

RF检波器的低频工作特性

作者: Matthew Pilotte

简介

在ADI公司的产品系列中,有许多RF检波器可在最高达8.0 GHz的各种频率范围内工作。其中大部分器件也可在最低至音频频带的频率上表现极佳,但这些器件的数据手册只列出了较高频率时的性能和保证的工作特性。本应用笔记总结了这些器件的低输入频率性能,并且提供了性能曲线图。

本应用笔记讨论了下述器件的低频性能: AD8302、AD8306、AD8307、AD8309、AD8310、AD8361和AD8362。(未包括AD8314,因为它的输入端有一个串联电容,这使它不能用于低频应用。)采取适当的防范措施,其中一些器件可以在输入端进行直流耦合。可处理的最低工作频率主要是由外部电路决定。

这些器件可以分为四大类:解调对数放大器、指数对数放大器、采用解调对数放大器的特殊用途电路以及均方根-直流转换器。表I显示了各器件所属的类别。

表I

产品型号	类别
AD8302	特殊用途
AD8306	解调对数放大器
AD8307	解调对数放大器
AD8309	解调对数放大器
AD8310	解调对数放大器
AD8361	RF均方根-直流转换器
AD8362	指数对数放大器

对于这些类别的器件,了解各个基本性能参数是很重要的。在各器件的数据手册中,有一部分是对器件工作原理的全面说明,它比本文所述更为详细。

解调对数放大器

ADI公司的解调对数放大器产生与输入信号振幅的常用对数成正比的输出,这一响应称为“线性dB”。所产生的传递函数与输入信号振幅(用dB表示)的关系图为一 条直线。在ADI公司的数据手册中,这条直线用其斜率和X轴截距来

描述。这些对数放大器非常灵敏,对对数放大器输入部分中不可避免会产生的微小噪声量的响应,与对极小输入信号的响应在检波器输出端将难以区分。因此,当输入信号的幅度变为0 V时,检测到的输出电压通常并不会变为0 V,而是达到一个下限值,该值通常是在离电源下轨300 mV的范围内。本文讨论的X轴截距是一个外推点,如果传递函数能够外推,它将在该点与水平轴相交,如图1所示。

传递函数的斜率就是检测到的输出电压的变化与输入信号振幅的变化(用dB表示)的比值。对于对数放大器,斜率用mV/dB表示。

这两个值均是通过实际检测到的输出电压与输入信号电平的关系曲线的中央最线性的部分执行线性回归运算而确定的。然后,将在各输入电平上实际测得的电压与线性回归运算所预测的电压相比较,以确定器件的法则一致性。理想对数放大器与输入信号电平的法则一致性为0 dB。在实践中,ADI公司对数放大器的动态范围通常定义为法则一致性上下限为±1 dB所对应的范围。

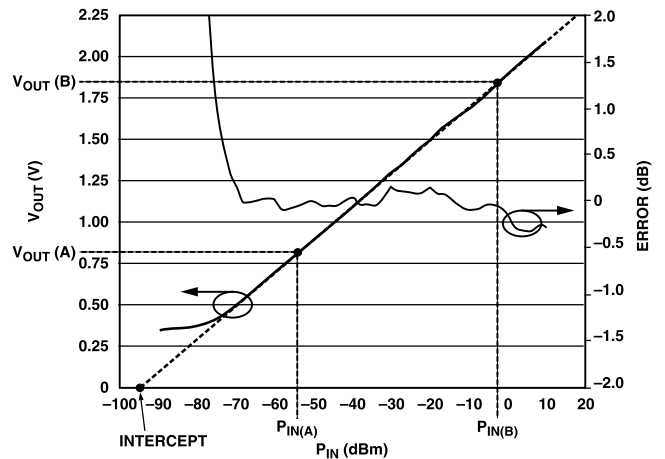


图1. 对数放大器的基本传递函数

AD8306和AD8309还提供差分输出，它是输入信号的限幅形式。

RF均方根-直流转换器

AD8361 TruPwr™检波器对其输入信号电压执行模拟均方根运算，从而产生与其输入端的均方根(RMS)电压成正比的输出电压。该器件的传递函数是以V为线性，其斜率受到严格控制。AD8361能以三种模式工作：接地基准电压(GRM)、内部基准电压(IRM)或电源基准电压(SRM)。这些模式产生的斜率均相同，但Y轴截距则不同。对于GRM，标称Y轴截距为0 V；IRM为400 mV；SRM为670 mV(采用5 V电源)。AD8361法则一致性的确定方法与解调对数放大器相同。

指数对数放大器

AD8362 TruPwr检波器是一款指数对数放大器，与解调对数放大器和AD8361均方根-直流转换器有很多共同之处。AD8362的传递函数为dB线性，这点与解调对数放大器相同。其检测到的输出电压是通过对输入信号电压求均方根值而确定的，因此所产生的输出电压与输入信号的均方根值成正比，这点与AD8361相同。AD8362的斜率、截距和法则一致性的确定方法均与解调对数放大器相同。

特殊用途

AD8302增益与相位检波器是一种专门用来确定两个输入信号的相对振幅与相位的器件。它含有两个匹配的解调对数放大器，每个放大器均有两路输出：检测到的输出和限幅器输出。通道A检测到的输出与通道B检测到的输出相减，所得到的信号经过处理和缓冲，产生与两个输入信号幅度(即增益)之比成正比的输出电压，其传递函数为dB线性。各对数放大器的限幅器输出端与一个数字相位检波器内部相连，该数字相位检波器的输出同样要经过处理和缓冲，以产生一个电压，它以度为线性表示两个输入信号的相对相位。

AD8306

AD8306是一款完整中频限幅放大器，可以在100 dB动态范围内对输入信号进行精确对数测量(RSSI功能)，并提供可编程限幅器输出，工作频率范围为5 MHz至400 MHz。

图2显示了AD8306的基本连接。对于最低至10 MHz的频率，检波器的传递函数和法则一致性误差如图3和图4所示。表II、图5和图6显示了AD8306在低频时的性能。

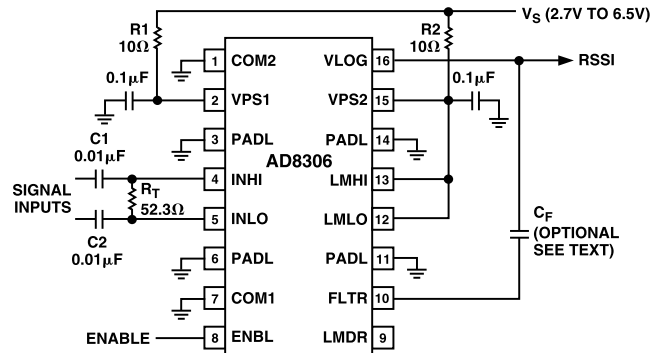


图2. AD8306基本连接(工作频率范围为5 MHz至400 MHz)

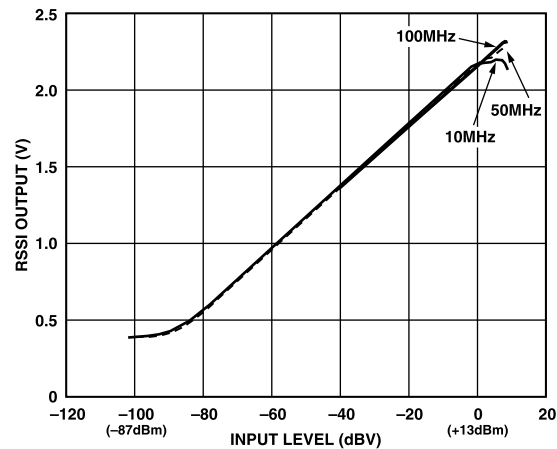


图3. AD8306对数斜率

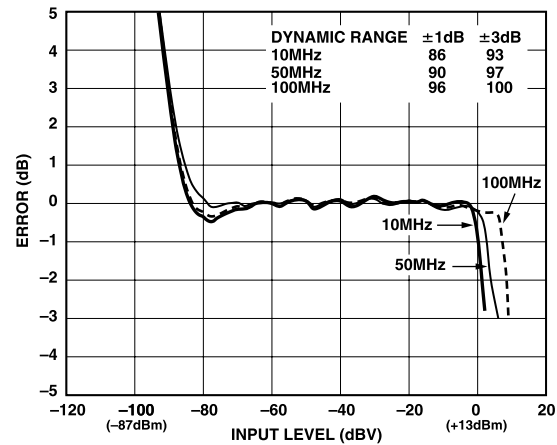


图4. AD8306法则一致性

表II. AD8306低频性能数据

	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.021	0.020	0.021	0.020
截距(dBm)	-80.361924	-92.2991	-92.0141	-94.8569

用于极低频率测试的Stanford DS345函数信号发生器有局限性，在5 kHz以下时禁止应用-35 dBm以下的输入功率水平。在5 kHz以上时使用Rohde & Schwarz SMT03信号发生器。

