提高敏捷高吞吐量卫星通讯载荷的经济效益

Boost Economics in Agile High Throughput SATCOM Payloads

Teledyne e2v

现代高吞吐量卫星（HTS）引入板上处理（OBP）使实现新一代的高敏捷度、高灵活性载荷成为可能。在理想条件下，卫星通讯运营商希望能够动态分配传输的容量，即根据需要修改任务配置。这些需求每个季度甚至每天都不同。因此，需要根据传输能力的利用率和传输需求的高峰，利用点波束引导，提高服务的质量，降低每个用户的传输成本。

使用相控阵天线技术和敏捷频率规划结合的动态波束控制在未来有广阔的发展前景。但是，为了实现这个目标，需要在载荷设计方面引入新的方法。

在地球通信网络中，软件定义无线电是高可靠性大容量基础设施开发的重点。现在，想象一下敏捷频率管理被应用到卫星通信上带来的影响。目前有很多的载荷供应商正在研究这个方向。Intelsat最近发射的Epic^{NG}卫星和Eutelsat不久将实现的Quantum项目（2018发射）都是这种设想的例证。这些项目对电子器件有巨大的需求。幸运的是，新一代的超宽带数据转换器已经及时发布。

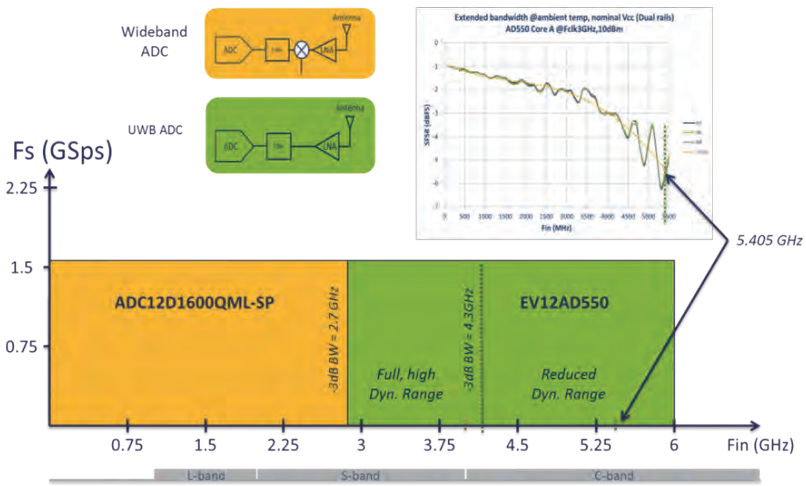


图1

卫星经济效益

通过提高频谱利用率和波束导向提高数据吞吐率是提高卫星经济效益的核心。但是，在卫星产业中，对于如何最好地满足用户需求，特别是载荷复杂度的增加是否会带来经济效益的问题，人们的看法并不相同。

每个人都理解灵活性的好处——运营商可以动态响应地面的需求。但是，更敏捷的信号处理却要付出显著的代价。灵活性通常带来功耗、复杂度和成本的增加，还可能降低可靠性。但是，越来越多的证据表明，卫星通讯的完全数字化有助于提高卫星的经济效益，而新型器件能极大地帮助人们实现灵活的软件定义无线电。

卫星的发射重量也是影响经济效益的重要因素。将1kg物体发射到地球同步轨道大约需要5万美元。因此，OBP模块越重，成本越高。但是，从整个工作时间来看，敏捷载荷带来的灵活性会带来多方面的好处，特别是：

- 对运营商而言，考虑到变化的市场、政治和监管环境，以及15年的硬件生命周期，根本不可能在不变的平台上权衡系统需求。如果平台有重新配置的功能，则可以在长时间内最大化系统的利用率。更具体地说，未来的HTS系统将使用多个OBP，并减少网关的数量，以减少地面设备的成本。
- 对制造商而言，按照传统观点，高灵活度会导致复杂的硬件设计。而可重配置的OBP可简化供应链、简化测试流程，同时提供前向兼容性（为客户提供未来的保证）。
- 对客户而言，以客户为中心的服务管理是一个极具价值的观念。客户不需要预测未来。如果可以确定设备的能力并且评估其成本，将降低其获取服务的风险。

