ANALOG DEVICES

电路笔记
CN-0390

Circuits from the Lab® Reference Designs

Circuits from the Lab®参考设计是经过测试的参考设计，有助于加速设计，同时简化系统集成，帮助并解决当今模拟、混合信号和 RF 设计挑战。如需更多信息和/或技术支持，请访问：www.analog.com/cn/CN0390。

连接/参考器件	
ADL6010	快速响应、45 dB范围、0.5 GHz至43.5 GHz包络检波器
ADA4077-1	4 MHz、7 nV/√Hz、低失调和漂移、高精度放大器
HMC985A	GaAs电压可变衰减器，10 GHz至40 GHz
HMC635	GaAs RF放大器，18 GHz至40 GHz

20 GHz 至 37.5 GHz，RF 自动增益控制(AGC)电路

评估和设计支持

电路评估板

CN-0390 电路评估板(EVAL-CN0390-EB1Z)

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

自动增益控制(AGC)电路在很多应用中都非常重要，例如频率合成器的幅度稳定、发射机输出功率控制或接收机动态范围优化。图 1 所示电路采用ADL6010检波器、HMC985A电压可变衰减器(VVA)和HMC635 RF 放大器，在很宽的输入频率（20 GHz 至 37.5 GHz）和幅度范围内提供自动增益控制。在 20 GHz 和 30 GHz 之间，电路性能（通过本电路笔记中介绍的 AGC 品质因数来衡量）非常好。在 30 GHz 以上，电路的总增益会下降。然而，利用匹配技术（本电路笔记未予讨论）可以改善窄带性能。

该 AGC 电路适用于微波仪器仪表和雷达测量系统。

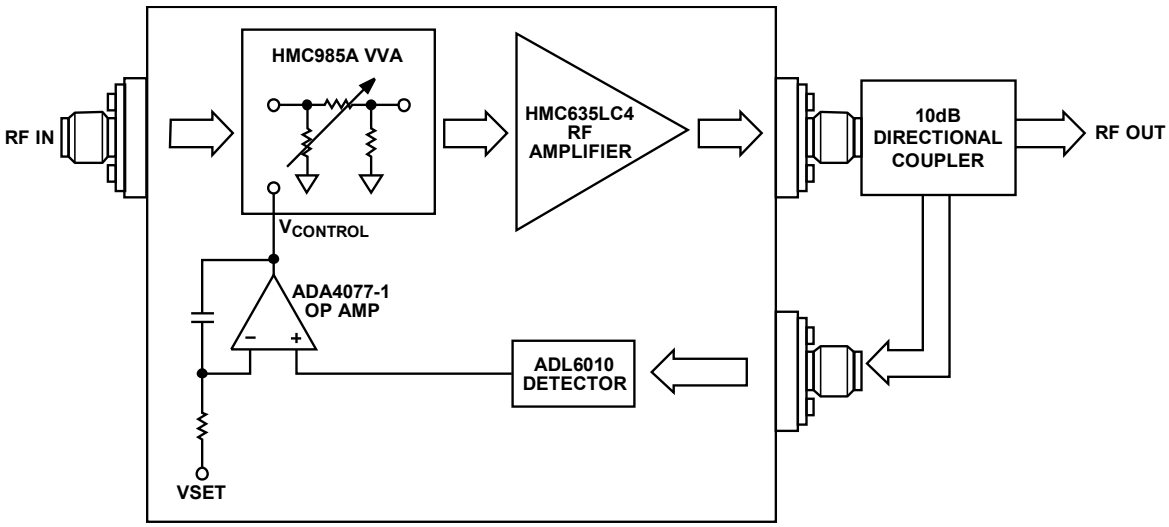

图1. 电路框图

Rev. 0

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)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 **www.analog.com/cn**
Fax: 781.461.3113 **©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved.**

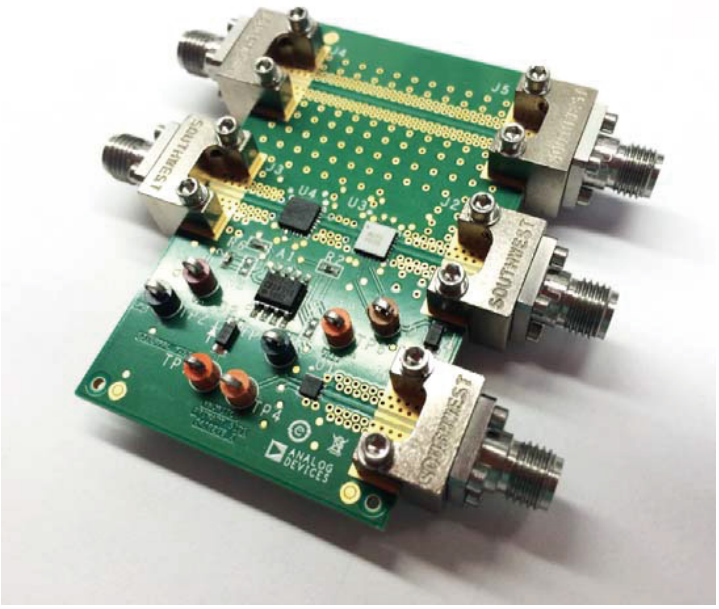

图2. EVAL-CN0390-EB1Z AGC印刷电路板(PCB)照片

电路描述

AGC应用领域

许多RF应用要求对幅度进行非常精确的控制，使其随时间和温度的漂移最小化。举例来说，要求NBS可追溯校准的仪器就是有这种要求的应用例子，其校准间隔时间可能很长，比如每年一次或两次。其他应用包括相控阵雷达，其幅度和相位控制的精度限制了波束赋形精度。本电路采用的方法是将集成电路运算放大器用于环路控制器，通过出色的增益控制来补偿RF器件增益随输入幅度、RF频率和温度的变化。

实际操作中，VSET直流偏置控制输出幅度。根据环路的精度要求，最可能的应用是利用8位至12位DAC驱动此直流偏置。这种方法可以对RF输出幅度进行数字控制。虽然DAC不是本电路笔记的一部分，但有许多选项可用，例如ADI公司的AD5621 12位nanoDAC。

