

**Circuits from the Lab**  
Reference Designs

*Circuits from the Lab® reference designs 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/CN0360](http://www.analog.com/CN0360).*

### 连接/参考器件

ADF4351	集成VCO的35 MHz至4400 MHz宽带频率合成器
ADL5801	10 MHz至6 GHz宽带有源混频器
AD8368	800 MHz、线性dB VGA, 内置AGC检波器
ADL5902	50 MHz至9 GHz、65 dB TruPwr™检波器

## 频率选择、RMS响应、90 dB动态范围、 35 MHz至4.4 GHz RF检波器

### 评估和设计支持

#### 电路评估板

[ADF4351评估板\(EVAL-ADF4351EB1Z\)](#)

[ADL5801评估板\(ADL5801-EVALZ\)](#)

[AD8368评估板\(AD8368-EVALZ\)](#)

[ADL5902评估板\(ADL5902-EVALZ\)](#)

[EPCOS B5249 SAW滤波器评估板或等效产品\(客户提供\)](#)

#### 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

本电路是一个频率可调射频(RF)检波器, 提供90 dB检测范围, 工作频率是从35 MHz到4.4 GHz。与不区分频谱中信号的独立检波器不同, 本电路能够专注于一个较窄的频带, 在指定范围内提供增强的性能。该检波器电路提供RMS响应, 具有出色的温度和频率稳定性, 对需要精确频率、选择性RF功率测量的应用非常有吸引力。本电路还能很好地抑制无用阻塞信号。图1显示了该电路的原理示意图。

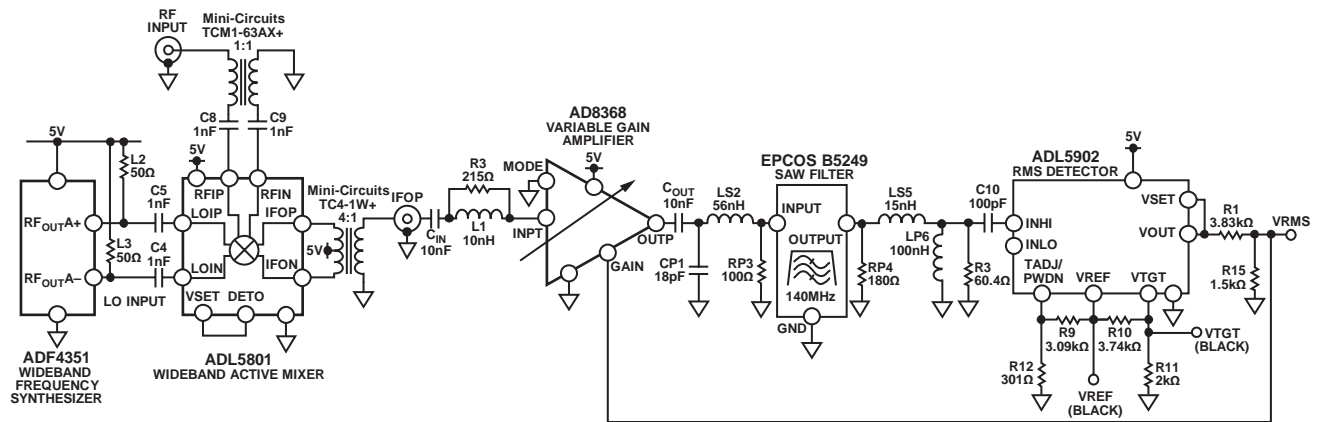


图1. 频率选择RF检波器(原理示意图: 未显示去耦和所有连接)

#### Rev. A

Circuits from the Lab reference designs 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)

## 电路描述

该检波器电路由RMS检波器、可变增益放大器(VGA)、SAW滤波器、混频器和频率合成器组成，提供90 dB检测范围和出色的频率/温度稳定性。图2显示当输入功率以900 MHz扫描时检波器电路的传递函数。采用4点校准法可获得最佳线性度，校准点为：+13 dBm、-50 dBm、-65 dBm和-75 dBm。也可采用2点校准法，但在输入功率范围内线性度会有所下降。