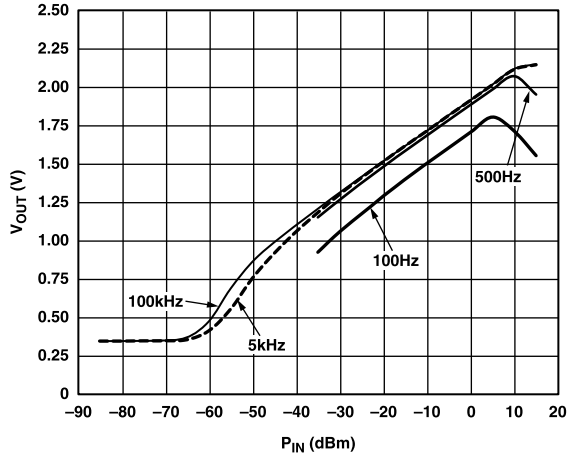


图5. AD8306检波器的低频传递函数

尽管测试设备有局限性，但仍然可以获得关于AD8306处理低频信号的能力的详细数据。为此，需要对该器件的外部电路做一些改进。

AD8306能够检测的最低频率是由输入引脚INHI和INLO上的匹配网络的高通转折频率决定的。描述这种关系的公式为：

$$f_{MIN} = \frac{1}{2\pi \times R \times C_C}$$

其中：

$CC = C1 = C2$ (参见图2)。

评估板的标准配置为 $R = 52.3 \Omega$ 、 $CC = 0.01 \mu\text{F}$ ，因而高通转折频率为304 kHz。将CC增大到10 μF 可使转折频率降为304 Hz。

图5显示了AD8306在低频时的对数斜率。额定斜率和截距分别为20 mV/dB和-95 dBm。如表II和图5中的数据所示，在最低至500 Hz的频率时，AD8306的性能非常接近数据手册中的额定值。在500 Hz以下频率时，该器件的截距开始发生显著变化，但斜率仍然保持一致。在有限动态范围内，法则一致性(参见图6)同样保持在 ± 1 dB额定值以内。

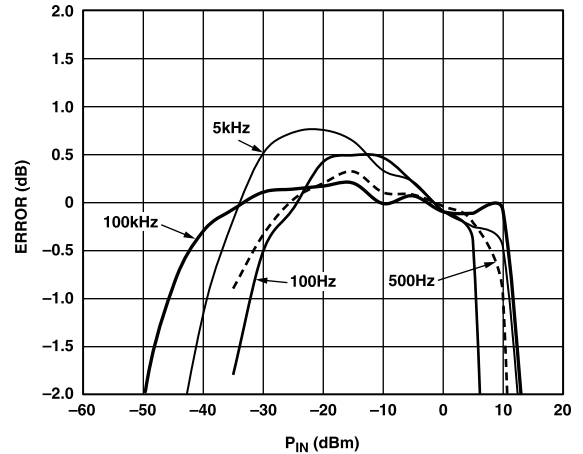


图6. AD8306检波器的低频法则一致性

AD8307

AD8307是一款基于渐进压缩技术的500 MHz完整单芯片解调对数放大器，在最高为100 MHz的频率范围内的所有频率均可提供92 dB(± 3 dB法则一致性和88 dB(± 1 dB紧误差界限)的动态范围。该器件极其稳定且易于使用，基本不需要外部元件。它采用2.7 V至5.5 V、7.5 mA单电源供电，在3 V时的功耗仅为22.5 mW。通过快速工作的CMOS兼容控制引脚可以禁用AD8307，使它进入待机状态，待机功耗低于150 μA 。

图7、图8和图9显示了使用该对数放大器的基本连接，以及在数据手册所规定的动态范围内的各种频率时的典型对数斜率和法则一致性。

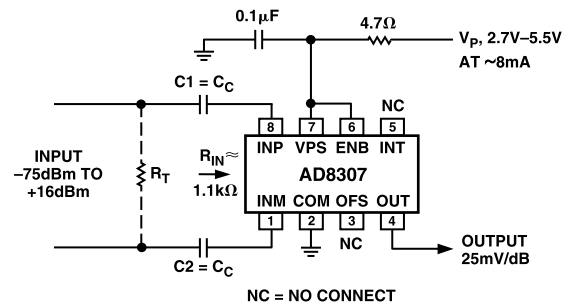


图7. AD8307基本连接

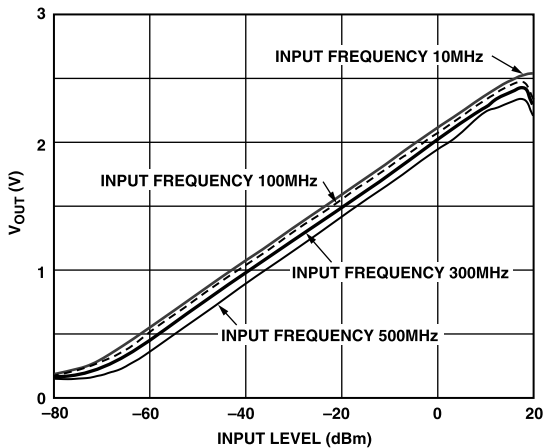


图8. AD8307对数传递函数

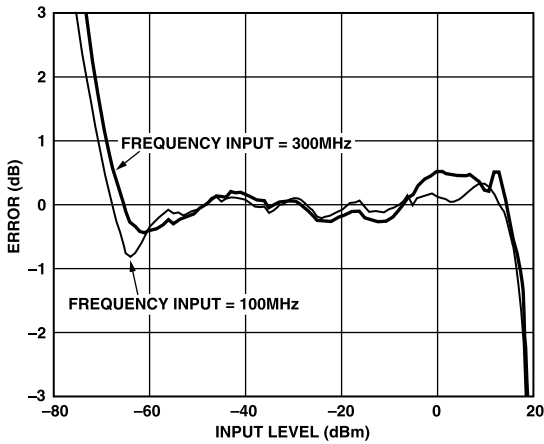


图9. AD8307法则一致性误差

表III. AD8307低频性能(CC = 0.1 μF)

P _{IN} (dBm)	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.025	0.025337	0.025	0.025
截距(dBm)	-38.94674	-52.01522	-71.88571	-88.34169

表IV. AD8307低频性能(CC = 10 μF)

P _{IN} (dBm)	20 Hz	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.025	0.025	0.0246	0.025	0.025
截距(dBm)	-65.42	-79.293	-88.937	-89.673	-89.2263

表V. AD8307低频性能(CC = 100 μF)

P _{IN} (dBm)	20 Hz	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.025	0.025	0.0247	0.025	0.025
截距(dBm)	-84.55	-89.9	-90.18	-90.034	-89.7626

与AD8306一样，INHI和INLO引脚上的输入耦合电容CC决定高通转折频率。增大这些电容的值将影响AD8307在低频时的性能。但是，需要做的改进不止是这些。

ADI公司的所有渐进压缩对数放大器均内置一个内部失调电压补偿环路，用来抵消各固定增益级之间的直流失调电压。在AD8307中，失调电压反馈限制在±1.5mV范围内。超出此范围的信号将使失调电压控制环路无效，从而影响输入信号极小时的性能。在OFS引脚与地之间连接一个外部电容可将该失调电压环路的高通转折频率降至任意低频率；当该电容为1μF时，转折频率低于10 Hz。V_{OUT}引脚上也有一个1μF电容，用来使直流输出电压更平稳。低频操作不需要此电容(参见图10)。

图11至图16显示了改变CC时对检波器传递函数和法则一致性的影响。

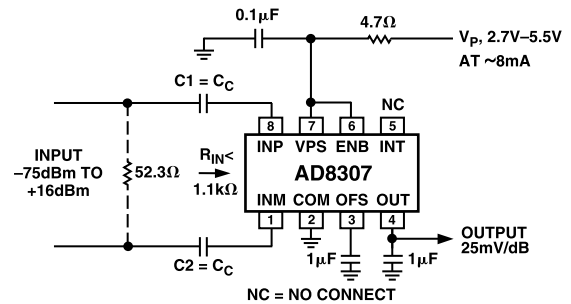


图9. AD8307法则一致性误差

图11至图16显示AD8307在低输入频率时表现出极佳的性能。当输入耦合电容大于10μF时，在最低至kHz频率时可以实现55 dB至60 dB、误差为±1 dB的动态范围。大于100μF的电容可进一步降低高通转折频率，从而在数百Hz频率上工作，动态范围接近70 dB。当输入信号高于5 kHz、输入耦合电容大于10 μF时，AD8307的斜率和截距符合数据手册中的额定值，同时测量精度完全在±1 dB范围内。

必须注意，由于信号发生器的局限性，无法对极低频率、功率水平低于-35 dBm的情况进行测量。使用上文所示的原理图及数据手册中的原理图，可知AD8307能响应低至DC的输入信号。

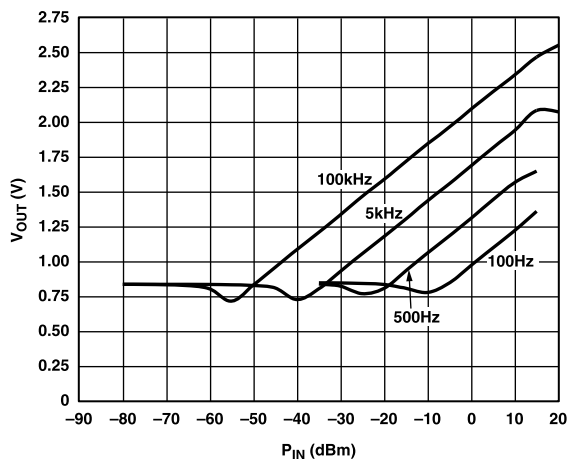


图11. AD8307传递函数($C_C = 0.1 \mu\text{F}$)