AGC工作原理

此类AGC电路背后的核心思想是让RF信号的幅度保持稳定，RF信号可能随着频率、温度或时间而变化。通常，此电路有两路输入。第一路输入是给定幅度的RF输入，其包络需要稳定。第二路输入是施加于VSET引脚的的直流控制，正是利用此输入来设置输出幅度。图3显示了这种简单环路。

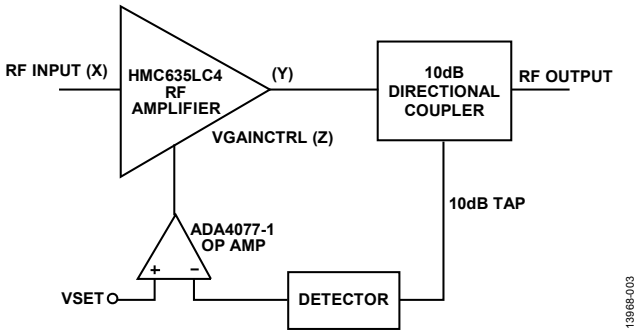

图3. 简单AGC环路

图3显示差动放大器用来比较VSET电压和检波器电路产生的电压。检波器将RF放大器输出幅度转换为直流电压。RF输入(X)在环路中间注入，故对RF输出(Y)而言，X任何变化的影响都被降至最低。只要总环路增益保持很高水平，这种效应便成立。通过以下等式可以阐释这种效应：

$$Y = X \times Z \quad (1)$$

$$Z = VSET - \frac{Gd \times Y}{10} \quad (2)$$

$$Y = X\left(VSET - \frac{Gd \times Y}{10}\right) \quad (3)$$

$$Y = \frac{X \times VSET}{\left(1 + \frac{Gd \times X}{10}\right)} \quad (4)$$

$$Y = \frac{VSET}{\left(\frac{1}{x} + \frac{Gd}{10}\right)} \quad (5)$$

其中*Gd*为检波器增益。

从等式 5 可知，只要值 Gd/10 >> 1，X 的幅度对 Y 的幅度的影响便非常小。有两个因素可能影响 X 和 Y 之间的这种关系：检波器增益 Gd 和定向耦合器上的 10 dB 抽头。

但在CN-0390设计中，运放控制器电路周围构建了一个积分器，故环路直流增益仅受运算放大器的高开环直流增益限制。此增益足够高，使得 AGC 在控制环路范围内的平坦度接近理想水平。

像任何 AGC 电路一样，环路操作存在限制。对于给定范围的 RF 输入幅度和 VSET 控制电压，该环路闭合。这些限制也会随着频率改变而变化。一般而言，当 VGAINCTRL (Z)节点介于−2.4 V 和 0 V 之间（这是 HMC985A VVA 的输入范围）时，该环路闭合，输出幅度保持平坦，不随 RF 输入变化而变化。

注意，检波器（VOUT与RF输入幅度的关系）和VVA（衰减与电压控制的关系）的传递函数具有明显的非线性特征（参见图5、图6和图7）；其合并增益在RF输入和VSET输入的范围内有很大变化，并可能随频率和温度发生变化。利用控制环路中的积分器高增益来补偿这些效应。

实际构建的电路比图3所示的简单模型要更复杂。在实际电路中，VVA功能分属两个器件。第一个器件是HMC985A VVA，其提供大约3 dB（V_{CTRL} = −2.4 V时）到40 dB（V_{CTRL} = 0 V时）的衰减。另一个器件是HMC635 RF放大器，其用于增益级，在目标频率范围内提供18 dB的增益。

AGC操作的直观方法

从概念上掌握AGC环路响应的另一种方法是理解当环路闭合时(−2.4 V > VGAINCTRL > −0 V)，VSET控制电压等于ADL6010检波器的输出电压。在这一条件下，运放积分器处于平衡状态，积分器电容电荷稳定不变，不充电也不放电。当VSET处于静态时，如果RF输入幅度改变，则环路会作出响应，积分电容充电或放电，直至重新达到均衡。

当环路处于均衡状态时，ADL6010的输出等于VSET电压。这样，ADL6010传递函数就可以引用VSET电压（参见图5），以求得与此电压对应的ADL6010 RF输入功率。然后在此RF输入功率数值上增加10 dB（因为定向耦合器上有10 dB抽头），得到与给定VSET电压对应的输出功率。利用这种方法可以创建输出功率与VSET电压的关系表。VVA和ADL6010的传递函数是非线性的；因此，这种方法比建立这些传递函数的数学描述可能更为简单。

ADL6010包络检波器

该电路的最重要器件是ADL6010包络检波器。ADL6010的工作频率范围是500 MHz至45 GHz。如图4中的功能框图所示，ADL6010是一种基于二极管的检波器。如图5所示，ADL6010的响应曲线是非线性的，故而对此电路中的反馈环路进行直接分析是很困难的。

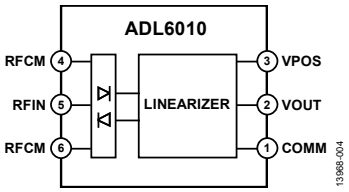

图4. ADL6010功能框图

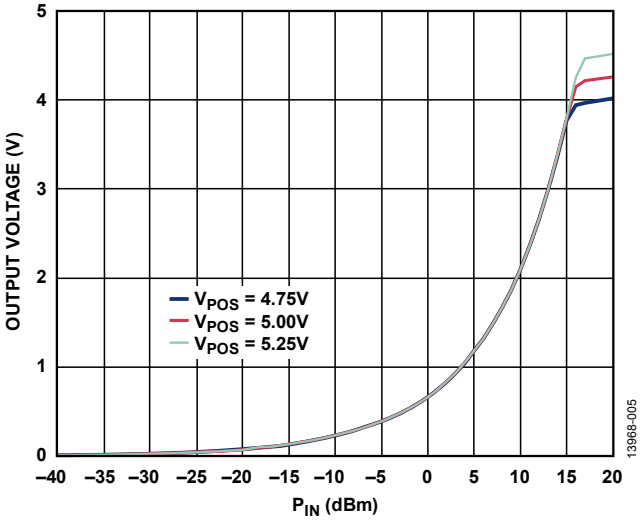

图5. ADL6010传递曲线

VVA和RF放大器组合

HMC985A VVA的工作频率范围是10 GHz到40 GHz，提供的衰减范围是3 dB到近40 dB。HMC985A由两个pi-pad衰减器串联而成，第一个由VCTRL1控制，第二个由V_{CTRL2}控制。通过连接V_{CTRL1}和V_{CTRL2}并将其一起驱动，可以实现大约3 dB到40 dB的综合衰减。电路中还串联了HMC635 RF放大器，完整的电压控制增益范围是15 dB增益到22 dB衰减。

