常放置在DAC和IQ调制器之间)。这样就会产生约13 dBm的输出功率。

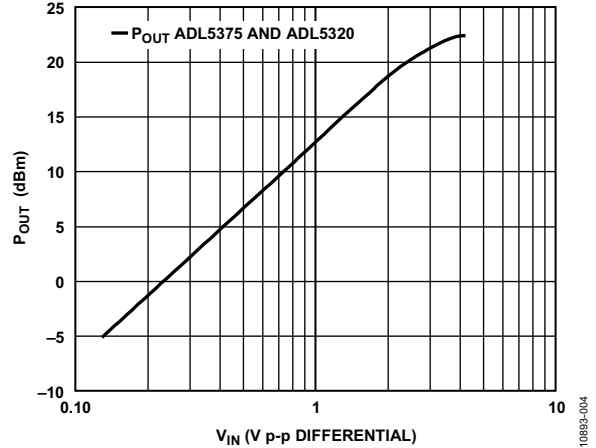


图4. 以输出功率(dBm)和输入电平(V p-p差分)表示的电路传递函数

假设IQ调制器的I和Q输入端如上文所述通过100  $\Omega$ 电阻端接,则可相对于典型ADI DAC的dBFS驱动电平来绘制输出功率曲线(见图5)。因此,0 dBFS的驱动电平对应于1 V p-p,这样也就产生了与上文所述相同的13 dBm输出功率。

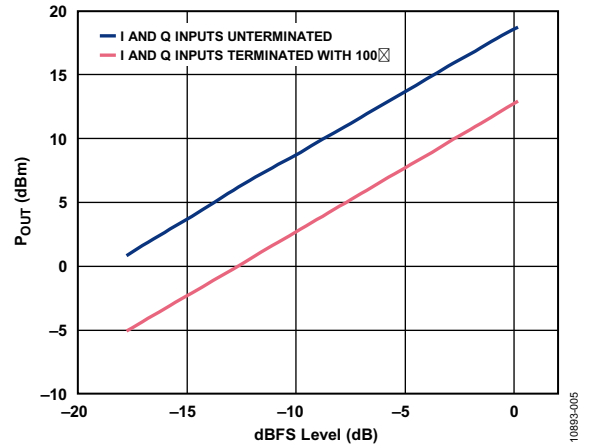


图5. IQ调制器I和Q输入端通过100  $\Omega$ 电阻端接以及未端接情况下以输出功率和DAC驱动电平表示的电路传递函数

图5还显示了I和Q输入端未通过100  $\Omega$ 电阻端接时电路的传递函数。由于得到的DAC电压驱动电平增加一倍(最大2 V p-p),因此得到的输出功率相对于同样的DAC驱动电平增加了6 dB。

虽然在没有I和Q端接电阻的情况下电路也可以运行,但这确实为通常放置在DAC和IQ调制器之间的滤波器带来了一些问题。由于该滤波器一般两端都会端接,因此最好在IQ调制器的I和Q输入端之间放置一些电阻(这些输入端的未端接输入电阻值约为60 k $\Omega$ )。可利用100  $\Omega$ 至1000  $\Omega$ 范围内的电阻值来提高得到的DAC电压驱动电平和对应的输出功率。但是,设计DAC和IQ调制器之间的滤波器时要小心谨慎,确保其支持不同的源阻抗和负载阻抗。

如上所述，从图4和图5中可以看出，采用1 V<sub>p-p</sub>正弦波(0 dBFS)信号时输出功率约为13 dBm(I和Q输入端通过100 Ω电阻端接)。实际上，DAC驱动电平必须略低于0 dBFS，以减少失真(通常为1 dB至2 dB)。除此之外，均方根驱动电平也应该降低一些，具体幅度等于载波调制的峰均比。峰值包络功率(PEP)与均方根功率之比通常在5 dB(对于类似于QPSK的调制方案，在调制为恒定包络的特殊情况下则为0 dB)至10 dB(对于更高阶的QAM调制方案)范围内。参见图6，这表明0 dBm至10 dBm范围内的输出功率水平是可行的。

单载波宽带码分多址(WCDMA)信号的邻道功率比(ACPR)已成为评估电路系统级失真(也就是相对于仅依靠IP3和IMD电平的评估)的主流指标。图6显示了测得的电路ACPR与输出功率水平之间的关系。在采用WCDMA信号的情况下，ACPR定义为载波(带宽为3.84 MHz)中的功率与邻道(通道间隔为5 MHz)中的功率之比，同样也是在3.84 MHz带宽条件下测量。该曲线还显示了同类测量的相间通道功率比，但是载波偏移为10 MHz。