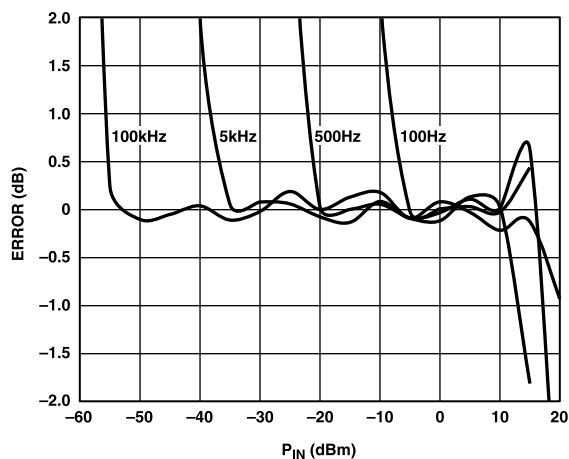


图14. AD8307对数一致性误差($C_C = 0.1 \mu\text{F}$)

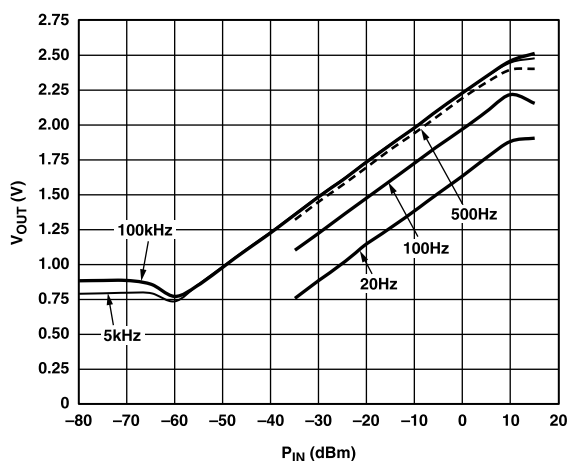


图12. AD8307传递函数($C_C = 10 \mu\text{F}$)

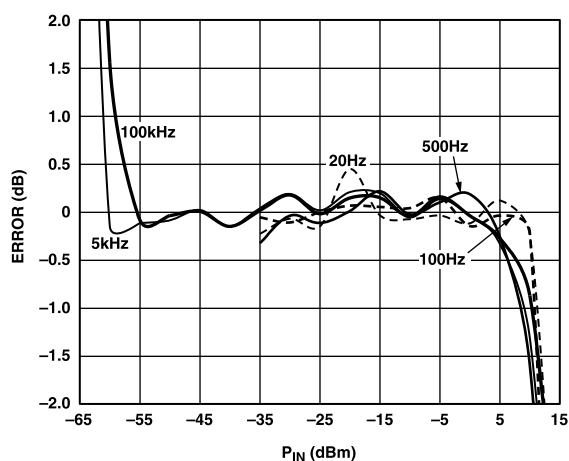


图15. AD8307对数一致性误差($C_C = 10 \mu\text{F}$)

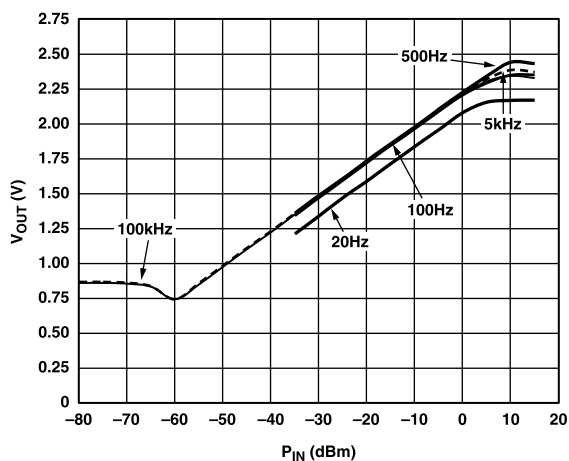


图13. AD8307传递函数($C_C = 100 \mu\text{F}$)

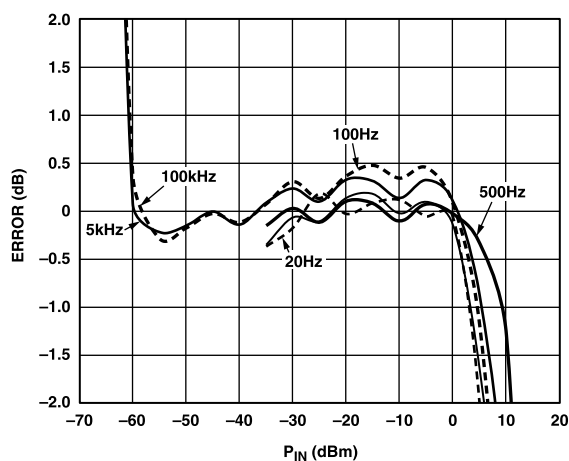


图16. AD8307对数一致性误差($C_C = 100 \mu\text{F}$)

AD8309

AD8309是一款基于渐进压缩(逐次检波)技术的500 MHz对数放大器,适用于蜂窝基站、雷达及其它无线电收发器应用中的接收信号强度指示(RSSI)与相位检测。该器件提供100 dB动态范围,在中间80 dB范围的精度为 ± 0.4 dB,工作频率最高可达500 MHz。对数输出与输入信号的对数成正比,可在100 dB输入范围内提供0.4 V至2.5 V直流信号。限幅器输出可将输入信号放大100 dB,并提供稳定的限幅输出,最大相位偏差为 ± 100 ps。这一限幅器输出对于解调FSK和PSK调制信号很有用。AD8309采用2.7 V至5.5 V单直流电源供电,典型功耗为20 mA。

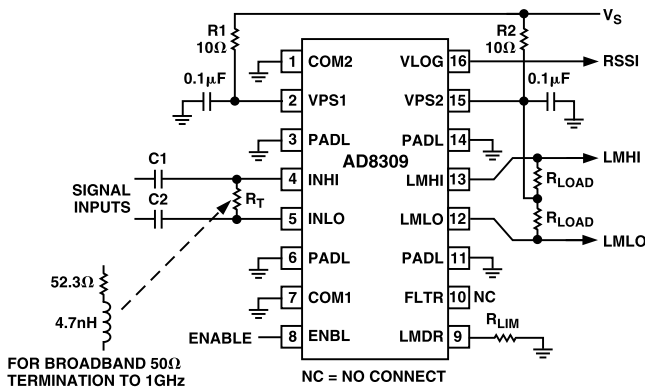


图17. AD8309基本连接

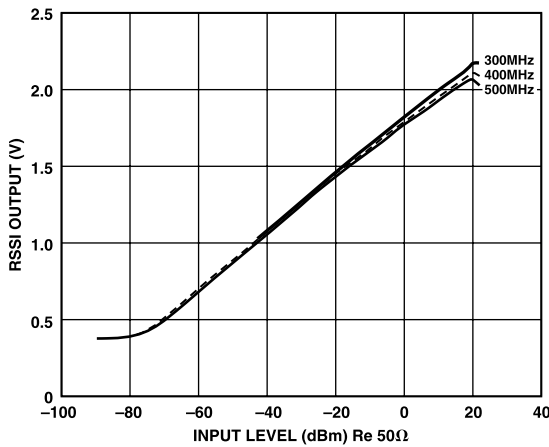


图18. AD8309对数斜率

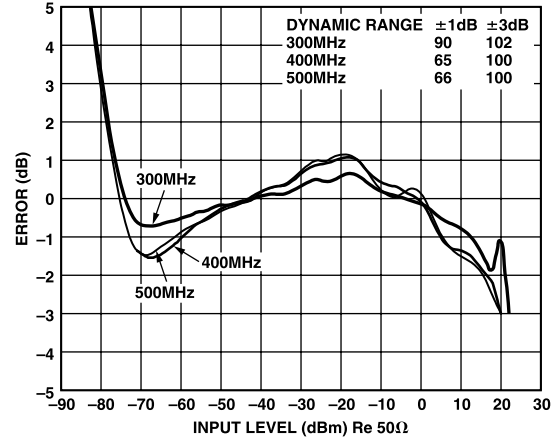


图19. AD8309法则一致性

AD8309的低频性能与AD8306非常相似,唯一区别在于AD8306经过激光调整,其斜率和截距的不一致性较小。

在最低至500 Hz的频率时,AD8309的斜率和截距符合数据手册中的额定值。当输入耦合电容为10 μF时,该器件也表现出 ± 1 dB的法则一致性,动态范围约为60 dB。将这些电容的值增大至100 μF时,有效测量范围扩大10 dB至15 dB。表VI和图20、图21显示了这些特性,详细信息请参考关于AD8306的部分。

表VI. AD8309低频性能(CC = 10 μF)

P_{IN} (dBm)	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.021	0.020	0.021	0.020
截距(dBm)	-79.5967773	-91.25803	-91.09921	-93.77405