HMC635是一款GaAs放大器，需要一个负栅极电压(VGG)，其必须与5 V VDD电源同时施加或先于后者施加。如果违反此VGG要求，HMC635可能受损。VGG典型值为−0.6 V，但为优化放大器性能，不同器件可能稍有出入。关于通过调整VGG来设置最优漏电流的信息，请参阅HMC635或其他GaAs放大器的数据手册。

为便于用户使用，实际构建的评估板使用二极管和电阻来将VGG偏置到约−0.6 V，这样就不需要单独的VGG电源。建议先施加−5 V供电轨，以便满足VGG要求。用户可移除此

二极管，将单独的VGG电源施加于TP6。沿正方向移动VGG会提高电路的总增益，但代价是失真可能增加。

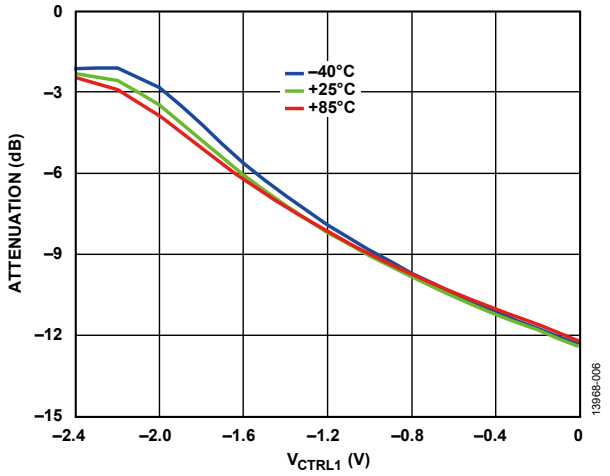

图6. HMC985A增益控制衰减曲线(20 GHz)，V_{CTRL1}变化，V_{CTRL2} = –3 V

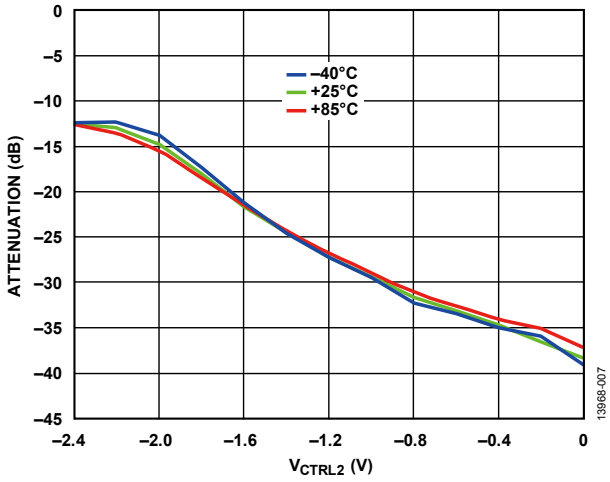

图7. HMC985A增益控制衰减曲线(30 GHz)，V_{CTRL2}变化，V_{CTRL1} = 0 V

集成运算放大器和VSET控制详情

电路增益平衡时，ADL6010检波器输出电压等于外部施加的VSET。图8显示了一种确定运算放大器电路正确增益符号的直观方法。标签1表示环路中存在扰动，引起RF输出幅度提高，最有可能是输入幅度提高。ADL6010输入的RF幅度（标签2）也提高，ADL6010输出电压（标签3）同样如此。积分器输出电压上升，直至VSET等于ADL6010输出电压。因此，HMC985A VVA输入电压（标签4）提高（在–2.4 V到0 V的尺度上），进而导致VVA衰减提高，抵消RF输入的正扰动，确认反馈控制的符号正确。

ADL6010的响应曲线可用来分析电路控制范围。由于运算放大器的积分器功能，当VSET等于ADL6010输出电压时，环路处于平衡状态。1 V的VSET电压大致相当于4 dBm RF功率输入ADL6010。定向耦合器上有10 dB抽头，故现在的1 V VSET表示RF放大器的功率输出为14 dBm。观察VVA衰减曲线，考虑到RF放大器有18 dB增益，并且知道当VVA电压介于–2.4 V和0 V之间时环路闭合，便可创建VSET与RF输出功率的理想值表格。表1显示了预期RF输出功率与VSET值的关系，同时给出了AGC环路闭合的预期RF输入功率范围。举个例子，VSET = 0.1 V时，对于超低信号电平，环路处于最大增益状态（VVA = 3 dB衰减）。当RF输入功率上升至–20 dBm时达到拐点，此时环路闭合，当RF输入功率提高时，RF输出功率保持不变。当RF输入功率上升至17 dBm时达到VVA衰减限值，此时环路再次打开，增益控制丢失。