所以，我们有充分的理由考虑OBP的方案。而且新器件的开发预示着新一代系统的价格和性能指标将更优。现在，一片UWB ADC（模数转换器）可以替换多个RF混合器和多个基带ADC，降低系统成本和功耗，同时提高系

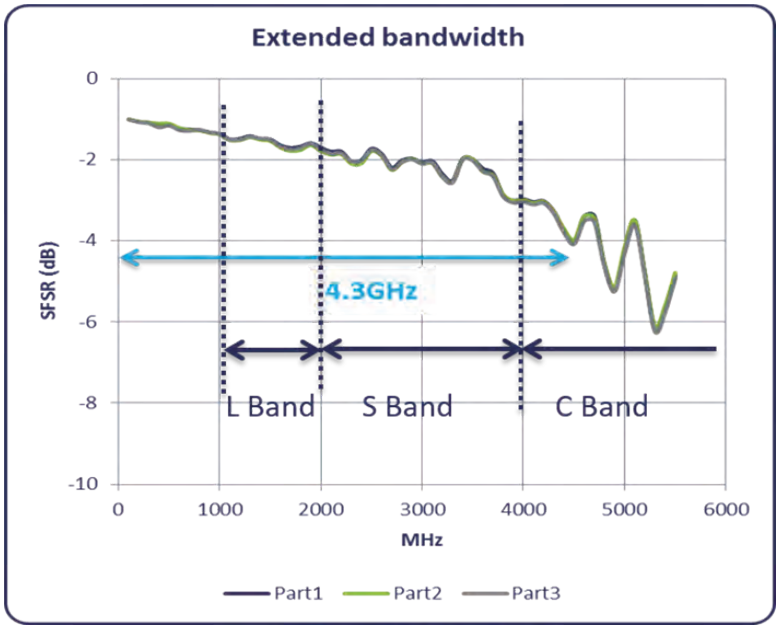


图2

统灵活性。

更快的UWB ADC简化信号处理过程

卫星通讯载荷一般工作在GHz的频段，其中Ka和Ku是最常见的两个频段。传统意义上，数据转换器的采样率和带宽有限，只能处理几百MHz。因此通常需要在信号链路上加入多个RF混频器（上变频或下变频），将微波信号转换成容易处理的基带信号，其带宽小于500MHz。由于这个原因，过去的ADC器件倾向于将采样信号限制在第一奈奎斯特域（$N_1=f_s/2$）。这限制了每通道RF载波处理能力。过去，唯一能规避这种限制的方法是增加额外的ADC通道来处理全信号带宽，但是这样会增加设计的复杂度，影响可靠性。

显著提高的GHz信号带宽和采样率使得在高奈奎斯特域采样成为可能，而且降低了RF混频器带来的额外成本、重量和功耗。这种方案通过简化信号链路设计（图1）实现了卫星经济的转型。而且，它提高了载荷的灵活性，降低SWaP（尺寸、重量和功耗）及成本，提高了可靠性。

Teledyne e2v新发布的双通道、12位ADC——EV12AD550基于纯净非交织核心设计，动态性能指标在业内领先。两个转换核心与一个灵活的输入信号多路复用器配合，使其可以正向或反向采样。它也支持交织成单通道，将采样率翻倍。这款芯片基于宇航级防辐射设计，能提供优秀的4.3GHz的3dB带宽性能（图2），每通道的功耗只有2.3W。EV12AD550采样率高达1.5Gsps，可以在第5或第6奈奎斯特域甚至更高的范围采样RF信号（N_5=3到3.75，N_6=3.75到4.5GHz）。

动态特性

无杂散动态范围(SFDR)通过量化给定的纯净单频测试信号与采样后频谱中的杂散的最大差值来衡量ADC的动态性能。对于EV12AD550，在最坏的情况下（-1dBFS，即全幅度减1dB，代表接近极限的输入信号）测试时，第1和第2奈奎斯特域的SDFR分别高达-75dBc和-70dBc（图3）。对于不需要全幅度输入的应用，这款ADC在输入频率高于其带宽的情况下依然能保持优秀的性能。