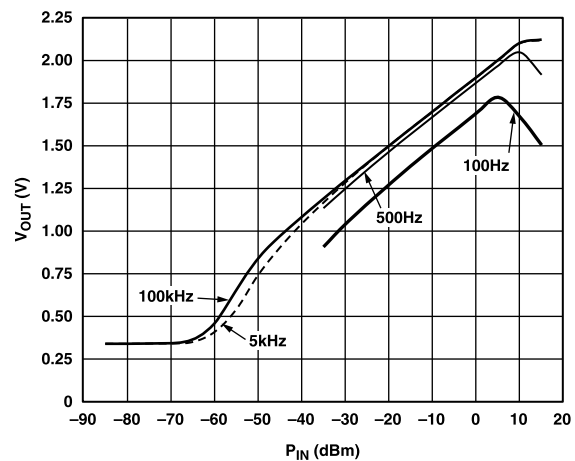


图20. AD8309的低频传递函数

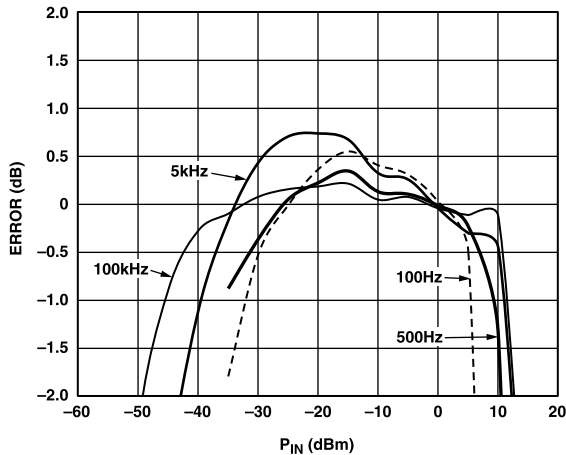


图21. AD8309的低频法则一致性

AD8310

AD8310是一款超快响应、功能多样的对数放大器，采用8引脚MSOP封装。它是一款基于渐进压缩技术的400 MHz完整单芯片解调对数放大器，在最高为300 MHz的频率时可提供95 dB(± 3 dB对数一致性)和90 dB(± 1 dB误差界限)的动态范围。该器件极其稳定且易于使用，基本不需要外部元件。它采用2.7 V至5.5 V单电源供电，在2.7 V时的功耗仅为20 mW。AD8310是要求严苛的中频信号测量应用的理想选择。它具有极快的响应时间(15 ns)，可以检测10 MHz以上的ASK调制波形。其它应用包括RSSI、发射功率控制和突发脉冲检测。

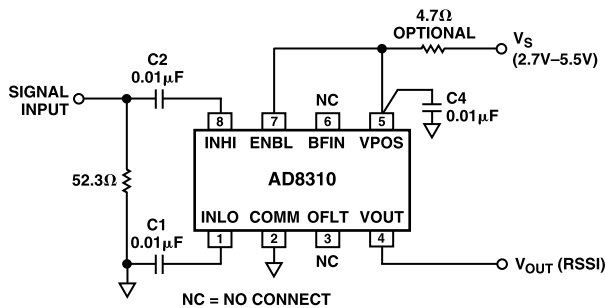


图22. AD8310基本连接

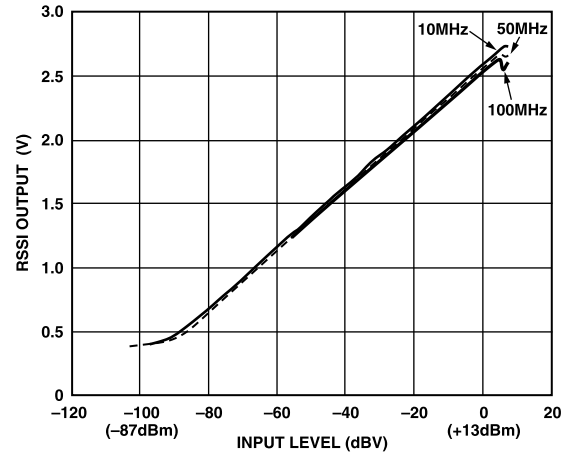


图23. AD8310对数斜率

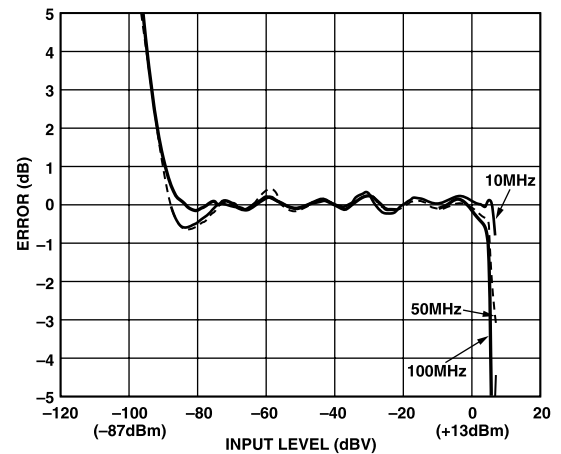


图24. AD8310法则一致性

表VII. AD8310低频性能数据

P_{IN} (dBm)	20 Hz	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.0249	0.02474	0.025	0.02481	0.02494
截距(dBm)	-86.376	-92.0169	-91.517	-92.277	-91.769

AD8310在低频时表现极佳。与其它渐进压缩对数放大器一样，需要增大输入耦合电容以降低INHI和INLO上的高通转折频率。对于低频应用，此值应为10 μ F。

与AD8307相同，必须调整AD8310的失调电压补偿环路。无外部补偿时，该环路的转折频率为2 MHz。将1 μ F电容与OFLT引脚相连可降低低通转折频率，使其3 dB频率为60 Hz。

还有必要进行滤波以降低测量噪声。在BFIN引脚上连接一个2.7 nF电容可降低输出级的带宽，并提高输出对数电压的精度。图27显示了这些改进。

图25和图26显示了AD8310以低频工作时的对数斜率和精度。在最低至100 Hz的频率时，斜率和截距仍然在数据手

册中的额定值范围内。当输入信号降至100 Hz以下时，截距开始上移，但斜率仍然保持不变。

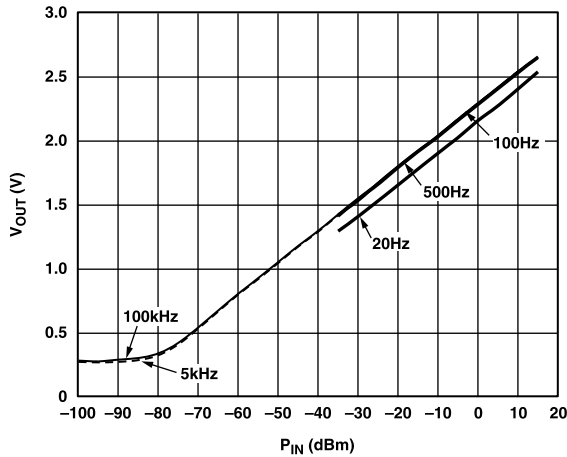


图25. AD8310的低频对数斜率

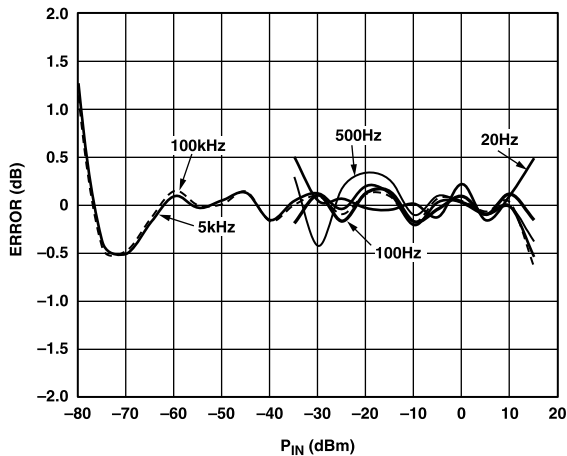


图26. AD8310的低频法则一致性

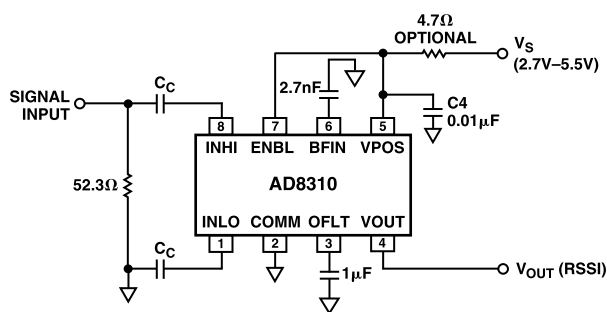


图27. AD8310针对低频工作的改进

AD8361

AD8361是一款TruPwr检波RFIC，首次以集成形式提供RF均方根(RMS)响应功率检波，能够将最高2.5 GHz的复合调制RF信号转换为代表该RF信号的均方根电平的直流电压。该

器件具有高线性和高温稳定性，适用于CDMA、QAM和其它复合调制方案的检波。动态范围为30 dB。在高14 dB动态范围内，其测量精度为0.25 dB；在高23 dB范围内为1 dB。该器件提供8引脚小型MSOP封装，采用2.7 V至5.5 V电源供电，功耗仅为1.1 mA。