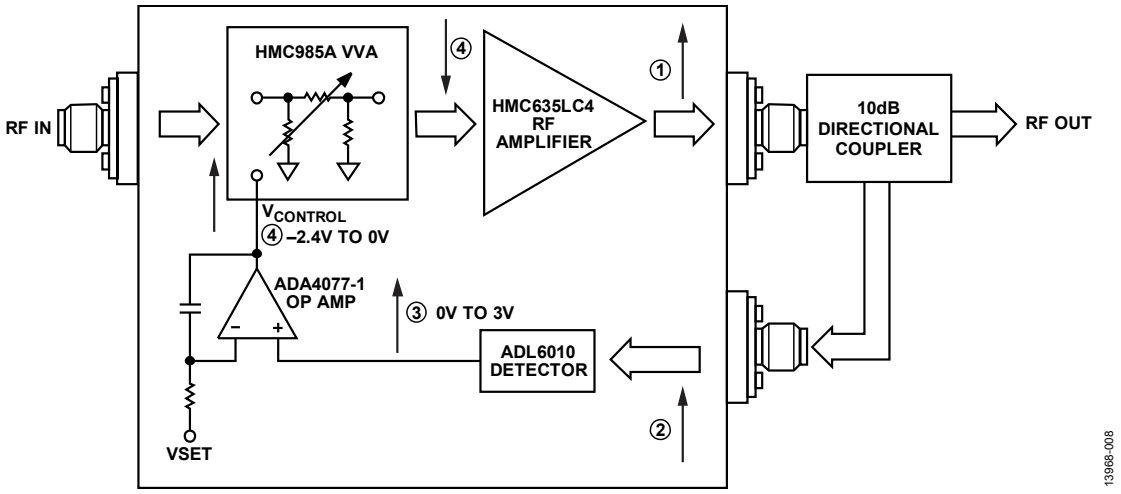

图8. 确定运算放大器增益级符号的方法

表1. ADL6010 AGC环路理想性能

VSET (V)	ADL6010输入功率(dBm)	加上定向耦合器的10 dB (dBm)	减去21 dB的RF放大器增益和衰减器增益[1] (dBm)	RF输入，V_{ATTEN} = 0 V（40 dB衰减）(dBm)	RF放大器输入饱和所需的VVA衰减(dB)
0.1	−15	−5	−20	17	超出范围
0.2	−10	0	−15	超出额定最大输入功率	超出范围
0.3	−7	3	−12	超出额定最大输入功率	36
0.4	−5	5	−10	超出额定最大输入功率	34
0.5	−2.5	7.5	−7.5	超出额定最大输入功率	31.5
0.6	0	10	−5	超出额定最大输入功率	29
0.7	1	11	−4	超出额定最大输入功率	28
0.8	2	12	−3	超出额定最大输入功率	27
0.8	3	13	−2	超出额定最大输入功率	26
1.0	4	14	−1	超出额定最大输入功率	25

[1] 假设最大增益、最小衰减(3 dB)。

在该尺度的另一端，VSET = 1.0 V时，拐点直至RF输入功率达到4 dBm才出现，并且当RF输入功率达到电路的额定最大输入功率时，环路仍保持闭合。注意，HMC635数据手册规定P1 dB为21 dBm；HMC985A数据手册提供了输入功率最高达到24 dBm的特性曲线，用于此测试的发生器最大输出功率为20 dBm。图9显示了VSET与预期输入和输出功率的理想关系曲线，以及它与实测数据的对比。虽然理想曲线与实测数据确实略有偏差，但若假定衰减器和放大器的增益比数据手册给出的值小1 dB到2 dB（可能原因是此PCB上的RF匹配不够理想），则理想曲线将与实测数据非常接近。另外，图5所示的ADL6010传递函数是针对超低频率的。在较高频率时，ADL6010会轻微压缩，这解释了我们在VSET尺度较高部分看到的理想值与实测数据的差异。

图10和图11分别显示AFC电路在30 GHz和37.5 GHz下的响应曲线。注意，初始增益在30 GHz时下降，下降幅度不大于37.5 GHz时的降幅，并且在较高VSET电压下响应有压缩，限制了这些频率下VSET与RF输出功率的控制范围。在30 GHz时，VSET = 0.6 V至VSET =1.0 V的曲线互相重叠；在40 GHz时，VSET = 0.9 V至VSET =1.0 V的曲线互相重叠。

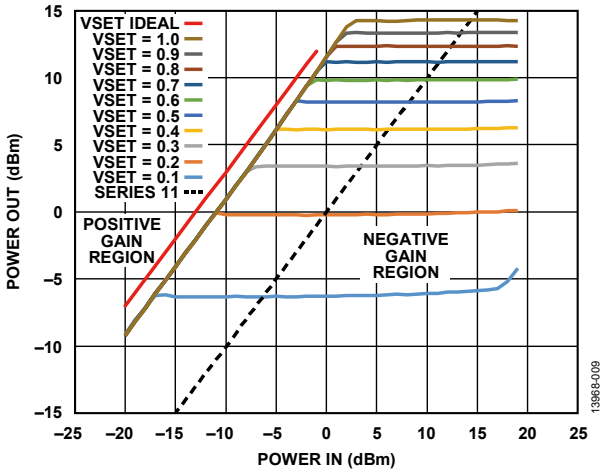

图9. ADL6010 AGC环路理想性能与实测性能(20 GHz)

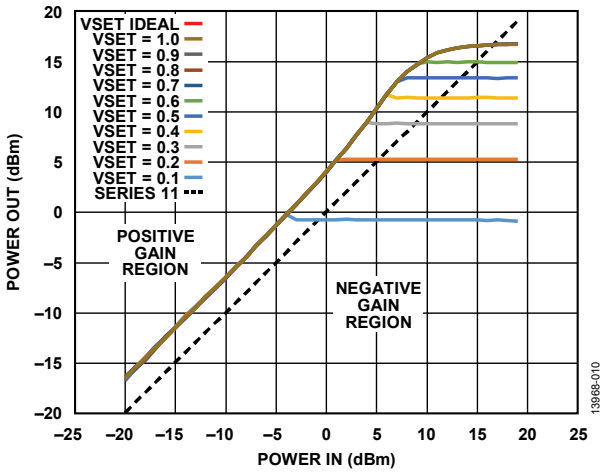

图10. ADL6010 AGC环路实测性能(30 GHz)