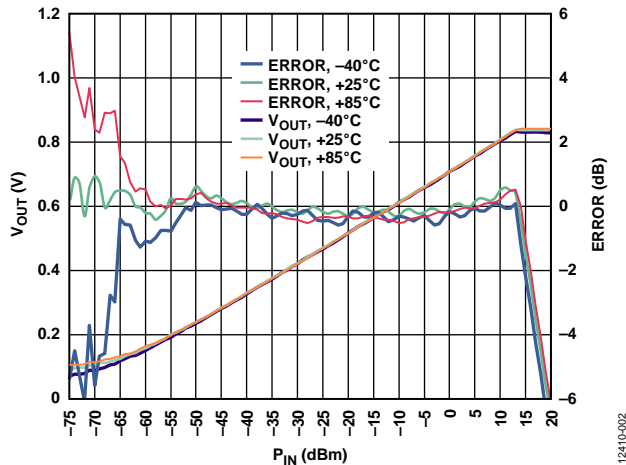


图2. 不同温度下频率选择RF检波器的传递函数

## 动态范围增强

电路使用的ADL5902检波器本身即可提供65 dB的检测范围，工作频率是50 MHz至9 GHz。AD8368 VGA可扩展功率范围的上限和下限。VGA与检波器之间的窄带SAW滤波器可滤除VGA和混频器的噪声，使下限灵敏度最大。电路笔记CN-0340更详细地说明了这种动态范围扩展机制。

然而，这种范围扩展会限制滤波器通带频率范围的操作。用宽带频率转换网络结合CN-0340电路可使整个电路具有频率选择特性。在图1所示电路中，ADL5801混频器与ADF4351频率合成器配对，将35 MHz至4.4 GHz的输入信号转换为140 MHz，即SAW滤波器的通带频率。电路笔记CN-0239说明了该电路所用的无缝宽带混频器与本振接口。

利用混频器ADL5801的VSET引脚优化混频器偏置电平，可进一步增强电路动态范围。通常，ADL5801混频器以3.6 V的VSET电平工作，导致混频器偏置电平较高，IP3相应地也

很高。但是，这一工作点会引起噪声系数降级，从而限制输入灵敏度。混频器以2.0 V的最小VSET电平工作可改善噪声系数，但这会影响混频器的P1dB，限制动态范围的上限。因此，混频器需要采用自适应偏置机制来优化高低两种功率水平下的电路检测范围。通过将VSET引脚连接到DETO(一个路由至混频器内部功率检波器的引脚)，器件偏置电平便可根据信号条件自适应设置。利用这个特性，混频器可针对大RF信号提供高线性度和压缩，而对小RF信号提供低噪声系数。此特性可改善应用在较低输入功率水平时的灵敏度，同时维持较高输入功率水平时的动态范围。

图3显示了不同混频器偏置电平下检波器的传递函数。

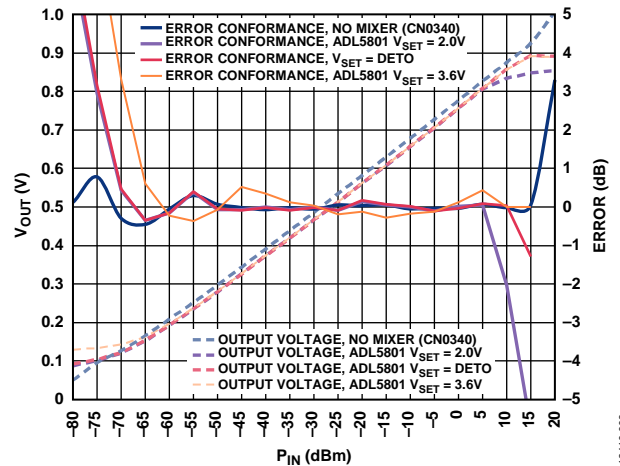


图3. 不同偏置电平下ADL5801混频器的性能比较

## 温度稳定性

图2显示了功率谱上检波器的温度稳定性与RF输入功率的关系。温度范围内的精度是利用ADL5902 RMS检波器的温度补偿特性实现的，该特性可补偿系统中引入的温度漂移。VGA和混频器增益的任何温度变化都会使电路的整体漂移逐dB下降，也就是说，混频器增益的1 dB温度漂移将使整体温度稳定性下降1 dB。对于AD8368 VGA，AD8368数据手册中的图5显示其增益的温度漂移约为±0.7 dB。同样，根据ADL5801数据手册中的图3，混频器温度漂移为±0.5 dB。调节ADL5902 TADJ引脚上的电压可补偿检波器、VGA和混频器的总温度漂移。实验发现：对于所有RF输入频率，0.6 V的TADJ电压可提供最佳温度补偿。

## 频率稳定性

图4和图5显示了电路的频率平坦度。在整个工作频率范围内，该电路具有大约1 dB的平坦度。由于混频器将输入信号下变频至140 MHz，因此频率平坦度曲线以混频器引入的增益变化为主。

