

采用高动态范围中频接收器简化下一代微波点对点调制解调器的设计

Paul, Hendriks, 应用工程师, Analog Devices, Inc

微波点对点链路是无线移动网络的一个组成部分, 它提供了基站(BTS/Nodes)与无线控制器(BSC/RNCs)之间的回传能力, 这种架构采用光纤链接成本较高, 全球超过半数都采用这种微波链接。受市场向智能手机转移的趋势驱动, 近期移动网络流量的迅猛增涨, 如视频流等数据需求大大增强, 同时也对现有微波回传设备的容量造成了压力。为了使回传网络上的数据吞吐量适应LTE与LTE-Advanced的需求, 下一代微波链路需要:

- 朝着越来越高次的数字调制迈进, 从如今的QAM256到未来的QAM4096, 从而使一个固定信道分配的容量增加50%。
- 在传统频带6 GHz至42 GHz内, 支持从56 MHz提升至112 MHz的信道分配。如果载波信噪比(CNR)保持恒定, 则信道带宽每增加一倍, 数据吞吐率能力就会成比例增加。
- 采用如极化分集、信道集合, $N \times N$ 线的多路输入多路输出(MIMO)等技术。

通信系统设计的典型特征就是吞吐力的提升是需要付出一定代价的。要同时支持更高的QAM和信道带宽, 微波链路就必须具备更大的动态范围能力以确保所需的最小EVM性能, 特别是QAM大小或带宽每增加一倍会造成接收器灵敏度降低3dB。微波设备必须保持灵活性, 因此在支持所有

可能的工况时需要一些额外的考虑, 同时也要简化接收滤波器和AGC需求以提高性能降低成本。

另一个行业发展趋势是完全户外单元(ODU)的出现, 其中一体式无线电调制解调器、收发器、开关/多路复用单元和流量接口集成在一个独立的盒子中, 并安装在信号塔或其他类似的建筑上。新基站CAPEX/OPEX和现有基站的空间限制都推动这一趋势的发展。传统的分离式户内(IDU)/户外(ODU)系统将微波/射频部件放置在ODU中, 通过同轴电缆将其与设备房内(IDU)的另一部分系统连接。同轴电缆最高长度可达300米并进行双向通信, 通过一个双工器将中心频率140 MHz的接收器中频信号, 从频率中心分布在340 MHz-400 MHz的发送器中频信号中分离出来。

虽然这一趋势值得关注, 但无论是目前还是可预见的将来, 大多出货的微波设备仍然是既有的分离式IDU/ODU系统。这将有损于推动以设计再利用为目的的后端调制解调器结构, 这个结构支持原有系统以及下一代ODU平台。工作在1.5 GSPS以上时钟速率的高速DAC和ADC技术的进步使支持4096 QAM及以上的高中频QAM信号的合成与数字化成为可能。有了高动态范围和高过采样率, 不仅无需使用传统模拟I/Q实施所需的正交误差校正, 同时使得数字域的大多数滤波器也得以实现, 从而减少了补偿所需的模拟滤波器和数字均衡器的数量。在发射器的信号路径端, 为了合成宽带QAM信号, [AD9142](#)和[AD9136](#)这样的高速DACs正在替代传统的双通DAC和I/Q调制器, 不仅可以获得优秀的EVM性能且无需对发射器进行校正。在接收器信号路径端, 能够良好适应这些应用且1.5 GSPS以上的ADC迟迟没有出现, 直至最近[AD6676](#)发布。

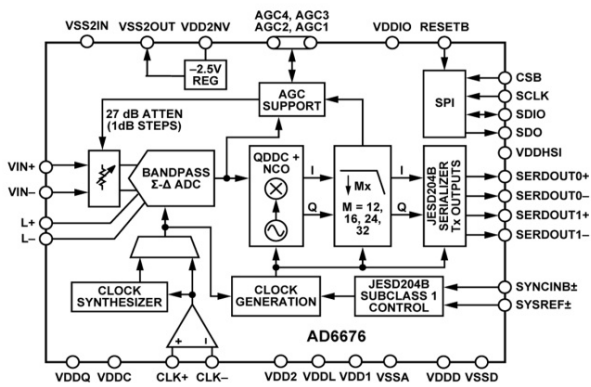


图1. AD6676中频接收器子系统框图

AD6676是业界首款基于带通 Σ - Δ 型ADC的带宽中频接收机子系统(图1),支持高达160 MHz的中频信号带宽,内部时钟频率高达3.2 GHz。 Σ - Δ ADC的高过采样能力简化了中频模拟滤波的要求,而这些滤波器在低采样率的ADC是需要用来抑制相邻信道(和干扰/阻塞),否则这些信号会混迭回到IF信号上,从而减小了接收器灵敏度性能。另外,具有-160 dBFS/Hz的NSD底(窄带宽QAM信道)的ADC高动态范围会减少双工发送接收机的隔离要求或衰减补偿的模拟AGC范围。AD6676包含一个片上27 dB数字衰减器,精度为1 dB,用于校正初始器件公差和同轴电缆损耗变化引起的静态增益误差。