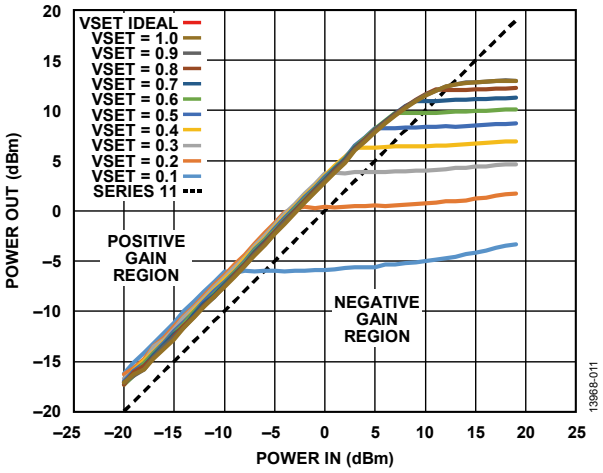

图11. ADL6010 AGC环路实测性能(37.5 GHz)

AGC 品质因数

有多种方法可判断AGC环路的质量。

输出幅度平坦度与输入幅度变化的关系

输出幅度平坦度与输入幅度变化的关系是最直观明显的，同时也是此种电路之所以存在的原因。在低RF频率时，衰减器、RF放大器和检波器的组合增益足够高，可实现近乎理想的平坦度，如图9和图10所示。在37.5 GHz时，电路增益开始下降，平坦度性能随之降低，如图11所示。

正增益

理想情况下，即便输入信号非常小，AGC电路也能在很宽的输出幅度范围内保持增益平坦度。而实际上，性能是分区域的，有时总增益为正，有时总增益为负。在20 GHz时，如图9所示，在一个很大区域内，总增益为正。当频率提高到30 GHz时，然后再提高到37.5 GHz时，此正区域会缩小。

VSET 范围和线性度

由于ADL6010响应的非线性，VSET与RF输出幅度的关系曲线也是非线性的。在20 GHz时，这种非线性表现为较高VSET电压下的曲线比较低VSET电压下的曲线靠得更近。在30 GHz时，VSET与输出幅度的关系被压缩得足够厉害，导致整体AGC响应在VSET = 0.6 V以上根本不变。37.5 GHz时的VSET响应打开得略多，但在VSET = 0.9 V以上仍被压缩。图12显示了一种略有不同的研究此关系的方法，其中绘制了20 GHz、30 GHz和37.5 GHz时RF输出幅度与VSET的关系曲线。

环路对输入幅度瞬变的响应

任何反馈环路都关心稳定性，AGC也不例外。为了估计此AGC环路的稳定性，在VSET端应用一个步进，然后测量运放积分器输出端的响应。如图13所示，响应为轻微欠阻尼状况，但显示出良好的稳定性。此瞬变是在RF频率为20 GHz时进行的。

相位噪声

对于模拟控制VGA，相位噪声可能是一个问题，常常需要权衡控制电压输入带宽与相位噪声性能下降程度。测量相位噪声性能下降程度的第一步必定是测量发生器本身，图14显示了输入频率为20 GHz且幅度为−10 dBm的情况。该图选择了相对较低的RF电平，使得环路处于高增益状态，任何相位噪声性能下降的影响都会最大化。图15显示了控制电压为0.1 V时AGC RF输出端的相位噪声，图16显示了控制电压为1.0 V时AGC RF输出端的相位噪声。如结果所示，在这些条件下相位噪声的提高并不突出。