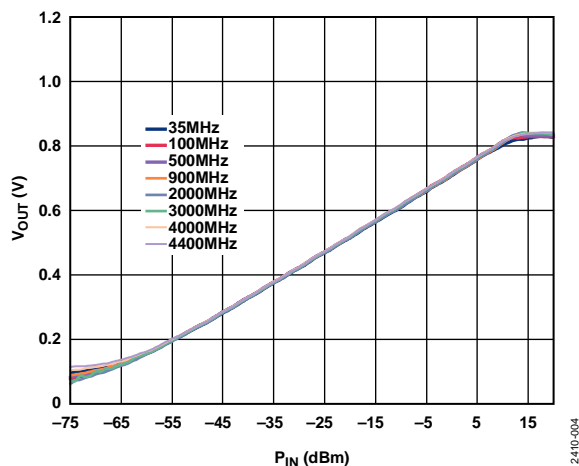


图4. 不同频率下输出平坦度与输入功率的关系

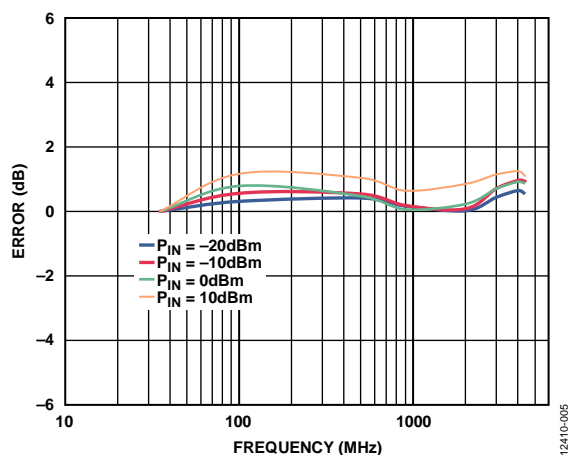


图5. 35 MHz校准后误差与频率的关系

## 阻塞信号抑制

图6显示存在960 MHz的阻塞信号时，电路在900 MHz时的性能。阻塞信号与载波信号相差60 MHz是因为滤波器在该频率时的通带抑制性能有所下降(见图7)，从而构成该电路的最不利测试状况。当阻塞信号输入电平高于-10 dBm时，阻塞信号会降低电路的下限灵敏度。但是，对于不超过+5 dBm的阻塞信号，电路仍会保持65 dB的动态范围。