我们先来看一下AD6676中频接收器子系统协同AD9136这样的高速DAC,是如何极大简化传统IDU收发器并同时提高它的性能的。图2上层接收器链路显示一个直接转换方式,用来支持140 MHz和400 MHz的典型低中频接收器和收发器。直接转换收发器架构的挑战有文档可查,但可以通过I/Q平衡校正、直流偏置校正、可调节基带I/Q滤波,以及抑制发射器漏信号的双工器设计进行克服。然而支持最大56 MHz信道带宽和256 QAM的传统IDU接收器已经量产,若需要更大容量而将信道带宽增加2倍, QAM等级提升8倍都是对直接转换架构的重大挑战。高速ADC/DAC技术最新进展有望由数字化IDU取代传统方法,如图2所示。图2下半部分收发器方案仅需4个ICs,具有显著宽松的滤波要求,实现近乎完美的性能。

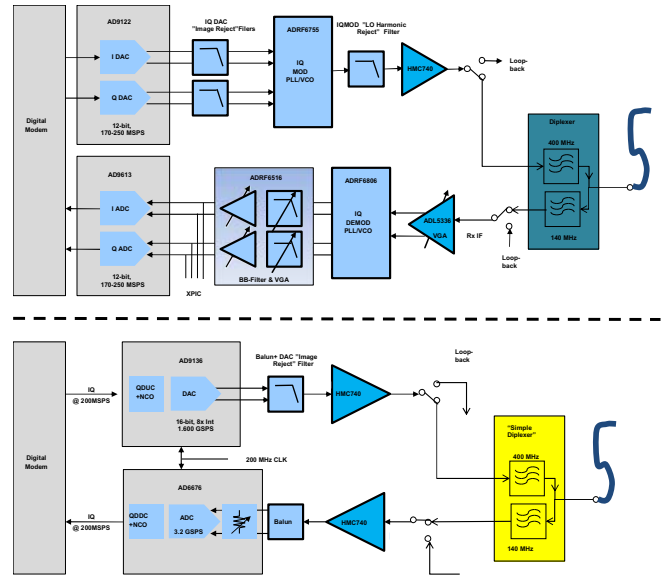


图2. 现有“直接转换”IDU收发器构架与使用高速DAC/ADC的Tx、Rx QAM信号直接数字合成及数字化的IDU收发器构架的比较

在发送器侧,像工作在1.6 GSPS时钟速率下AD9136这样的高速DAC可以合成一个EVM性能优异且以中频为中心频率的112 MHz, 1024 QAM信号,这样可以将多数发送器链路误差预算预留留给ODU(其中相位噪声和线性的累加效应将导致大多数EVM的降低)。同时需要一个低通滤波器来抑制1.2 GHz处的第一个DAC镜像跌落,相对需要滤除落在1.2 GHz处的I/Q调制器的三次LO镜像的谐波抑制滤波器,可以放宽到12 dB。用来克服线缆损耗的发送功率控制已在AD9136中实现, QAM信号EVM性能超过15 dB范围,衰减可忽略。

在接收器侧, 112 MHz, 1024 QAM信道被AD6676以具有卓越的动态范围和精确性来进行数字化,即使存在大量因双工滤波器宽泛带来的传输漏信号,如图3所示。在这个示例中, AD6676的配置支持112 MHz带宽,其衰减器设置为3 dB,这样使得进入HMC740前置放大器中有效的RTINF保持在10 dB左右。图3中左曲线是AD6676 Σ - Δ ADC数据输出的快速傅里叶变化结果(仅用于演示目的),其中,发射器-26 dBm漏信号中心在400 MHz,混合了一个143 MHz处-17.2dBm的连续单音信号作为代表。

注意，可调节带通 Σ - Δ 型ADC的固有噪声整形在中心位于期望中频的高动态范围区域内是十分明显的(高至-160 dBFS/Hz)。图三中的右侧曲线是以中频信号为零中心的16位，200 MSPS I/Q数据经过数字转换和16 $\times$ 抽样滤波后的快速傅里叶变化结果。注意，数字滤波器提供的+85 dB抑制用来去除带外噪声和混迭返回到112 MHz通带的发射器漏信号。落在112 MHz通带以外的残余整形噪声由调制解调器的RRC滤波器去除。