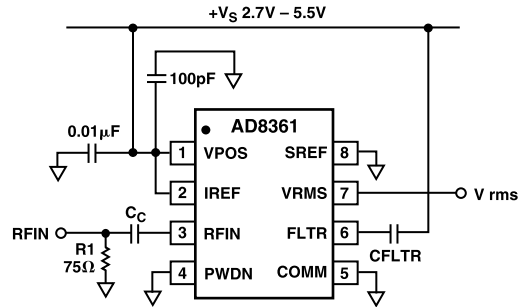


图28. AD8361基本连接

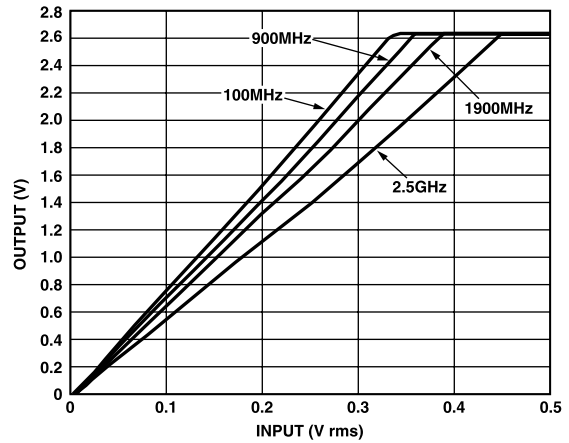


图29. AD8361斜率
(各种频率、GND基准电压模式、2.7 V电源)

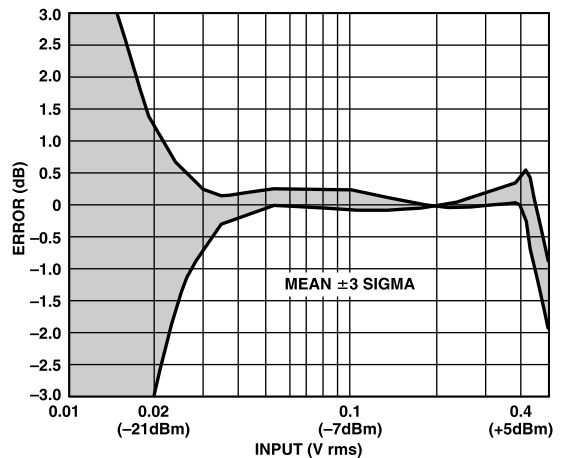


图30. AD8361误差
(900 MHz、GND基准电压模式、2.7 V电源)

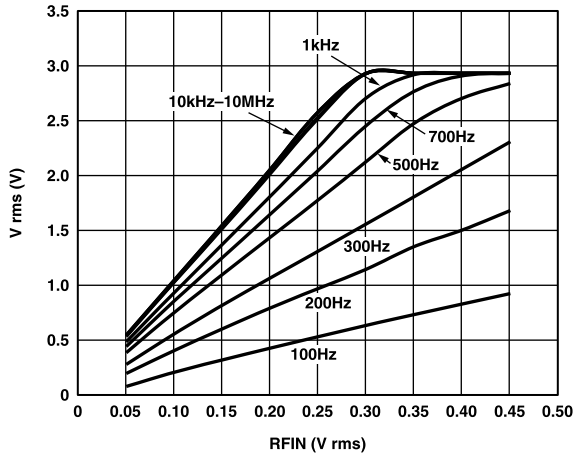


图31. AD8361传递函数($C_C = 1 \mu F$)

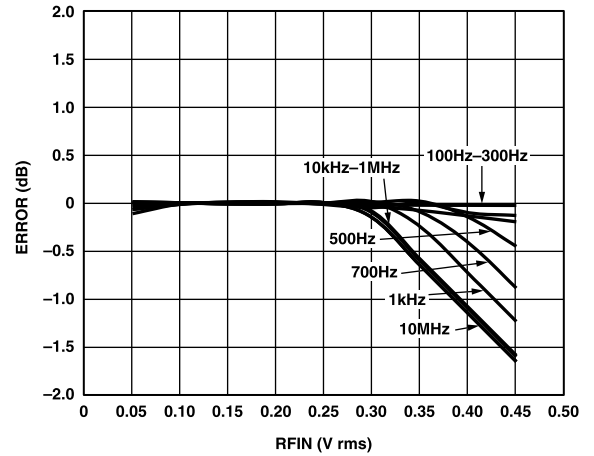


图34. AD8361法则一致性($C_C = 1 \mu F$)

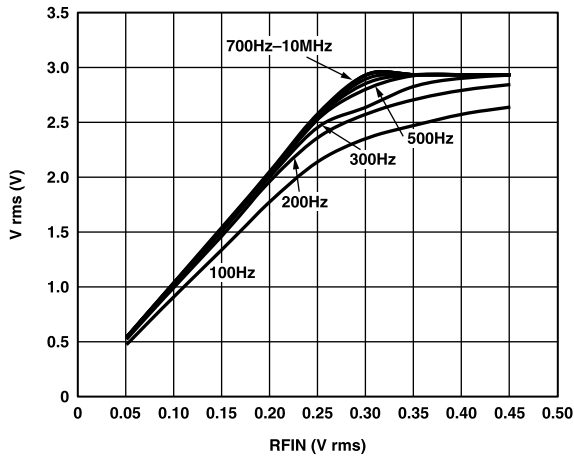


图32. AD8361传递函数($C_C = 10 \mu F$)

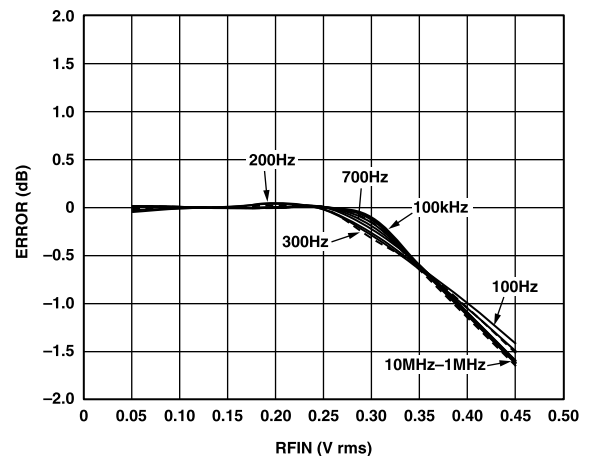


图35. AD8361法则一致性($C_C = 10 \mu F$)

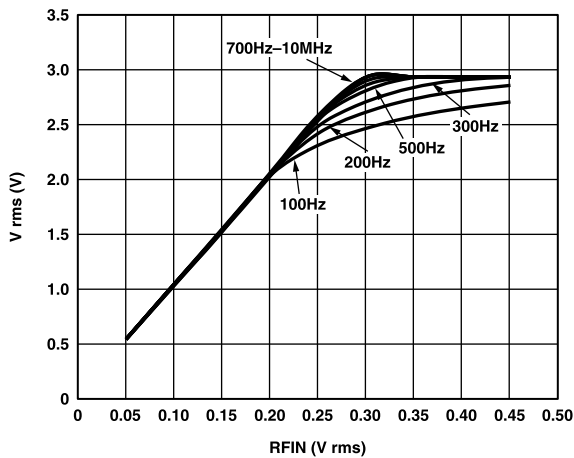


图33. AD8361传递函数($C_C = 100 \mu F$)

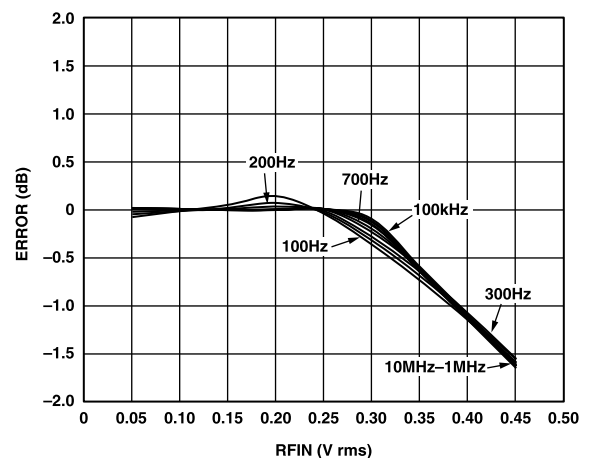


图36. AD8361法则一致性($C_C = 100 \mu F$)

表VIII. AD8361低频性能(CC = 1 μF)

P _{IN} (dBm)	频率									
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	500 Hz	700 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz
斜率(V/V)	2.076429	3.684286	4.990714	6.898857	7.766286	8.233714	10.032	9.974	10.242	10.242
截距(dBm)	-0.002328	-0.01208	-0.01261	-0.00858	-0.01139	-0.016	-0.00242	-0.00262	-0.00153	-0.00153

表IX. AD8361低频性能(CC = 10 μF)

P _{IN} (dBm)	频率									
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	500 Hz	700 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz
斜率(V/V)	8.64	9.67	9.86	9.98	10.01	10.03	10.01	10.04	10.07	10.13
截距(dBm)	-0.00601	-0.00309	-0.00371	-0.00356	-0.00357	-0.00356	-0.00363	-0.00252	-0.00341	-0.0032

表X. AD8361低频性能(CC = 100 μF)