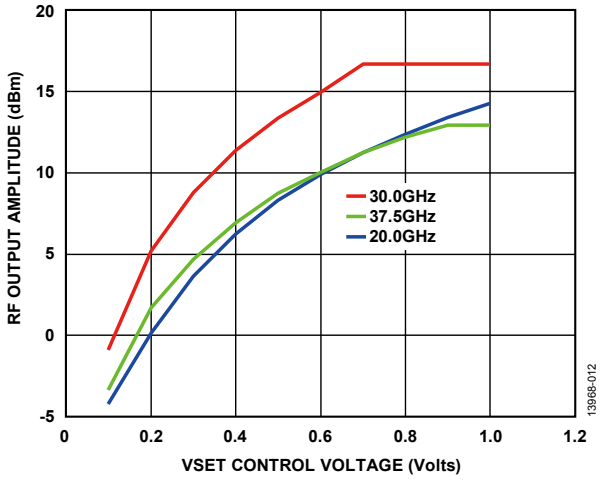

图12. 不同频率下RF输出幅度与VSET的关系，19 dBm输入功率

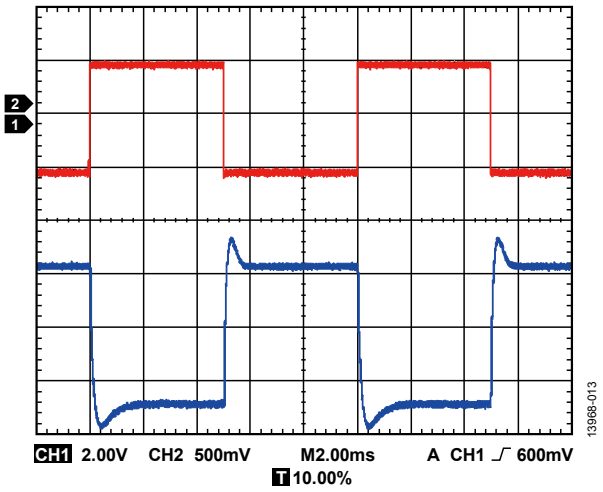

图13. 对VSET施加步进时的瞬态响应

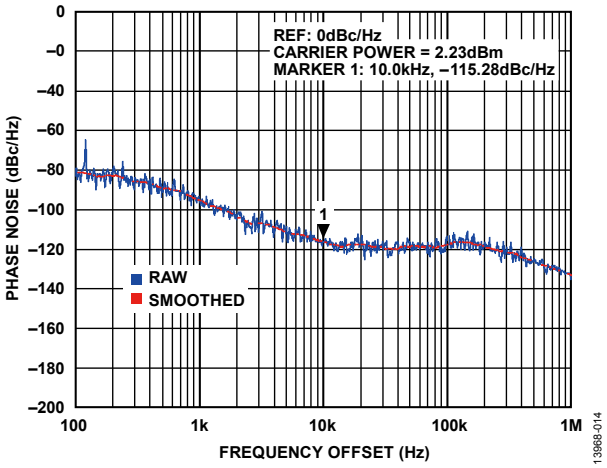

图14. 20 GHz时发生器相位噪声测量结果，RF输入功率 = −10 dBm

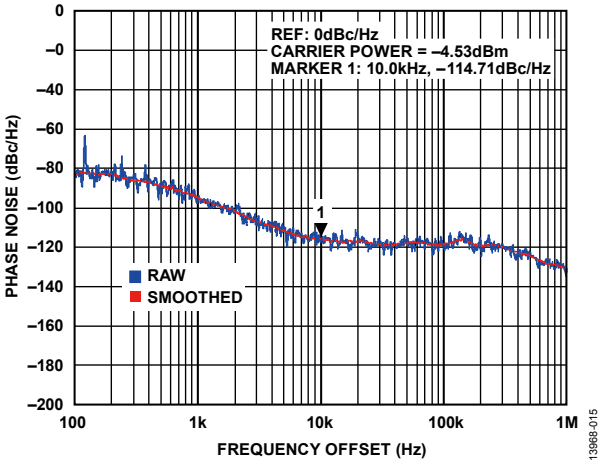

图15. AGC RF输出端测得的相位噪声，RF输入 = −10 dBm，VSET = 0.1 V

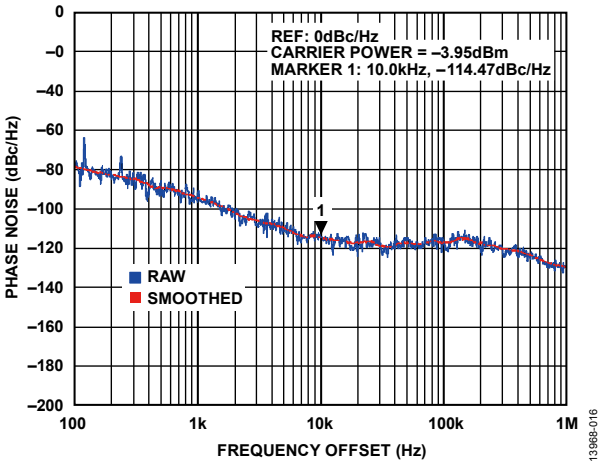

图16. AGC RF输出端测得的相位噪声，RF输入 = −10 dBm，VSET = 1.0 V

常见变化

此电路可以从多方面加以改变。

选择HMC985A VVA和HMC635 RF放大器是因为其宽带宽能力，此电路可在20 GHz到37.5 GHz范围内进行评估。在−2.4 V到0 V的控制电压下，这些器件共同提供−22 dB到+15 dB的增益范围。其他VVA和RF放大器组合可在不同的频带上工作，提供不同的增益范围。由于环路控制运算放大器的电源范围，唯一限制是VVA控制电压必须在积分器所用运算放大器的输出电压范围内。

选择ADA4077-1的原因是其噪声低(6.9 nV/√Hz)，并且支持采用±5 V电源供电。此应用对运算放大器的唯一绝对要求是其必须为电压反馈架构，支持采用±5 V电源供电，并且输出范围能够驱动所需的VVA范围。

增益缩放响应可以利用定向耦合器10 dB抽头或其他抽头上的衰减器来调整。这种情况下，输出功率与折合到ADL6010传递曲线的VSET以及衰减器和定向耦合器抽头的值有关。

可以用功率分路器代替定向耦合器。采用功率分路器的影响是会提高ADL6010输入幅度，从而使图9、图10和图11所示的响应曲线偏移。此偏移的代价是6 dB的输出功率。

本电路板和电路的设计覆盖频带是20 GHz至37.5 GHz。利用匹配技术可以改善窄带性能。请参考图20以了解窄带匹配如何提供最大的改善。

电路评估与测试

对于本测试所用的全部RF电缆，都必须在最高40 GHz下预先测量其损耗。AGC PCB上使用的SMA连接器为2.4 mm，因此必须提供与这些连接器相配的电缆和适配器。

设备要求

需要以下设备：

- EVAL-CN0390-EB1Z电路评估板。
- +5 V电源，500 mA能力（用于ADA4077-1运算放大器、HMC635 RF放大器和ADL6010检波器）。
- −5 V电源，100 mA能力（用于ADA4077-1运算放大器）。
- −0.6 V电源，用于HMC635上的VGG偏置，需要10 mA范围。此电源可选；可利用二极管和电阻来提供此偏置。PCB上有放置二极管和电阻的焊盘。务必先施加此VGG偏置，再在HMC635上施加+5 V偏置。务必不要同时施加+5 V VDD和VGG偏置。
- 0 V至3.0 V可调电源，用于VSET控制。只需mA范围的电流。
- CN-0390评估软件（从ftp://ftp.analog.com/pub/cftl/cn0390/下载）。此软件可选，因为该电路完全可以手动运行。C#.**exe**文件和源代码可从ADI公司获得。代码采用Microsoft Visual Studio C# 2012版编写。代码利用GPIB库控制RF发生器、VSET控制和频谱分析仪。所用的GPIB库来自National Instruments，由其免费提供。软件中的GPIB（SCPI代码）专门用于本节所述的仪器；虽然类似仪器（例如不同的频谱分析仪）的SCPI代码常常相同，但如果使用其他仪器，此代码可能无效。
- 能产生40 GHz连续波(CW)的信号发生器（推荐Keysight或Rohde & Schwarz）
- 支持40 GHz以上频率的频谱分析仪（Keysight或Rohde & Schwarz，或类似仪器）
- 10 dB定向耦合器（推荐Keysight或KRYTAR）
- 能够测量HMC985A VVA输入端控制电压范围的万用表。万用表的范围必须是−5 V至+5 V，因为当控制环路未闭合时，它可能摆动到电源电压。
- 带SMA连接器的同轴RF电缆，在40 GHz时的损耗最好尽可能低。PCB上使用的SMA连接器为Southwest Research的2.4 mm连接器。为降低损耗，应当用SMA管式连接器代替线缆来将定向耦合器连接到评估板。