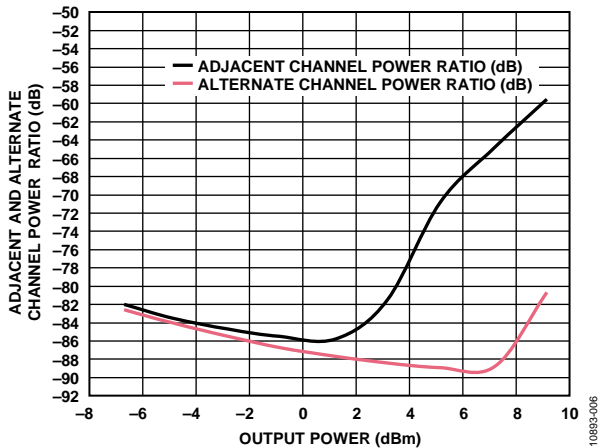


图6. OIP3和WCDMA ACPR与输出功率的曲线图

本例中，信号的PEP与均方根之比约为10 dB(WCDMA信号的峰均比视载波的配置及加载方式而定)。根据该曲线和所需的ACPR级别，在0 dBm至10 dBm范围内选择一个输出功率水平。功率水平低于0 dBm时，ACPR开始取决于电路逐渐降低的信噪比。

## 常见变化

ADL5320驱动器放大器的额定工作范围是400 MHz至2.7 GHz。这样很方便地涵盖了ADL5375 IQ调制器额定频率范围的较低部分。在2.3 GHz至4 GHz的频率范围内工作时，推荐使用ADL5321驱动器放大器。ADL5320和ADL5321都必须调谐至各自的工作频率范围内。这两款器件的数据手册都包含一些表格，其中提供了针对常用工作频率进行元件调谐的推荐值。

也可以使用ADL5601或ADL5602等内部匹配的宽带增益模块来在IQ调制器的输出端提供增益。然而，由于这类器件的OIP3较低(相对于ADL5320和ADL5321而言)，因此它们往往决定电路的总体IP3并使其降低。

许多窄带IQ调制器都可在其工作频率范围内提供更高的性能。例如，ADL5370/ADL5371/ADL5372/ADL5373/ADL5374。与ADL5375相比，这些窄带器件可提供更高的增益和OIP3。与ADL5320及ADL5321驱动器放大器搭配使用时，最终结果就是总输出功率更高，而复合OIP3相似。

ADRF6701/ADRF6702/ADRF6703/ADRF6704系列窄带IQ调制器集成锁相环(PLL)和压控振荡器(VCO)。这些器件的性能与ADL5370/ADL5371/ADL5372/ADL5373/ADL5374系列相似，但集成度更高。

有许多选项可用于驱动IQ调制器的I和Q输入端。AD9125和AD9122均为16位双通道DAC，工作速率分别是1 GSPS和1.2 GSPS。这些器件可用于生成基带频谱(以0 Hz为中心)或复数中频频谱(通常在100 MHz至200 MHz范围内)。

## 电路评估与测试

该电路使用包含ADL5320驱动器放大器的ADL5375评估板(ADL5375-05-EVALZ)来实现。此电路板可配置为提供IQ调制器输出信号,或者复合调制器和放大器信号。此电路板的默认配置是调制器和放大器复合输出,并且放大器调谐为在1800 MHz至2200 MHz范围内工作。如上所述,ADL5320数据册提供了为支持其它频率进行电容调谐的值和布放位置。

## 设备要求

需要以下设备:

- ADL5375评估板(ADL5375-05-EVALZ)
- 两个RF信号发生器: Agilent 8648C或等效设备, 工作频率为25 MHz和26 MHz
- 一个RF信号发生器: Agilent 8648C或等效设备, 工作频率约为2 GHz
- 一个RF频谱分析仪: Rohde & Schwarz FSIQ、Rohde & Schwarz FSQ、Agilent PSA或等效设备
- 一个ZFSC-2-2-S+ 180°功率分路器/合成器, Mini-Circuits
- 一个ZMSCQ-2-50+ 90°功率分路器, Mini-Circuits
- 两个ADT2-1T 1:2巴伦, Mini-Circuits
- 四个ZFBT-6GW-FT+偏置器, Mini-Circuits

## 设置与测试

图7显示了用于IP3测试和功率扫描测试的测试设置。两个工作频率分别为25 MHz和26 MHz的RF信号发生器产生的信号通过一个具有良好输入间隔离的180°分相器/合相器以无源方式合并。接着,该双音信号被施加到一个90°分相器,该分相器的额定工作频率范围是25 MHz至50 MHz。然后,这些分相器输出再施加到两个1:2变压器,从而产生差分输出信号(分相器的0°输出应该传送到IQ调制器的IP和IN输入端)。这些差分信号再施加到四个偏置器,从而偏置为0.5 V。该网络由两个100 Ω电阻端接(ADL5375评估板上提供用于这些电阻的焊盘)。

ADL5375的本振(LO)由第三个信号发生器提供,产生0 dBm。最终输出频率等于输入RF信号频率与LO频率之差。因此,如果双音信号的频率为25 MHz和26 MHz,而LO的频率为2150 MHz,则输出频谱会出现在2124 MHz和2125 MHz。

也可以使用包含ADL5375 IQ调制器的AD9122双通道DAC评估板(AD9122-M5375-EBZ)来实现本电路。这种情况下,应将ADL5375 IQ调制器的输出端连接到独立的ADL5320评估板(ADL5320-EVALZ)。这种方法的好处是DAC可以生成适当偏置的差分信号,而无需偏置器、分相器和变压器。