P _{IN} (dBm)	频率									
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	500 Hz	700 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz
斜率(V/V)	10.06	10.10	10.07	10.06	10.06	10.05	10.01	9.95	10.06	10.13
截距(dBm)	-0.00206	-0.00259	-0.00322	-0.0034	-0.00344	-0.00362	-0.00373	-0.00366	-0.0036	-0.0032

AD8361有三种不同的基准电压工作模式。用来采集本应用笔记所用的数据的器件被设置为接地基准电压模式(GRM)。在这种模式下,无输入信号时,AD8361的输出理想值为0 V。每个器件均会表现出微小的失调电压,通常为数十毫伏。

与解调对数放大器非常相似,AD8361的输入位于一个高于地的偏置电位上,因此需要一个交流耦合电容。225 Ω输入阻抗与串联电容C_C共同构成一个高通滤波器,它决定该器件能测量的最低频率。这只是为使AD8361能测量低频信号而改进的电路的一部分。建议在FLTR引脚上连接一个外部电容,用来降低输出信号上的噪声,但这不是必需的。

表VIII、表IX和表X中的数据以及上文的图形反映了对输入电容C_C的依赖性。该滤波器的3 dB截止频率通过以下公式计算:

$$f_{3dB} = \frac{1}{2\pi \times C_C \times R_{IN}}$$

当滤波器电容为1 μF时,高通转折频率为700 Hz,这使得在最低至10 kHz的频率时,AD8361的性能与数据手册中的额定值一致。值得注意的是,该器件能响应低至100 Hz的信号。虽然斜率低得多,但截距仍然非常接近于0,而且可观察到响应仍然成线性。将C_C增大到10 μF可使高通转折频率降为70 Hz。这时,AD8361开始与700 Hz时的预期斜率和截距特性相符。当C_C为100 μF时,对于输入信号低于0.2 V

rms、100 Hz以上的频率,该器件的响应几乎没有区别。只有当输入信号电平较高时,响应才会受到影响。

尽管在CC较小时斜率响应较弱,但该器件的误差性能极佳。上文的图形显示此误差从未超过-2 dB。

AD8362

AD8362是新一代TruPwr检波器,用来在无线基础设施设备内提供60 dB的宽动态范围信号电平测量。该产品提供精确的线性dB输出响应,它是输入波形的等效均方根值,因此这种检波器非常适合测量具有较大峰值因数的复合调制波形。AD8362与调制方案无关,是采用WCDMA、QAM/QPSK或OFDM调制的高数据速率无线网络的理想之选。

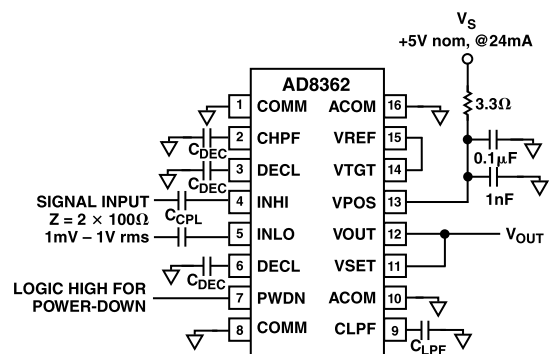


图37. AD8362测量模式的典型连接

表XI. AD8362斜率和误差数据($C_C = 0.1 \mu\text{F}$)

P_{IN} (dBm)	10 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.013	0.013
截距(dBm)	-49.9337406	-49.90699

表XII. AD8362斜率和误差数据($C_C = 10 \mu\text{F}$)

P_{IN} (dBm)	20 Hz	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.025	0.025	0.0246	0.025	0.025
截距(dBm)	-65.42	-79.293	-88.937	-89.673	-89.2263

表XIII. AD8362斜率和误差数据($C_C = 100 \mu\text{F}$)

P_{IN} (dBm)	20 Hz	100 Hz	500 Hz	5 kHz	100 kHz
斜率(V/dB)	0.025	0.025	0.0247	0.025	0.025
截距(dBm)	-84.55	-89.9	-90.18	-90.034	-89.7626

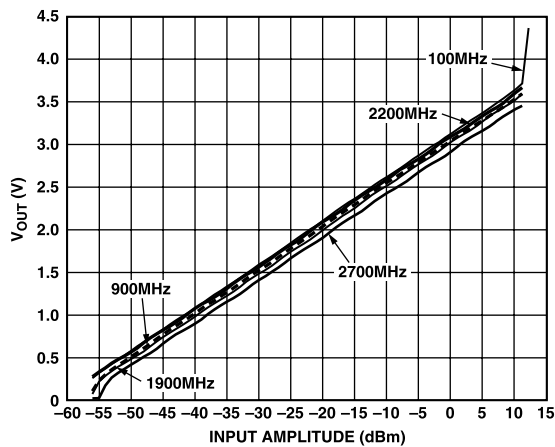


图38. AD8362在各种频率时的对数斜率

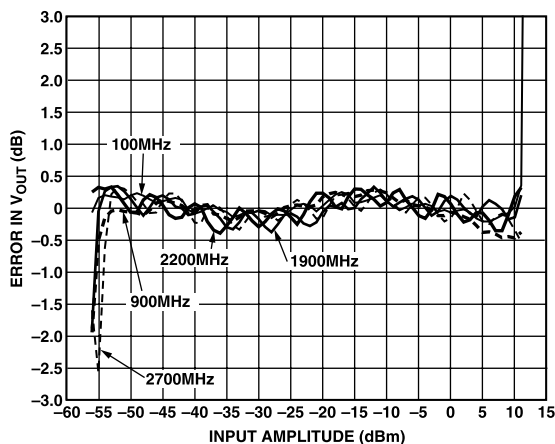


图39. AD8362在各种频率时的法则一致性

AD8362内置一个AGC环路。该环路的RF输入驱动一个VGA，后者含有一个可变衰减器，用来驱动一个固定增益放大器。该放大器的输出经过平方处理，平方后的信号由一个内部旁路电容进行积分；在大多数应用中，还会增加一个外部旁路电容以提高电容值。然后，这一经过平方、平均处理的信号与标称静态基准信号相比较。比较结果驱动输入VGA的衰减控制。这一电压与输入信号均方根电压的常用对数成正比，可在VOUT引脚上获得。

AD8362中VGA的带宽与其增益无关。由于该放大器是在内部进行直流耦合，因此该系统可以用作精密均方根电压表，提供不随温度而变化的dB标度输出，工作频率可以低至任意设定的低频，适合地震、音频或声纳仪器等应用。相比之下，大部分均方根-直流转换器仅在满量程输入时具有全部带宽，随着输入电平降低，带宽也降低。

AD8362的输入耦合电容应足够大，使得测量中应当包括的信号最低频率部分的衰减极小。例如，为在1.5 kHz时实现3 dB降幅，需要1 μF 的电容，因为各输入引脚上的输入电阻为100 Ω (200 Ω 差分电阻)， $1/(2\pi \times 1500 \times 100) = 1 \mu\text{F}$ 。此外，为降低VGA的高通转折频率，CHPF引脚与接地之间应当连接一个50 μF -Hz电容；如果要提供相似的1.5 kHz高通转折频率，则应使用33 nF电容。

应当适当选择加在均值单元输出上的外部低通均值电容CLPF，以对检测到的信号进行充分的滤波，并维持AGC环路的稳定性。最佳值取决于具体应用，指导值为900 μF -Hz。例如，5 μF 电容可为最低至180 Hz的频率提供充分的滤波。

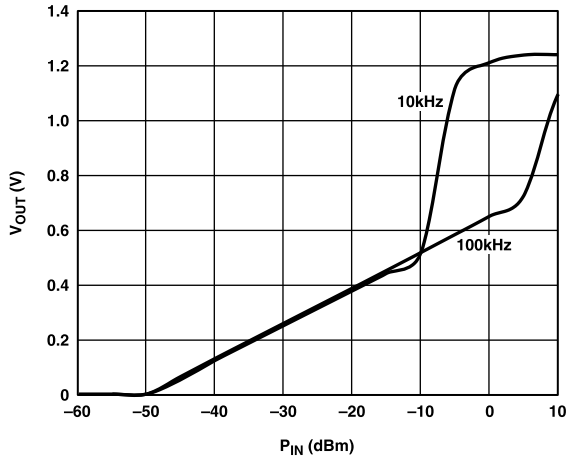


图40. AD8362传递函数($C_c = 0.1 \mu\text{F}$)

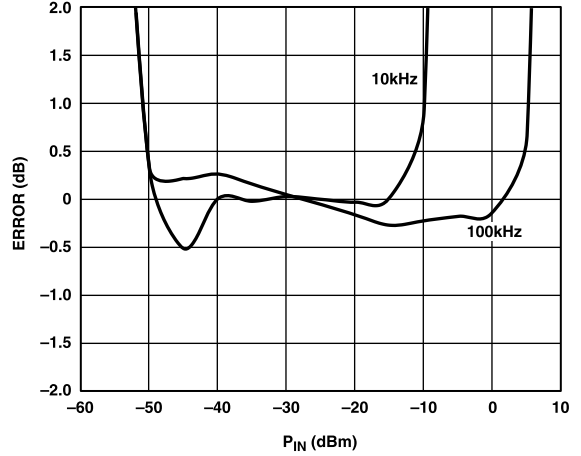


图43. AD8302法则一致性($C_c = 0.1 \mu\text{F}$)