开始使用

评估电路的步骤如下：

1. RF发生器预设到20 GHz频率和−20 dBm输出功率。禁用发生器。设置频谱分析仪的中心频率为20 GHz，1 GHz范围，基准电平为20 dBm，RBW = 30 kHz。
2. 将万用表连接到HMC985A VVA控制输入。
3. 将电源电压设置为正确的值。将VSET设置为0 V。禁用所有电源。
4. 将AGC的RF输出端连接到定向耦合器的输入端口。如可能，此连接应使用SMA管式连接器直连，因为再短的电缆也可能降低整体性能。定向耦合器的10 dB抽头必须通过尽可能短的电缆连接到AGC PCB的检波器输入。
5. 按照图18所示连接所有其他电缆和电源。
6. 先接通−5 V电源以偏置HMC635上的VGG，再接通+5 V电源。方便的话，两个电源可以同时接通；但+5 V电源不得先于−5 V电源接通。
7. 检查+5 V、−5 V和−0.6 V电源的电流。其读数必须与以下值相似：
   - +5 V电源，300 mA
   - −5 V电源，10 mA
   - −0.6 V电源（如使用外部电源），1 mA
8. 接通VSET电源。评估过程中会改变VSET。电流不得超过5 mA。
9. 使能RF发生器。

在手动模式下运行电路

电路现在能够执行全部功能。RF发生器的输入幅度必须初始设置为−20 dBm。请勿超过+20 dBm，因为+20 dBm已接近HMC635 RF放大器的输入压缩限值。RF发生器功率设置为−20 dBm时，VVA控制电压可以达到−5 V供电轨。采用幅度非常低的信号时，环路使增益达到最大，故积分器输出电压始终低于−2.4 V，直至RF幅度高到足以使环路闭合为止。当RF功率提高时，用户最先看到的是频谱分析仪指示的输出功率以dB/dB的比例提高。然而，随着RF输入功率提高并达到AGC响应曲线的拐点，环路就会闭合，VVA控制电压移动到−2.4 V。此时，环路在最小信号输入下闭合，因此仍会尝试将自身设置到最大增益。随着功率进一步提高，频谱分析仪上的幅度无明显变化，因为环路会补偿输入电平的变化。相反，当功率提高时，用户看到VVA控制电压从−2.4 V提高到0 V。给定VVA、RF放大器和检波器的增益，当输入功率≤ +20 dBm时，VVA控制电压不会一路变到0 V，因此AGC斜率保持平坦。

如果所有结果都与前面所说的相同，那么现在就可以在不同的RF幅度、频率和VSET值下评估该电路。

PCB 设计

针对20 GHz到40 GHz的宽带工作范围的PCB设计不是一件轻而易举的事。PCB采用了接地共面波导技术，并在PCB上增加了一条测试走线以验证50 Ω走线结构。带电源和信号连接的整体布局如图17所示。实际测试设置中的PCB如图18所示。注意外部10 dB定向耦合器的连接，RF输入直接连到RF发生器，从而无需补偿电缆损耗。