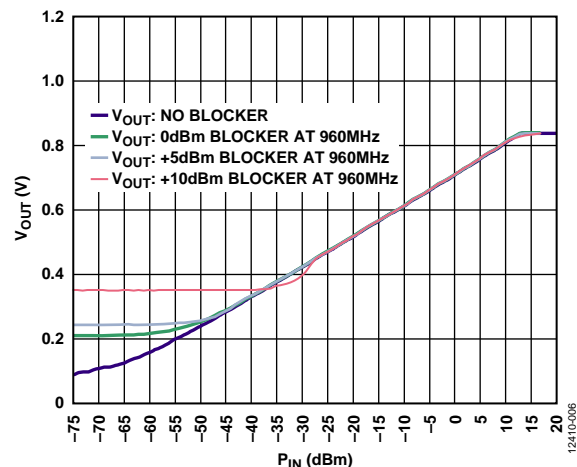


图6. 在有960 MHz阻塞信号的情况下，900 MHz时的输出和输入传递函数

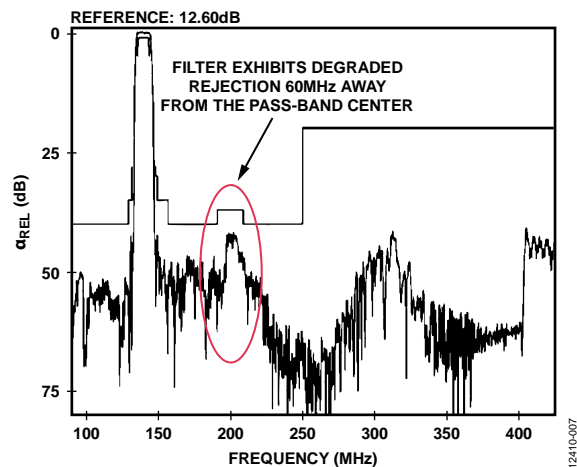


图7. EPCOS B5249 SAW滤波器的传递函数

## 常见变化

用带宽更宽的分立式锁相环(PLL，如ADF4155或ADF4156)和外部VCO取代频率合成器ADF4351，可将电路的频率范围扩展到6 GHz。通过改变SAW滤波器，可以调整电路的中频频率、滤波器带宽和插入损耗。提高滤波器的带宽和插入损耗会提高噪声电平，从而降低系统的动态范围。混频器、VGA和滤波器的积分输出噪声电平必须比RMS检波器的标称输入灵敏度低6 dB到10 dB。可利用ADIsimRF™来计算电路前端(混频器、VGA和滤波器)的积分噪声。将该电路连接AD7091或AD7466等模数转换器(ADC)，可对电路输出电压进行数字化转换。更多信息参见电路笔记CN-0178。

## 电路评估与测试

该电路利用ADL5902 (ADL5902-EVALZ)、AD8368 (AD8368-EVALZ)、ADF4351 (EVAL-ADF4351EB1Z)、ADL5801 (ADL5801-EVALZ)标准评估板及一个装有EPCOS B5249 SAW滤波器的滤波器评估板实现。由于全部评估板均提供50Ω接口,因此它们通过桶形SMA连接器直接连接。使用测试夹连接从ADL5902检波器输出回到AD8368增益控制输入的信号连接,并连接VSET和DET0引脚以配置ADL5801的自适应偏

置控制。缩小ADL5902检波器输出电压所需的电阻分压器是通过在ADL5902评估板的R1 (3.83 kΩ)和R15 (1.5 kΩ)焊盘上表贴安装电阻来实现的。在140 MHz时,优化电路温度稳定性的TADJ电压通过R9/R12电阻分压器设置,该分压器以2.3 V片上基准电压源作为输入。若要将TADJ电压设为推荐的0.6 V电平,可将R9改为850 Ω(R12保持现有值301 Ω)。