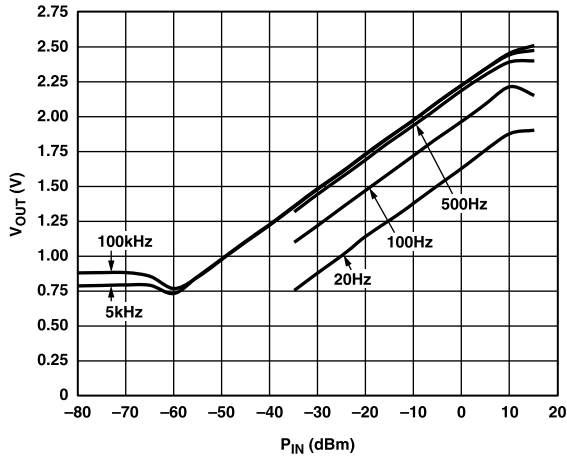


图41. AD8362传递函数($C_c = 10 \mu\text{F}$)

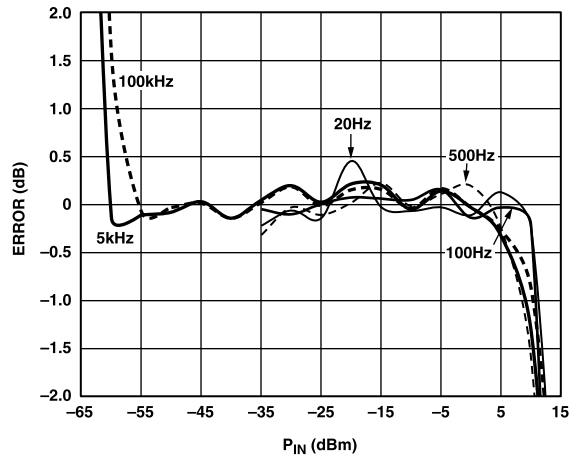


图44. AD8362法则一致性($C_c = 10 \mu\text{F}$)

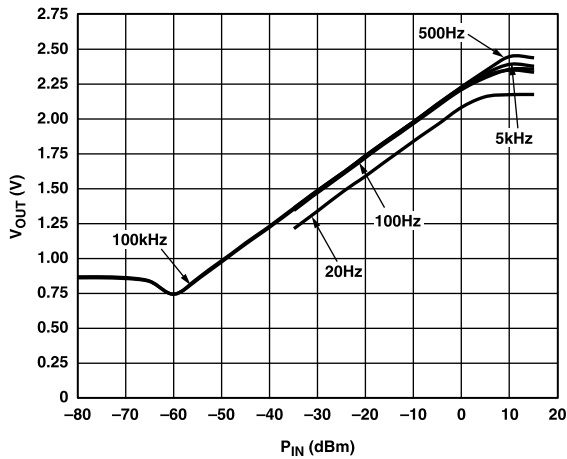


图42. AD8362传递函数($C_c = 100 \mu\text{F}$)

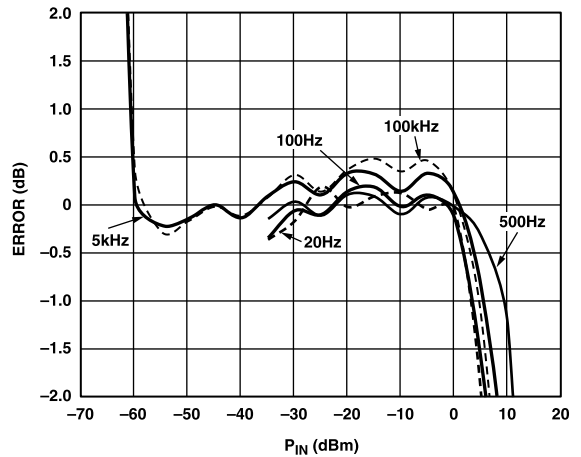


图45. AD8362法则一致性($C_c = 100 \mu\text{F}$)

AD8302

AD8302是一款完全集成的RF IC，用来测量两个独立输入信号的相对振幅和相位。在数据手册中，该器件的额定工作频率为常用蜂窝通信频段(900 MHz、1.8 GHz和2.2 GHz)，但它可以用于低频至最高2.7 GHz频率。AD8302集成了两个紧密匹配的宽带解调对数放大器、一个宽带数字相位检测器、一个1.8 V精密基准电压源和模拟输出调节电路。可施加的输入信号范围为-60 dBm至0 dBm (re: 50 Ω)，对应于60 dB动态范围。输出提供精确的振幅测量和相位测量：振幅测量范围为±30 dB，调整比例为30 mV/dB；相位测量范围为0°至180°，调整比例为10 mV/度。

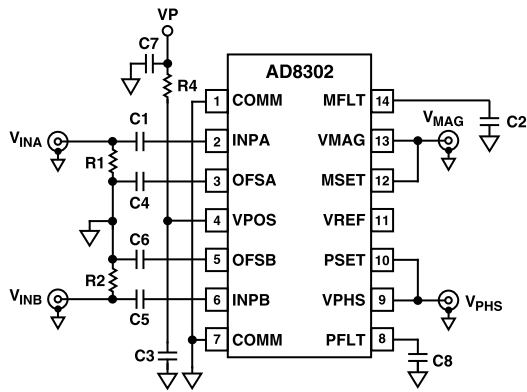


图46. AD8302基本连接

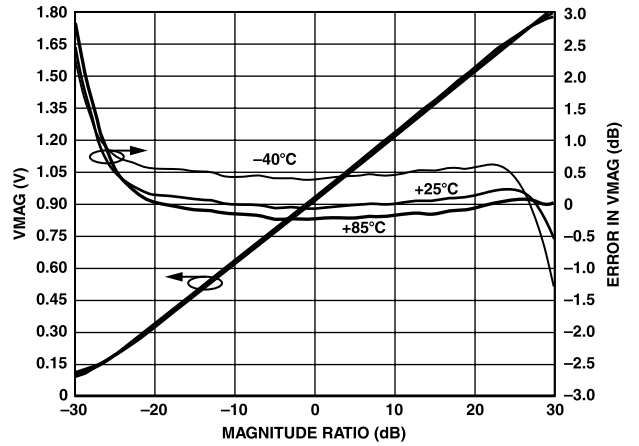


图47. AD8302对数斜率和误差(100 MHz)

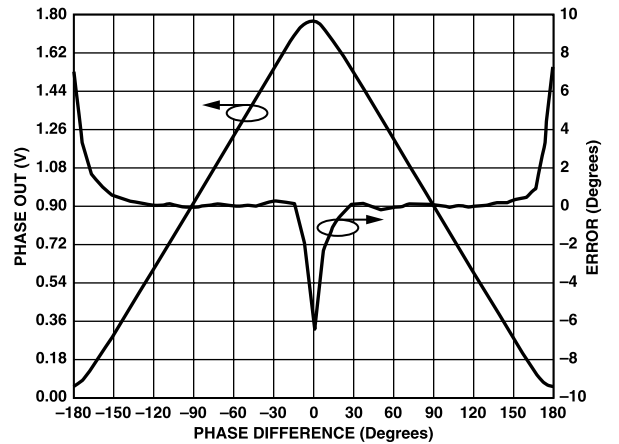


图48. AD8302相位输出和非线性

为使AD8302能在低频时工作，对输入电路所做的改进与单通道对数放大器所要求的改进相似。图49显示了低频工作所需的改进。

输入耦合电容 C_C 决定INPA和OFSA上的高通转折频率，第二对数通道(INPB和OFSB)中的情况与此相同。增大这些电容的值可提高AD8302在低频时的性能。

表XIV. AD8302增益 ($C_C = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{FLT} = 1\mu\text{F}$)

P_{IN} (dBm)	VMAG			
	20 Hz	100 Hz	500 Hz	1 kHz
斜率(V/dB)	0.03072	0.029585714	0.02964	0.029603333
截距(dBm)	-30.82379955	-31.51145534	-31.50641271	-31.5572116

表XV. AD8302相位 ($C_C = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{FLT} = 1\mu\text{F}$)

P_{IN} (dBm)	VPHS			
	20 Hz	100 Hz	500 Hz	1 kHz
P_{Slope}	0.011031515	0.011037576	0.011032121	0.011036813
N_{Slope}	-0.010994545	-0.011036813	-0.011024545	-0.01104
$PS_{Intercept}$	-171.4731041	-174.7615324	-169.96435	-174.3398531
$NS_{Intercept}$	177.664949	173.4617513	178.4263471	173.9210955