-2 dBFS的连续大信号测试条件下的带内噪声是-68.6 dBFS。如果用峰值到均方根值为10 dB的全比例1024 QAM Rx信号来替代连续单音，则需要7 dB的额外回退来防止ADC畸变。这种情况下，接收器IDU的输入功率将在-9 dBFS(或者-24.2 dBm)，建议接近60 dB的CNR。针对双工滤波器的简化设计，当前双工发送器到接收器的抑制大致略为20 dB，以此抑制-6 dBm的接收器信号，因此前置放大器输入会出现-26 dBm。对于IDU和ODU之间有较短电缆部署的情况，AD6676的衰减器可以增强以容许ODU具有更高的QAM。

非期望的邻近信号出现时，需要在低灵敏度($BER < 10^{-6}$ ，带FFC使能)时恢复QAM信号的IDU接收器能力是一个非常重要的指标。可能最苛刻的测试(根据ETSI EN 301 390 V1.2.1)是：一个具有比QAM信号高30 dB能量的连续干扰单音(阻断)被放置在所期望QAM信号的2.5 $\times$ 信道偏置处。注意：现今接收器中使用的可调或开关组滤波器大多由这一规格驱动，这是因为调制解调器必须支持3.5 MHz到56 MHz的信道带宽。之前的示例代表了下一代112 MHz信道带宽，我们可以假设邻近的连续干扰被112 MHz以上的固定信道滤波器有效抑制，并在ODU RF链路内最后一次转换完成前实现镜像抑制。事实上，这一滤波器仍为28 MHz到56 MHz信道带宽提供70 MHz到140 MHz偏置的有效阻隔抑制。若信道带宽为14 MHz或更低，连续单音将会落在滤波器的通带范围中，因此需要在140 MHz处增加额外带通滤波器来进行抑制，或由ADC进行数字化后再数字滤波。