图8所示为装配完善的应用电路,图9所示为测试设置的功能框图。

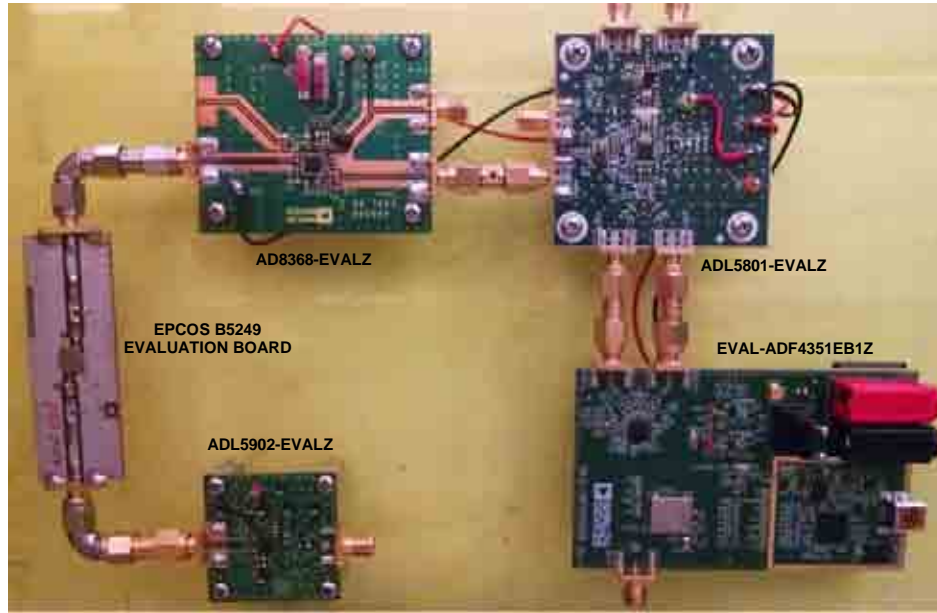


图8. 装配完善的应用电路

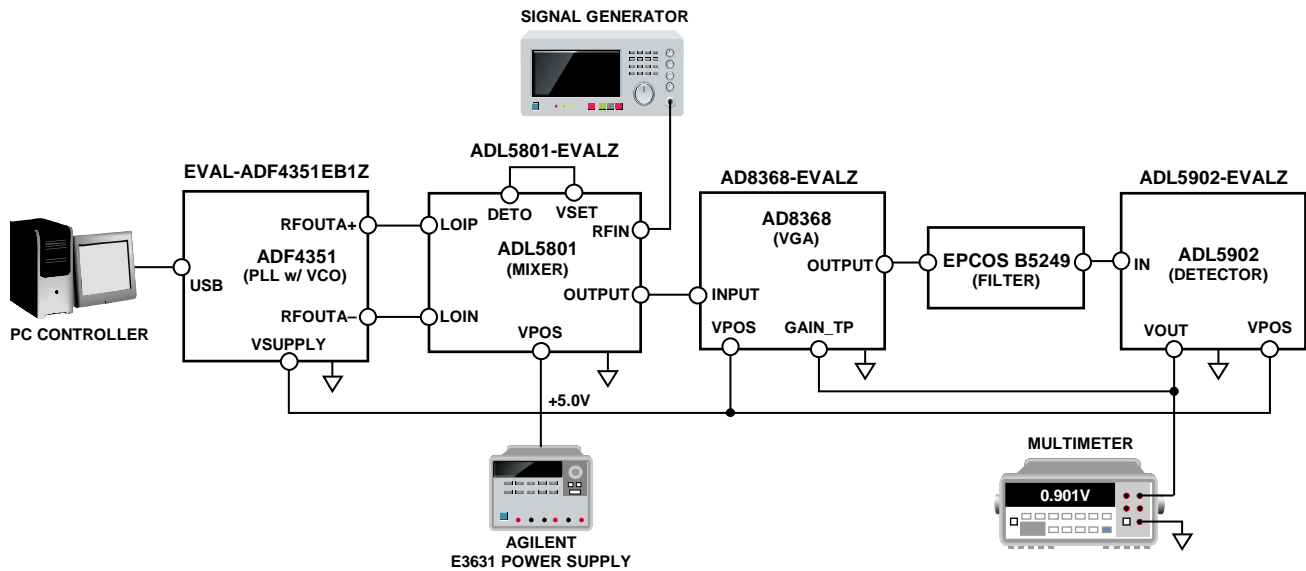


图9. 电路评估测试设置

## 设备要求

以下列出了用来评估电路的设备清单。

- 带USB端口的Windows® XP、Windows Vista(32位)或Windows 7 (32位)PC
- ADL5902-EVALZ、AD8368-EVALZ、EVAL-ADF4351EB1Z 和ADL5801-EVALZ评估板
- EPCOS B5249评估板
- 一个RF信号发生器
- 一个数字万用表
- 一个电源

利用ADF4351控制软件设置将输入信号下变频至140 MHz中频所需的LO频率。然后逐步提高输入功率水平，并测量电路的RMS输出电压，从而确定电路的传递函数和误差一致性曲线。

为测试电路对阻塞信号的抑制性能，使用一个信号发生器模拟阻塞信号，并利用主信号发生器模拟目标通道，用这两个信号驱动电路。然后逐步提高阻塞信号电平，观测电路的响应，并评估电路性能。

## 了解详情

CN-0360设计支持包：

CN-0239电路笔记，带无缝本振接口的宽带6 GHz有源混频器，ADI公司。

CN-0340电路笔记，检波范围为95 dB的真RMS RF检波器，ADI公司。

CN-0150电路笔记，经软件校准的1 MHz至8 GHz、70 dB RF功率测量系统，ADI公司。

CN-0178电路笔记，经软件校准的50 MHz至9 GHz RF功率测量系统，ADI公司。

ADIsimRF设计工具

ADIsimPLL™设计工具

UG-435用户指南，ADF4351小数-N分频PLL频率合成器的评估板。

UG-476用户指南，PLL软件安装指南。

MT-031指南，实现数据转换器的接地并解开“AGND”和“DGND”的谜团，ADI公司。

MT-086指南，锁相环(PLL)基本原理，ADI公司。

指南MT-101，去耦技术，ADI公司。

AN-30应用笔记，应用工程师问答——PLL频率合成器，ADI公司。

AN-1040应用笔记：RF功率校准提高无线发射机的性能，ADI公司

## 数据手册和评估板

ADF4351数据手册和评估板

ADL5801数据手册和评估板

ADL5902数据手册和评估板

AD8368数据手册和评估板

EPCOS B5249数据手册和评估板

## 修订历史

### 2014年10月 — 修订版0至修订版A

更改“动态范围增强”部分 .....2

更改图7 .....3

### 2014年9月 — 修订版0：初始版

(Continued from first page) Circuits from the Lab reference designs 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 reference designs 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 reference designs. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab reference designs 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 reference designs at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2014 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.  
CN12410sc-0-10/14(A)

