

RF/IF 放大器使实现设计方案更容易并保证高性能

凌力尔特公司 Greg Fung

由于人们日益渴望通过智能手机、TV、GPS和Wi-Fi传送数据，所以通信基础设施的有限带宽几乎被填满了。为了满足这种渴望，通信设计师定义了各种系统，将越来越多的数据塞进有限的带宽中，不过数据传输速率的提高是有代价的：需要保真度越来越高的发送和接收信号链路。

至于放大器，要忠实地再现信号并不降低原始信号质量，就需要低噪声和高线性度。在信号功率较低时，不想要的噪声必须足够低，以允许想要传输的信号上升到噪声层之上。在信号电平较高时，线性放大器必须防止不想要的谐波和互调分量屏蔽想要传送的信号。LTC6431-15和LTC6430-15就实现了这两个目标。

LTC6431-15和LTC6430-15是两款固定增益放大器，具备非常高的OIP3(线性度)，有关噪声非常低。LTC6431-15是单端射频(RF)/中频(IF)增益构件，可直接驱动50Ω负载，而LTC6430-15是差分RF/IF增益构件，具备更高的功率和更宽的线性带宽。这些增益构件兼具最高性能和易用性，通过在内部处理偏置、阻抗匹

配、温度补偿和稳定性问题，消除了设计方案难以实现的问题。

针对低输入信号电平提供低NF

在低输入信号电平时，噪声限制了通信系统的灵敏度。通信系统的噪声特性由噪声指数(NF)来表示，由输入端的“信号噪声功率比”除以输出端的“信号噪声功率比”得出，单位为分贝。放大器的输入端总是存在噪声，而且噪声与想要传输的信号一起放大。NF表示放大器本身给信号增加了多少不想要的噪声。理想情况下，放大器的NF为0dB，但是任何

真实的放大器都会增加噪声，因此人们的目标是，最大限度地减少噪声损害。典型IF放大器具备3~12dB噪声指数。LTC6431-15和LTC6430-15在240MHz时均展现出3.3dB NF。

令人印象深刻的OIP3有效降低IM分量

线性度限制了在频率域隔离想要信号和不想要信号的能力。在输入信号电平较高时，想要的信号上升至远高于噪声层，因此噪声不是什么问题，但是放大器的线性度变得更加重要了。

如图1所示，如果将一个单音调注

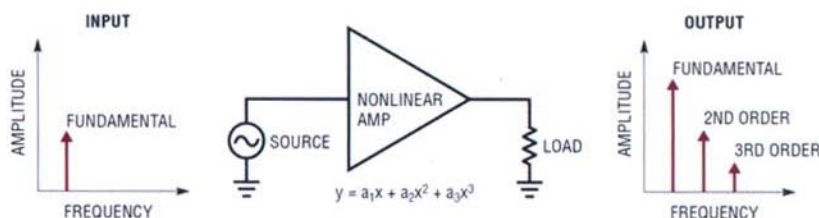


图1 非线性器件输入端的音调在输出端产生谐波

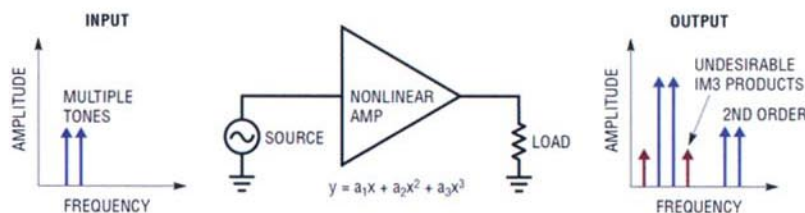


图2 非线性器件输入端的两个音调在输出端产生互调分量

入非线性放大器，那么结果得到的是想要的音调及其谐波。通常情况下，这些谐波信号可以滤除，因为在频率域它们与想要的音调离得足够远。如果将两个音调注入一个非线性放大器，那么结果得到的是，两个想要的音调以及由众多不想要的音调极其复杂地混合在一起，这包括两个音调的谐波、两个输入音调的和与差，以及其他互调分量（见图2）。

互调(IM3)分量($2f_1 - f_2$ 和 $2f_2 - f_1$)是这些不想要音调的一个子集，这个互调分量子集尤其麻烦。IM3分量可能非常靠近想要信号的频率，从而使这些分量几乎不可能滤除掉。

放大器线性度特性最常用三阶输出截取点(OIP3)来表示，这是一个假想点，在这个点上，IM3分量的功率与基频信号功率相交。LTC6431-15展现了非常小的IM3分量，因此其OIP3非常好。当阻塞(干扰)信号或相邻通道靠得非常近时，最大限度降低IM3分量尤其重要，因为IM3分量的增大速度是想要音调的三倍。在不使想要信号失真的情况下，这限制了放大器能够处理的可接受的输出功率，因此也就限制了输入功率。