完整的设计支持包，包括布局、原理图和物料清单，可从www.analog.com/cn/CN0390-DesignSupport下载。

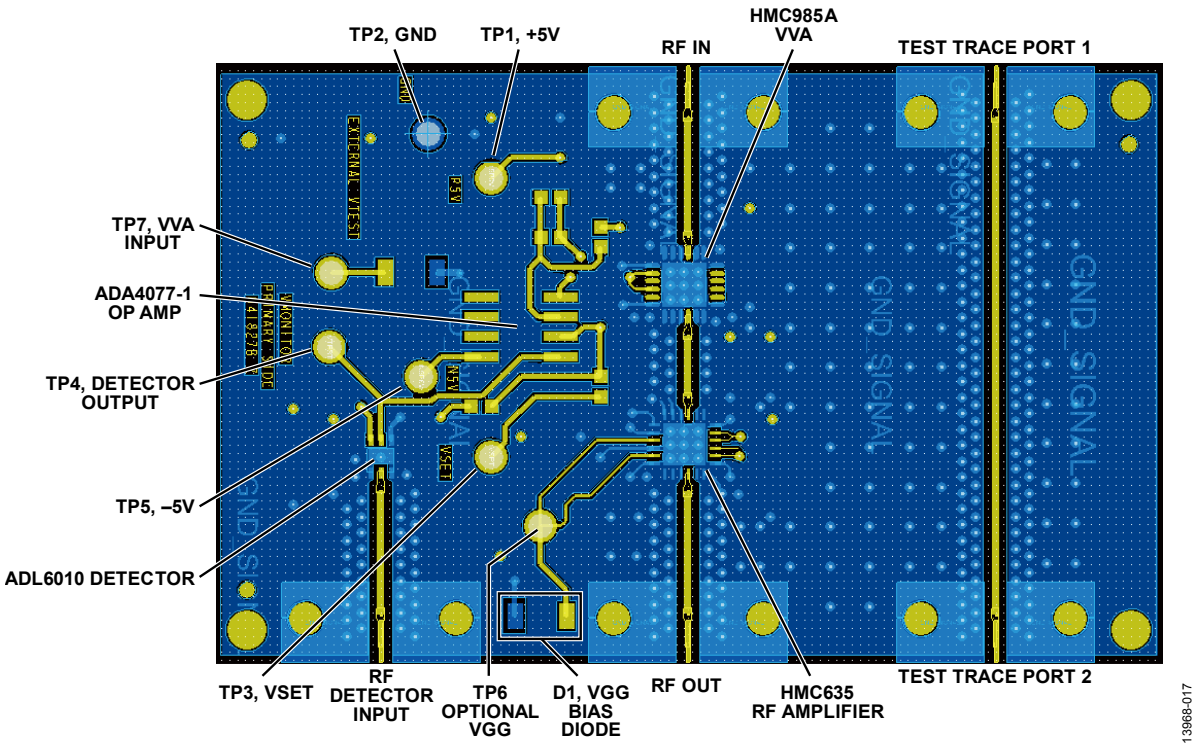

图17. ADL6010 AGC电路—PCB

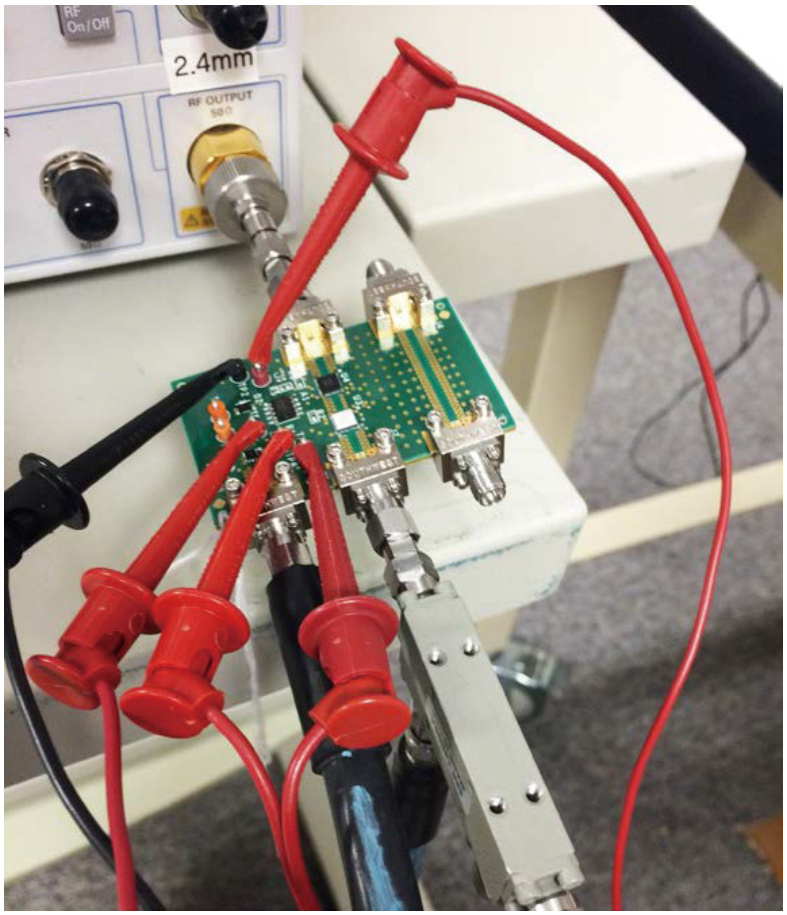

图18. ADL6010 AGC电路—测试配置

验证 RF 走线质量和电路 S 参数

PCB在Cadence Allegro中设计。所有CAD设计文件均随本电路笔记一同提供。为实现高达40 GHz的50 Ω走线质量，我们提取了Allegro设计文件，然后在ADS中仿真。

S参数S11、S22、S21和S12如图19所示。正如数据所示，即使进行事先设计和仿真，23 GHz至28 GHz区域中的回波损耗也比最优值小。30 GHz至40 GHz范围中的性能要好得多。

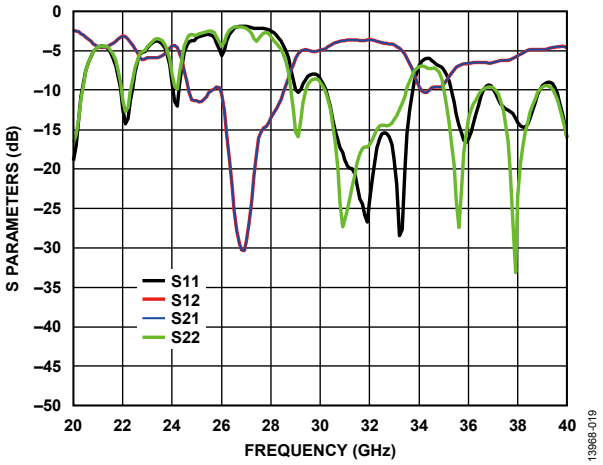

图19. AGC PCB—测试走线S参数

图20显示了PCB上有源电路的双端口S参数（RF输入、RF输出）。从20 GHz到40 GHz，增益性能(S21)有滚降。增益性能中还有零点，这与测试走线中显示的回波损耗问题是一致的。

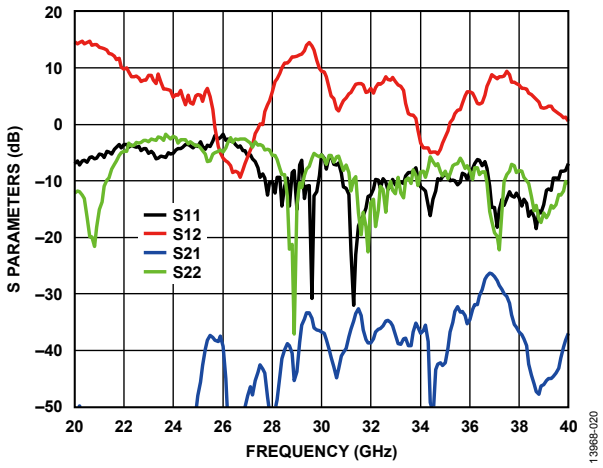

图20. AGC PCB—有源电路S参数

更多资料

CN-0390设计支持包：
www.analog.com/cn/CN0390-DesignSupport

Ardizzoni, John。*高速印刷电路板布局实用指南*。《模拟对话》39-09，2005年9月。

电路笔记CN-0366。*–30 dBm至+15 dBm范围的40 GHz微波功率计*。ADI公司。

电路笔记CN-0387，*免校准回波损耗测量系统*，ADI公司。

数据手册和评估板

CN-0390电路评估板(EVAL-CN0390-EB1Z)

ADL6010数据手册

ADA4077-1数据手册

HMC985A数据手册

HMC635数据手册

修订历史

2016年12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.

©2016 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN13968sc-0-12/16(0)