类似地，通道间的串扰即使在5GHz时也只有-80dB（图4），不会限制系统的性能，因为它比全带宽输入甚至更高输入频率时的SFDR值更优秀。

这是市面上现有的第一款实用的S波段不需下混频器直接采样的宇航级ADC。一个UWB器件可以完成多个基带转换器的工作，降低载荷总成本，简化系统设计。

RF信号束导向

电子波束导向是一种很受欢迎的卫星技术，因为它允许动态信号切换和点波束频率重用。利用相控阵技术，可以

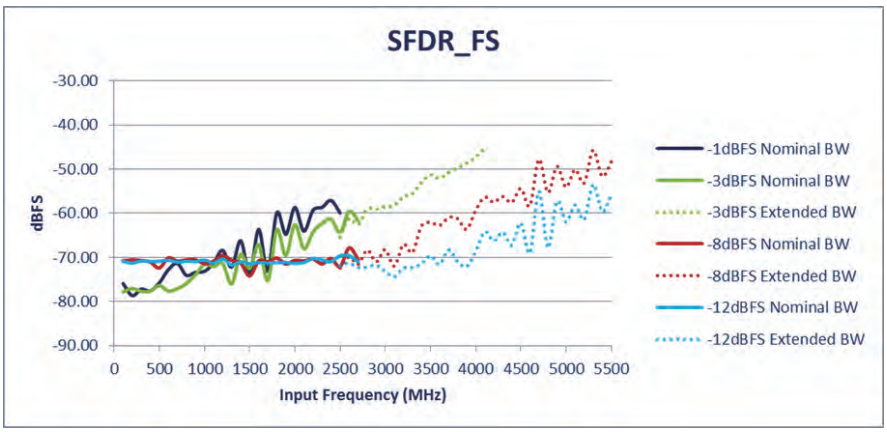


图3

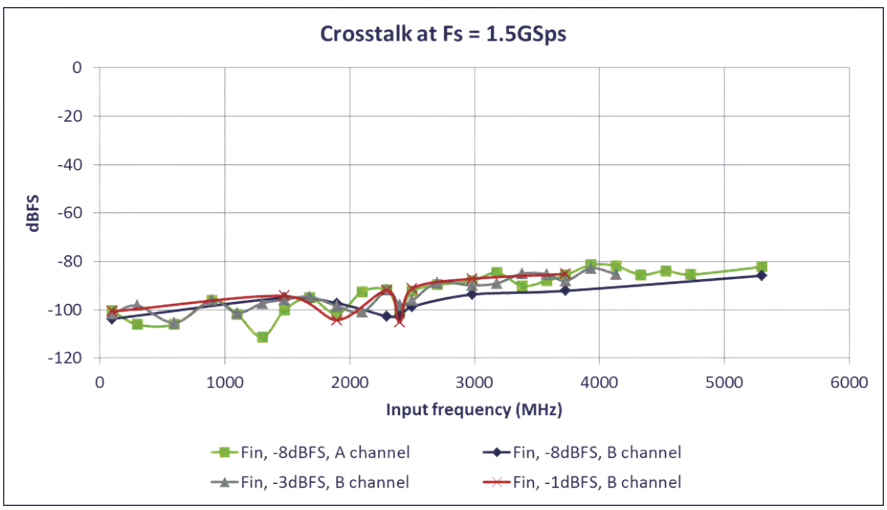


图4

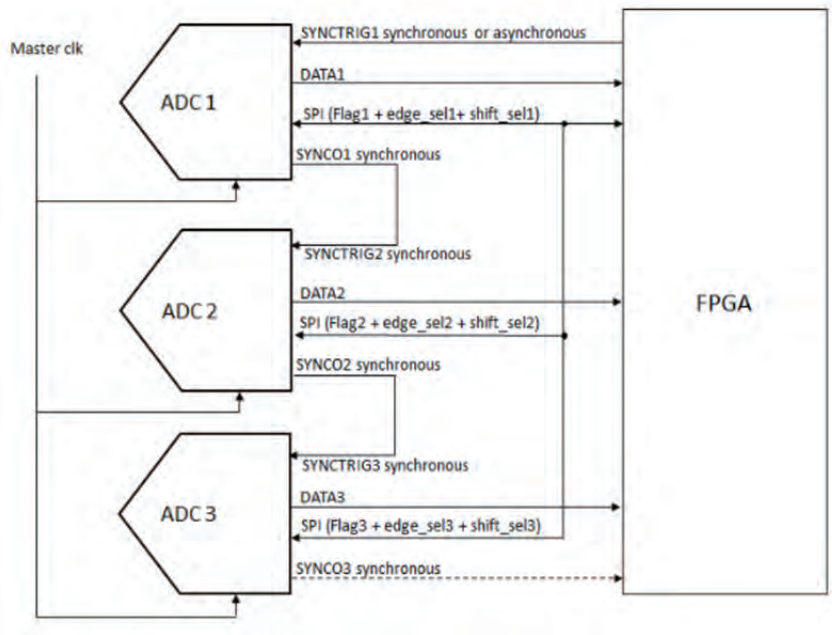


图5

从一系列固定的多辐射器天线中完成RF波束导向。使用这种技术，运营商能获得更多的操控灵活性。

波束导向设计中最关键的一点是，从信号相关的多辐射器之间相位（或时间）的差值来建立波束方向。因此，导向系统中的精确时间同步是关键。在GHz频率下，这一点并不容易实现——即使微小的相位差也会影响性能。这就是EV12AD550能帮助简化系统设计的地方。

我们设计了一种独特的片上同步系统，允许多片EV12AD550使用菊花链连接以精确管理采样时域偏移。图5表示3片ADC如何连接并使用菊花链控制特性。

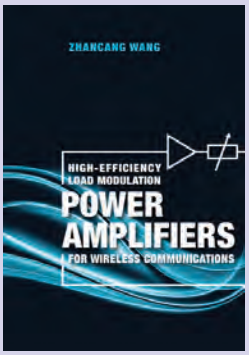
或许有些宇航系统设计师不愿采用菊花链的方法，因为链路某处的错误可能会导致所有后续的ADC失效。在这种情况下，可以独立地给所有的ADC发SYNC指令，方案依然有效。唯一的负面影响是，同步多块板子上的多片ADC可能会变得稍稍复杂一些。但是，与之前的方案相比，即使不使用菊花链方法，用于亚稳态检测和时钟边选择的SPI寄存器也可以为系统设计带来极大的便利。

小结