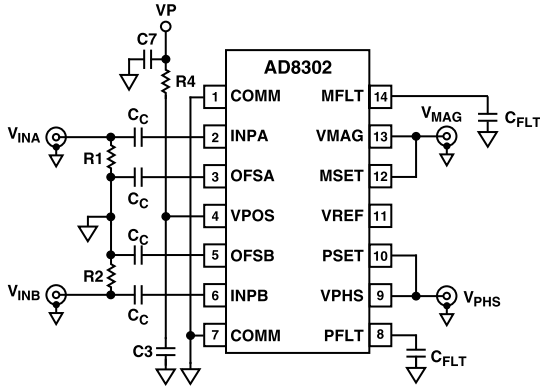


图49. AD8302低频工作的连接

MFLT和PFLT引脚上也使用了1µF电容，用来降低来自VMAG和VPHS引脚的直流输出电压中的纹波。只有当纹波大到无法接受时才需要这样处理。

图50至图57显示了各种Cc值对增益和相对相位测量的影响。测量数十Hz范围内的输入信号时，需要使用较大的电容值(≥10µF)。当使用10µF输入耦合电容并对各通道施加100 Hz输入信号时，在30 dB范围上实现了±0.5 dB的增益测量精度。在150°范围内，相位精度为±1°。

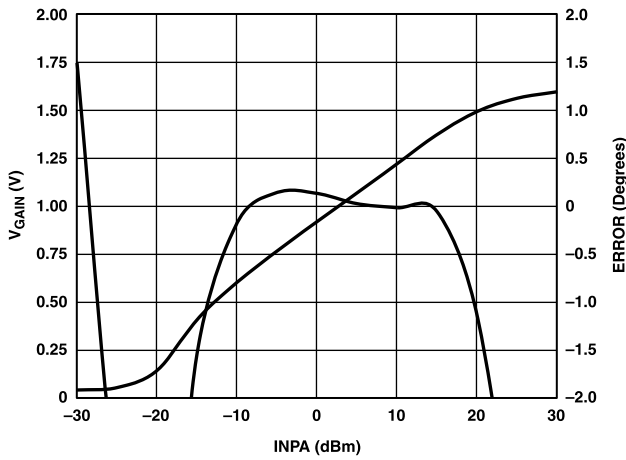


图50. AD8302增益输出和一致性(10 kHz, C_c = 1 µF)

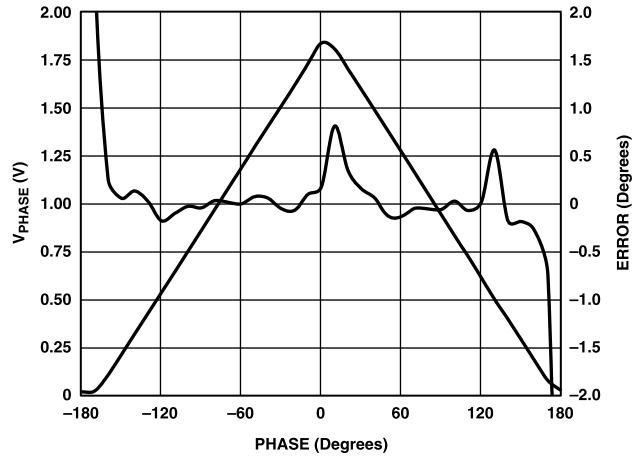


图52. AD8302相位输出和一致性(10 kHz, C_c = 1 µF)

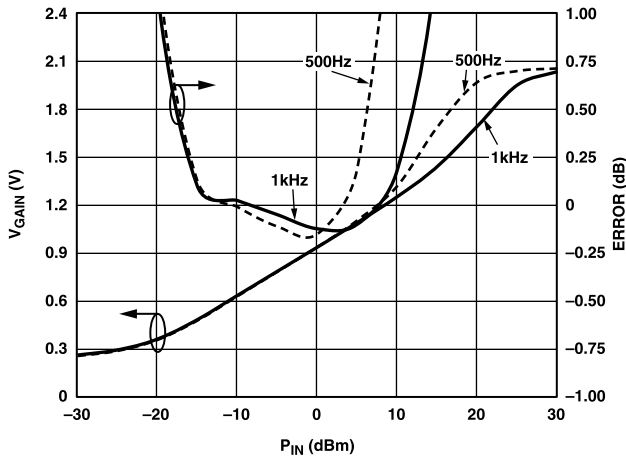


图51. AD8302增益输出和一致性(C_c = 4.7 µF)

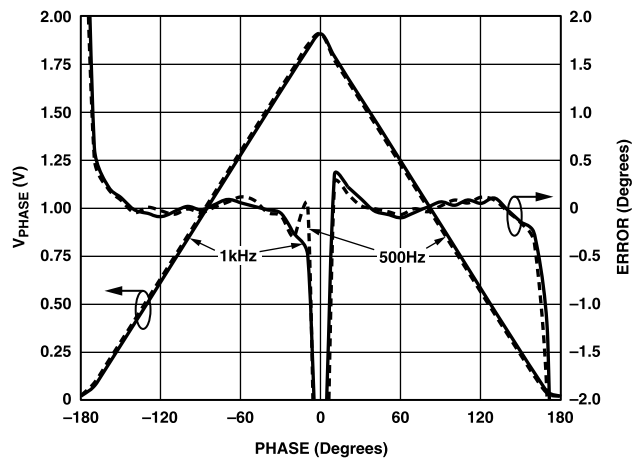
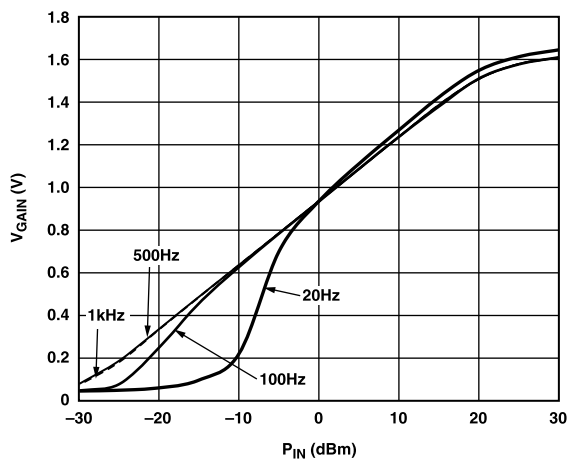
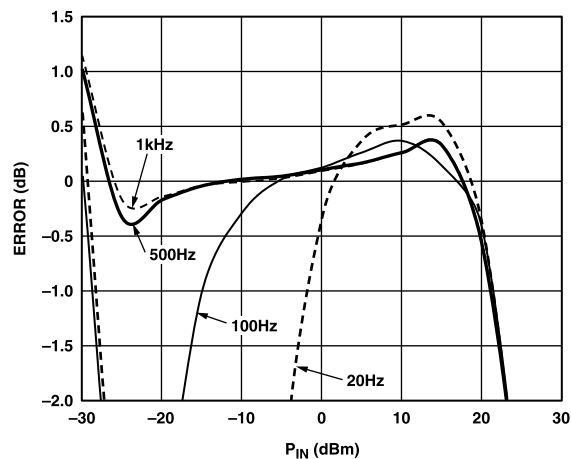
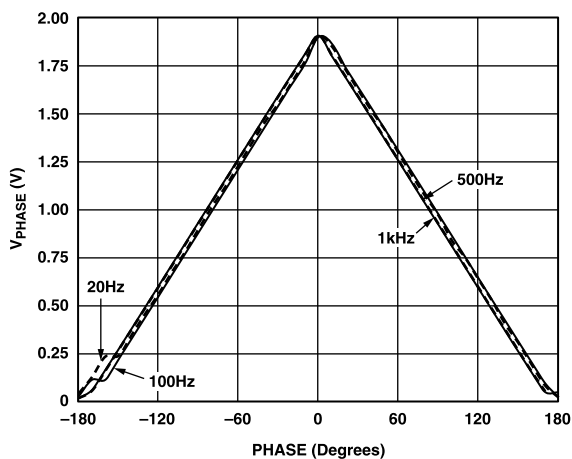
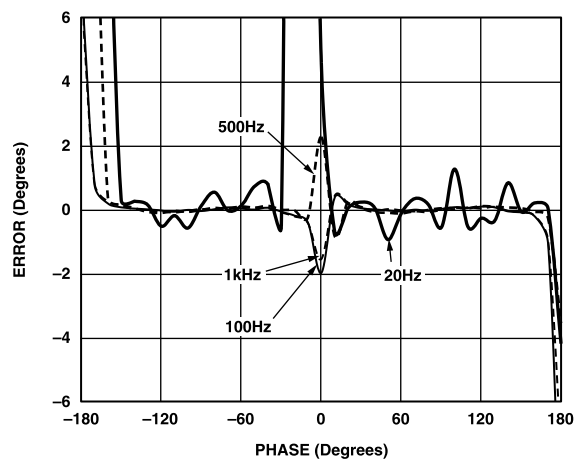


图53. AD8302相位输出和一致性(C_c = 4.7 µF)

图54. AD8302增益输出($C_C = 100 \mu\text{F}$)图56. AD8302增益一致性($C_C = 100 \mu\text{F}$)图55. AD8302相位输出($C_C = 100 \mu\text{F}$)图57. AD8302相位一致性($C_C = 100 \mu\text{F}$)

结论

ADI公司的高频解调对数放大器(AD8306、AD8307、AD8309和AD8310)、RF均方根-直流TruPwr检波器(AD8361)、指数AGC RF TruPwr检波器(AD8362)以及RF增益与相位检测器(AD8302), 不仅能在高输入信号频率时提供出色的性能, 在sub-RF输入信号频率时也能精确地工作, 某些情况下甚至能工作在音频频带的低端。