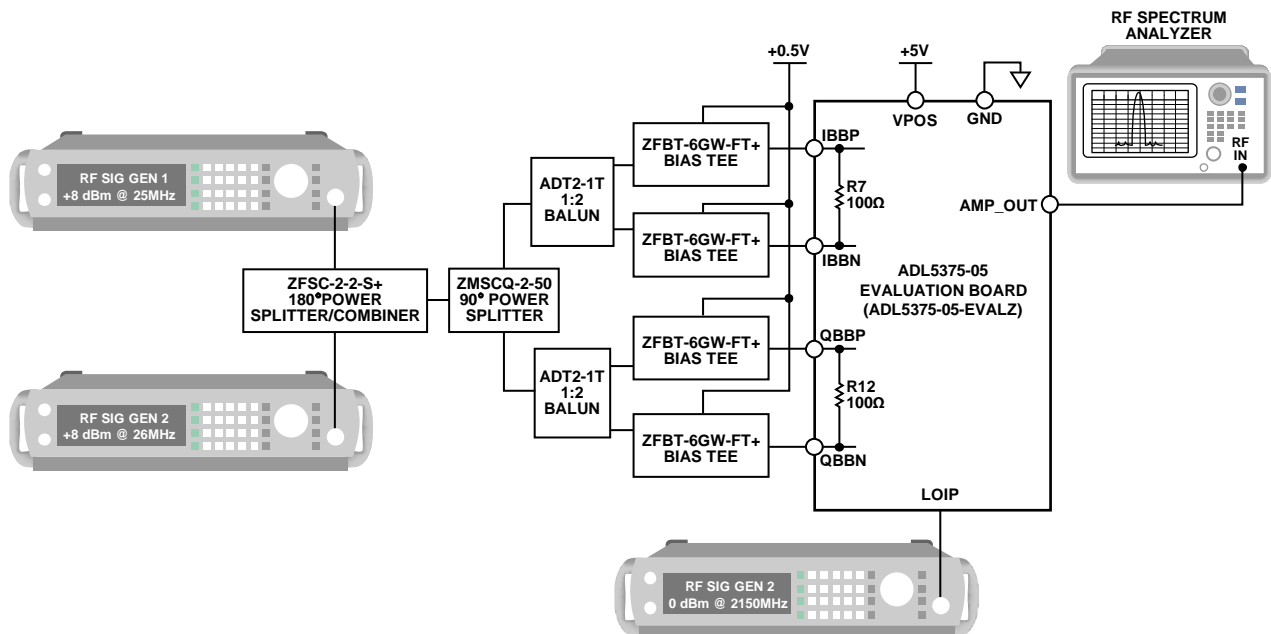


图7. IP3测试和功率扫描的测量设置

# CN-0283

## 了解详情

CN0283 Design Support Package:

<http://www.analog.com/CN0283-DesignSupport>

Nash, Eamon, *Correcting Imperfections in IQ Modulators to Improve RF Signal Fidelity*, Application Note AN-1039, Analog Devices

ADIsimRF Design Tool

Circuit Note CN-0016, *Interfacing the ADL5370 I/Q Modulator to the AD9779A Dual-Channel, 1 GSPS High Speed DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0017, *Interfacing the ADL5371 I/Q Modulator to the AD9779A Dual-Channel, 1 GSPS High Speed DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0018, *Interfacing the ADL5372 I/Q Modulator to the AD9779A Dual-Channel, 1 GSPS High Speed DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0019, *Interfacing the ADL5373 I/Q Modulator to the AD9779A Dual-Channel, 1 GSPS High Speed DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0020, *Interfacing the ADL5374 I/Q Modulator to the AD9779A Dual-Channel, 1 GSPS High Speed DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0021, *Interfacing the ADL5375 I/Q Modulator to the AD9779A Dual-Channel, 1 GSPS High Speed DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0070, *Precise Control of I/Q Modulator Output Power Using the ADL5386 Quadrature Modulator and the AD5621 12-Bit DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0134, *Broadband Low Error Vector Magnitude (EVM) Direct Conversion Transmitter*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0140, *High Performance, Dual Channel IF Sampling Receiver*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0144, *Broadband Low Error Vector Magnitude (EVM) Direct Conversion Transmitter Using LO Divide-by-2 Modulator*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0205, *Interfacing the ADL5375 I/Q Modulator to the AD9122 Dual Channel, 1.2 GSPS High Speed DAC*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0243, *High Dynamic Range RF Transmitter Signal Chain using Single External Frequency Reference for DAC Sample Clock and IQ Modulator LO Generation*, Analog Devices.

Circuit Note CN-0245, *Wideband LO PLL Synthesizer with Simple Interface to Quadrature Demodulators*, Analog Devices.

## 数据手册和评估板

ADL5375 Evaluation Board, ADL5375-05-EVALZ

ADL5320 Evaluation Board, ADL5320-EVALZ

AD9122 Evaluation Board, AD9122-M5375-EBZ

ADL5375 Data Sheet

ADL5320 Data Sheet

## 修订历史

2012年9月—修订版0: 初始版

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab circuits in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab circuits. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab circuits are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.  
CN10893sc-0-9/12(0)