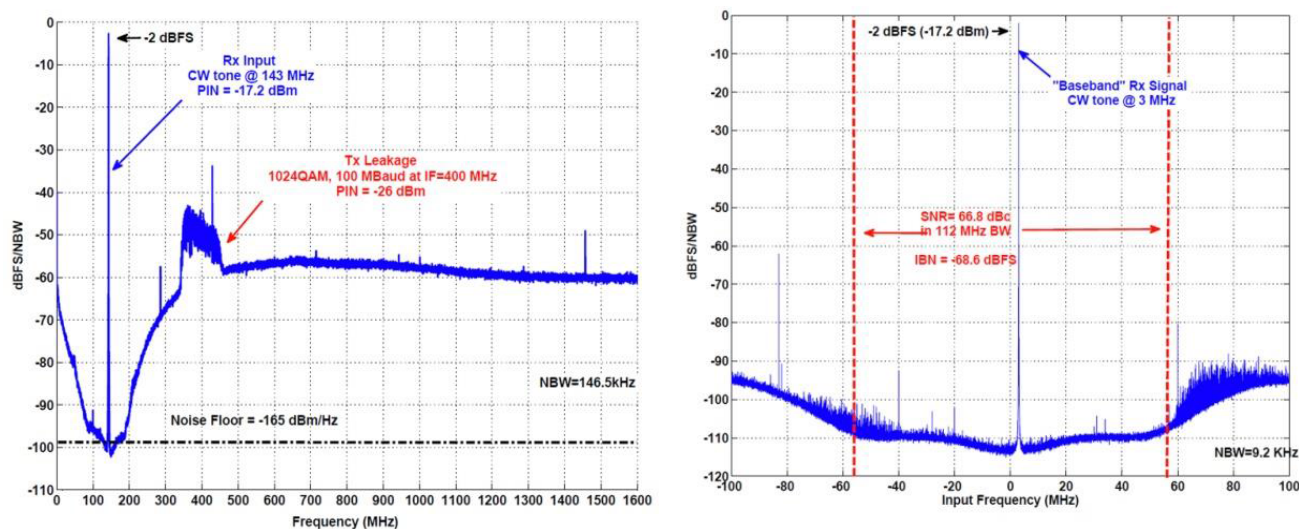


图3. 相对零中频，带AD6676的HCM740组成的RX链路在数字转换之前之后的动态能力测试

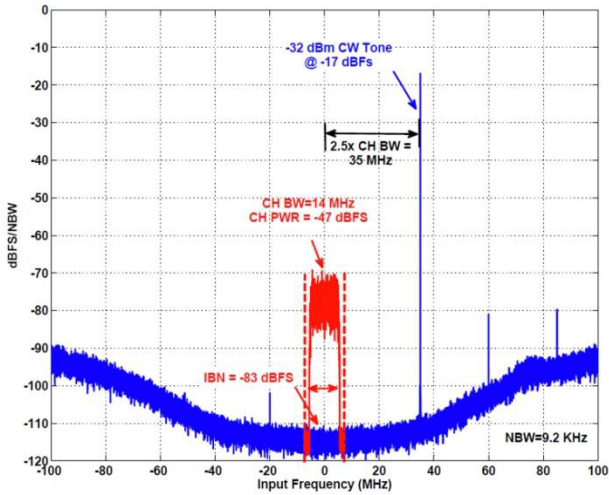


图4. 通过容许较大的相邻干扰的方法, AD6676的高动态范围简化了Rx滤波要求

基于AD6676的IDU接收器架构具有即时动态范围,支持无额外滤波器的方案。图4显示了与图3相同接收器链路的AD6676快速傅里叶变化的频率响应,唯一区别在于 Σ - Δ 型ADC的可调带宽降低至56 MHz。在这一示例中,175 MHz(或35 MHz偏置)处的-32 dBm连续单音(或-32 dBm偏置)将增加到400 MHz处存在的-26 dBm传输漏信号上。连续单音响应在AD6676可见的-17 dBFS输入水平等级,并在最低灵敏度(CNR = 36 dB)时的设置比-47 dBFS、1024 QAM高30 dB。连续干扰单音额外增加15 dB,则突出的过设计裕量可能有助于微波/射频电路的噪声分配。在没噪声阻隔器的情况下,期望的1024 QAM信号可能增加38 dB,从而为IDU接收器提供额外的动态范围以处理信号衰减。

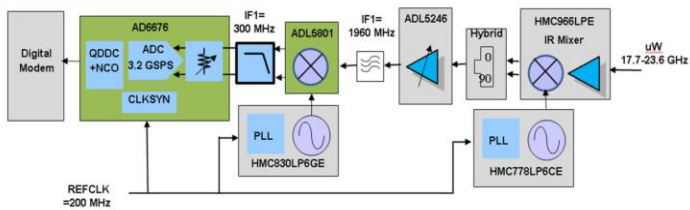


图5. AD6676中频接收器也可用在高性能 ODU Rx的链路设计中

AD6676提供给IDU设计的高动态范围优势，这也对ODU接收器的设计有利。图5显示了AD6676如何应用于18 GHz至23 GHz的ODU接收器链路，该链路由一个诸如ADL5801均

衡射频混频器、诸如HMC966的微波镜像抑制混频器和诸如ADL5246射频VGA组成。注意：其余6 GHz至43 GHz范围的微波带宽可以选择不同微波镜像抑制混频器、微波锁相环和可能的第一个中频频率。在没有电缆限制中频选择的全UDU情况下，可以将AD6676设置成较高的中频频率，比如300 MHz，以进一步简化镜像抑制的射频滤波器要求。如果任何混频器杂散分量更大，则需要额外抑制，AD6676可以与RF混频器直接接口，或通过简单的三次低通修平滤波器接口。1960 MHz的RF滤波器专用于支持最高至112 MHz的信道带宽。如果将AD6676的衰减器设置为0 dB，在56 MHz的带宽信道上，ADL5801和AD6676的合成噪底将会低于-157 dBFS/Hz，等效NF为17 dB。ADL5246和HMC966默认总转换增益可以与ADL5801/AD6676即时动态范围一起进行初始优化，故而数字解调器追踪初始衰减(由标称的接收器输入电源处)。可以设置ADL5246的阈值，因此当解调器接收器的BER低于特定QAM信号的预设水平以下时开始增加增益。这一混合方法只会在输入信号非常低时激活RF AGC，以此改善接收器的最低灵敏度。

总结:

下一代微波点对点接收器需要支持3.5 MHz到112 MHz信道带宽，拥有高动态范围，从而在更宽的衰减边界内支持越来越高的M-QAM。AD6676中频接收器子系统能使普通的微波点对点平台支持既有的IDU/ODU分离式系统和全新的ODU平台。对于IDU/ODU分离式系统，其突出的高动态范围可以在系统出现临近的干扰信号时，不需要复杂可调或庞大的开关组滤波器，就可以保证优秀的调制精度(EVM)。而对于完全的ODU系统，拥有高瞬时动态范围(带混频器直接接口)降低了追踪衰减所需要的RF AGC范围，并简化了RF滤波要求。AD6676为 4.3×5.0 mm、80引脚WLCSP封装，可以在2.5 V或1.1 V的电压下工作。

关于作者

Paul Hendriks工作地在马塞诸塞州威尔明顿，是ADI高速转换器产品线高级应用工程师、产品线经理。在过去20年中，Paul专注于无线、有线通讯应用的高速转换器产品的使用和产品定义。从1989年加入ADI开始，Paul撰写过大量文章，应用笔记，设计思路及产品数据手册。Paul于1986年获得McGill 大学电子工程学士学位。

资源

在facebook, twitter上共享文章

facebook

twitter