噪声(用NF表示其特性)限制了放大器对小幅度输入信号的灵敏度，而线性度(用OIP3表示其特性)限制了放大器对大幅度输入信号的灵敏度。NF和OIP3这两种衡量标准合起来，定义了放大器对一个信号的可用动态范围。

高线性度解决最难的通信问题

LTC6431-15在240MHz时OIP3典型值为47dBm，基本上将IM3分量压到了噪声层中，这样，IM3分量就不能干扰想要信号了(见图3)。LTC6430-15也不甘示弱，在240MHz时其OIP3为50dBm。结合其3.3dB NF，这两款放大器都提供非常宽的动态范围，通过在高信号电平和低信号电平时保持高保真度，应对了高数据传输速率的挑战。

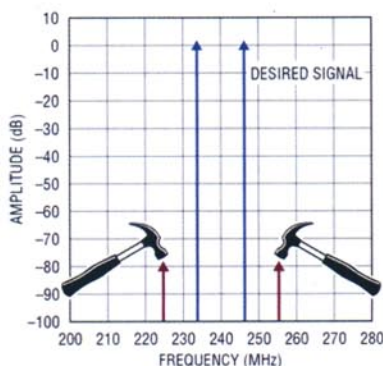


图3 LTC6431-15在240MHz时OIP3为47dBm

易于插入不同应用中

实现RF/IF增益级并不总是很容易。传统上，设计师必须首先考虑电路偏置。LTC6431-15拥有一个内部偏置电路，该电路仅需从单5V电源吸取90mA电流，而LTC6430-15仅从单5V电源吸取160mA电流。

该内部偏置电路优化了器件的最大线性度工作点。温度补偿电路在环境条件变化时保持性能不变，防止高温时电流流失。这些器件还有内部稳压器，以最大限度地减小电源缺陷导致的性能变化。

RF/IF放大器在输入端和输出端还必须是阻抗匹配的，以最大限度地增大所传输的功率和减小反射。传统上，这是一项耗时费力且需要反复进行多次的任务。一般情况下，设计师必须增加输入和输出网络，以使放大器阻抗与系统阻抗相匹配，通常是50Ω。这些匹配网络又会改变放大器的NF和OIP3，通常牺牲NF和OIP3性能以实现合理的阻抗匹配。

LTC6431-15和LTC6430-15放大器在20~1700MHz频带范围内，在内部匹配了输入和输出阻抗，从而简化了设计，同时保持NF和OIP3不变。单端LTC6431-15的输入和输出在内部匹配到50Ω，而LTC6430-15的输入和输出端在内部匹配到100Ω差分阻抗。这就允许这些器件非常容易地插入不同应用中，而无须额外增加匹配组件。

一类全新的 RF 放大器

尽管LTC6431-15和LTC6430-15不能像运放那样放大DC信号，但是它们能够放大高达2GHz的信号。运算放大器一般难以在高于200MHz时工作。

使用运算放大器时，一般需要增加反馈以设定增益。提高电压反馈运算放大器的增益会进一步减小工作带宽。另一方面，凌力尔特的RF型放大器提供15dB固定功率增益。RF解决方案缺乏增益调节通用性，但是可用带宽远远超过了可从运算放大器获得的带宽。

运算放大器用来驱动高阻抗负载，而LTC6430/LTC6431放大器可驱动50Ω负载，并在很宽的频率范围内(20~1700MHz)实时提供功率。与运算放大器不同，这种专注于RF的设计在输入和输出端不需要终端电阻，因为已经在内部实现了阻抗匹配。输入端的终端电阻增加噪声，输出端的终端电阻衰减提供给负载的功率。因此，这两款RF放大器解决方案提供了更好的总体噪声性能和线性度。LTC6430-15和LTC6431-15放大器为不需要DC耦合的AC信号应用提供了卓越的解决方案。

LTC6431-15单端50Ω放大器

单端LTC6431-15是多种应用的理想解决方案。该器件作为IF放大器使用时表现十分出色，克服了滤波器损耗问题，或者作为ADC驱动器与平衡-不平衡转换器一起使用时，表现也同样出色。凭借很宽的带宽，LTC6431-15可涵盖整个CATV频带。