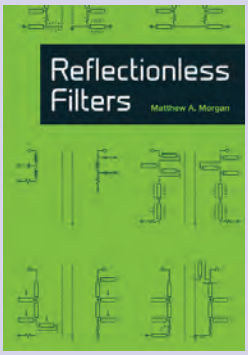
现在，越来越多的应用采用直接到微波（DTM）转换的方案。迅速采用革命性UWB转换器的厂商将很快在卫星通讯市场提高竞争力。最新的数据转换器意味着载荷的成本可以降到一个新的低点。对OBP方案持怀疑态度的人将很快发现自己已经远远落后于时代。■

欢迎订阅2017年微波新书！

高速电路板信号完整性，第2版
Stephen C. Thierauf
精装 • 320页。• 2017
ISBN: 978-1-60807-977-3
$169 / £135



用于无线通信的高效率负载调制功率放大器
王占仓
精装 • 396页。• 2017
ISBN: 978-1-60807-987-2
$179 / £145



无反射滤波器
Matthew A. Morgan
精装 • 380页。• 2017
ISBN: 978-1-63081-327-7
$139 / £111

美国： **致电：**1-800-225-9977（在美国或加拿大），或1-781-769-9750，分机4030
传真：1-781-769-6334
电子邮件：artech@ArtechHouse.com

英国： **致电：**+44 (0)20 7596 8750
传真：+44 (0)20 7630-0166
电子邮件：artech-uk@ArtechHouse.com

30%折扣 **所有2017年图书**
外加**免运费**！使用促销代码：**MWJ30**
订购：**WWW.ARTECHHOUSE.COM**
30%折扣至2017年12月31日截止

ARTECH HOUSE
BOSTON I LONDON
685 Canton Street, Norwood, MA 02062 USA
16 Sussex Street, London SW1V 4RW UK