图4所示是一个单端IF放大器，图5所示是LTC6431-15的评估板和在100~1700MHz的性能。

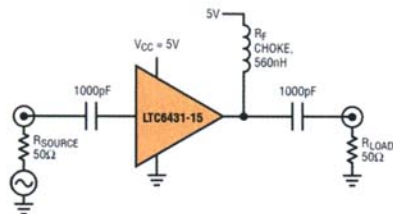


图4 单端IF放大器

LTC6430-15 差分应用

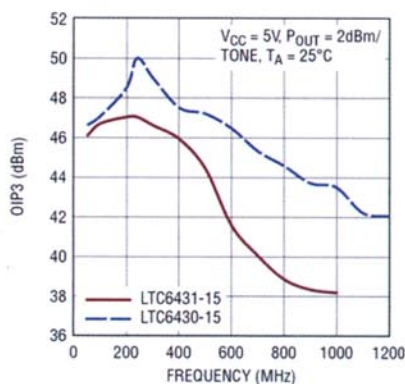
能够以差分方式配置LTC6430-



图5 100~1700MHz单端LTC6431-15评估板和性能

15的输入和输出使该器件能够适用于各种系统应用，在以下各例中，LTC6430-15的高线性度、低噪声和宽频带性能经受住了考验。

在以下第一个例子中，LTC6430-15的差分输出与ADC的差分输入很相配。LTC6430-15的输入/输出在内部匹配到100Ω差分阻抗。就驱动高速ADC而言，100Ω阻抗非常便利。接下来，在一个平衡配置中，运用2:1平衡-不平衡转换器，LTC6430-15以低失真提供宽带放大，驱动50Ω负载。最后，运用1.33:1平衡-不平衡转换器，LTC6430-15可匹配至75Ω系统，以跨整个CATV频带提供宽带放大。



ADC驱动器

LTC6430-15作为高速、高分辨率ADC驱动器使用时表现出色。这类应用的挑战是，驱动未缓冲ADC输入，使其达到所要求的输入电压值，同时保持ADC的信噪比(SNR)和无寄生效应动态范围(SFDR)不变。正如评估电路的性能测试结果所示，LTC6430-15能够在LTC2158(双通道、14位、310MSPS ADC)的整个输入带宽范围内驱动该ADC，而且SFDR和SNR受到的影响极小。

针对这一高速、高分辨率ADC，表1显示了SNR和SFDR的最小减额。LTC6430-15的高线性度和低噪声允

表1 ADC驱动器评估电路随频率变化所得结果总结

频率(MHz)	LTC6430/LTC2158组合电路			仅LTC2158 ADC		
	1M	SFDR	SNR	1M	SFDR	SNR
250	87	73.8	63.1	95	78	66.5
300	86	77.5	62.8	94	78	65.5
400	87	75.0	62.3	92	78	64.5
500	101	75.7	61.5	84	70	63.0
600	88	72.0	60.7	88	62.5	62.5
700	92	67.5	60.0	86	62.0	61.0
800	94	84.0	59.5	85	61.5	60.0
900	82	73.0	58.6	80	61.0	59.0
1000	85	61.4	58.1	83	60.5	58.0

许设计师在ADC输入端以最低的滤波要求驱动该ADC。所有测量值都是从单个应用电路得出的，未调整匹配网络。这突出显示了LTC6430-15的宽带宽和高线性度性能。

平衡放大器驱动50Ω负载

采用恰当配对的2:1平衡-不平衡转换器，LTC6430-15能够以低噪声和低失真提供宽带放大。在这种平衡配置中，放大器在输入端和输出端匹配至50Ω。这种平衡配置还具有抑制二阶失真的优势，这在多倍频程宽带应用中是至关重要的。

不幸的是，单个平衡-不平衡转换器不能涵盖LTC6430-15的整个工作频带。凌力尔特提供多种覆盖该放大器拟用带宽的评估电路。这些评估电路的输入和输出端已经转换到

50Ω，以减轻特性测试负担。这些评估电路也展现了LTC6430-15用于没有平衡-不平衡转换器的纯差分应用时的性能。

测试结果显示，针对感兴趣的频率，选择正确的平衡-不平衡转换器是很重要的。由于带宽受限，平衡-不平衡转换器限制了LTC6430-15的性能。总之，这三个平衡电路都显示，用LTC6430-15可获得高线性度和宽带宽。

CATV应用

CATV应用电路是本文中显示LTC6430-15通用性的最后一个例子。CATV给放大器带来了独特挑战。所需频带常常涵盖超过四倍频程，放大器必须拥有平坦的增益曲线，阻抗必须与75Ω环境匹配。多通道数目要求

卓越的三阶线性度，而且由于多倍频程环境，也必须抑制二阶分量。LTC6430-15运用一对1.33:1平衡-不平衡转换器，将内在100Ω差分阻抗转化为75Ω，可应对这些挑战。

考虑到其低噪声、低二阶和三阶失真以及平坦的增益曲线，这个电路可以满足CATV要求，同时仅从5V电源吸取800mW功率。

基于硅的工艺帮助实现更高的可再生性

LTC6431-15和LTC6430-15是采用高性能SiGe BiCMOS工艺制造的，相比之下，其他RF增益构件则是用GaAs晶体管制造的。与可比的GaAs工艺相比，运用基于硅的工艺可实现更高的可再生性。BiCMOS工艺还使凌力尔特能够在这些器件中集成失真消除、偏置控制和稳压器功能。 