无人机射频变频方案

Drone RF Frequency Converter Solution

陈建、杨嘉，Qorvo公司；李宇旼，联阳半导体

图像和空中数据实时采集是无人机非常重要的一个应用。传输大流量的图像和实时采集数据等信息对射频系统的线性度和动态范围等指标要求较高，需要能输出较高信号质量的射频收发芯片和高线性功率放大器。频率覆盖高且能输出高信号质量的射频收发芯片价格会比较高，有时会限制在特定的频段内，限制了应用范围。低频段的射频收发芯片比较容易实现高的输出信号质量和动态范围，但工作的频谱资源在多数国家和地区没有开放。现在一些国家为无人机数据传输划分了特定的频段，现有的很多射频收发芯并不能覆盖到这些频段。采用超宽带射频变频模块可以快速地使用到这些频段，缩短了研发时间，降低了产品成本，增加产品灵活性和竞争力。

射频频率变换的实现

下面介绍使用超宽带射频变频模块实现2.4GHz频段输出的射频变频方案。方案采用Qorvo的RFFC2071\2超宽带射频变频模块，对应的变频为30MHz到2700MHz的范围。1.4GHz频段是一些地区划分给无人机的专用频段。2.4GHz频段是ISM频段，频谱资源是免费的。2.4GHz频段有比较多的成本比较低的低噪放、滤波器和线性功放射频器件，方便产品的实现。

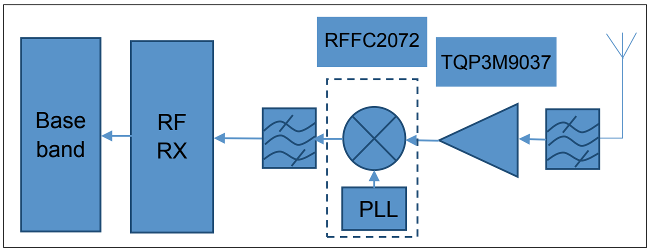

图1：发射射频变换示意图。

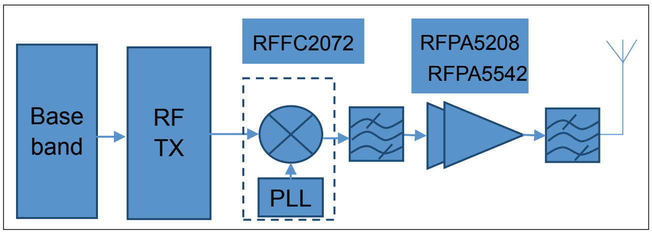

图2：接收射频变换示意图。

变频芯片包含了锁相环模块和1到2个混频器。射频输出采用差分接口，方便实现超宽带的设计。锁相环内置VCO，具有优良的输出相位噪声特性，对EVM的影响在1%以下，这是非常关键的指标，因为高速传输对信号质量要求较高。

实际应用时高速数据传输是单向的，即从无人机向地面传输数据。所以有一个混频器的模块更适合这种场景应用。在实现射频变频后配合滤波器、低噪放和线性功率放大器组成完整的射频方案。以把1GHz以下频段的射频收发芯片变频到2.4GHz为例。系统框图如图1和图2所示。RFPA5208是2.4GHz高线性的功率放大器，在WiFi应用中实现高功率高线性输出，在无人机图传应用中表现优异，可以大大提升传输距离。TQP3M9037是可以使用到6GHz的高线性低噪声放大器，在提升灵敏度的同时具有很好的抗干扰能力。混频器输出会有一些组合频率，可以用LC或者SAW滤波器滤除。天线口需要加SAW或者BAW滤波器来提升抗干扰能力和与其它无线通讯系统共存。

为了实现混频器的超宽带特性，混频器的输入输出采用了差分接口，需要用巴伦实现差

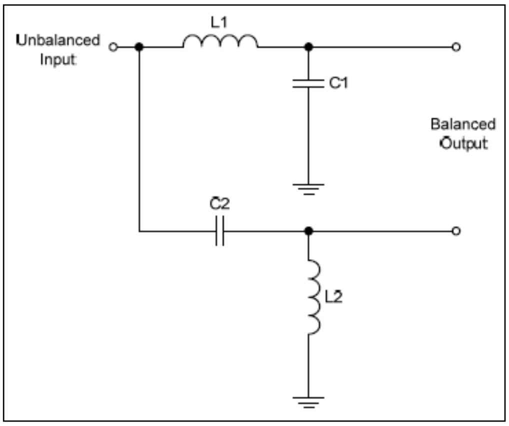

图3：两阶LC巴伦。

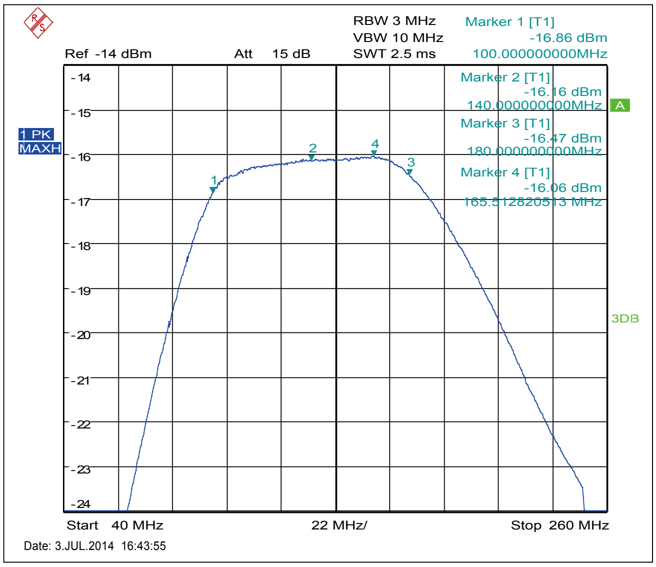

图4：使用三阶LC巴伦RFFC2071在140 MHz中频下的频率响应。

分到单端的变换。绕线巴伦可以提供很宽的通带特性，但成本相对较高。在实际使用时可以采用成本较低的窄带LTCC工艺巴伦或者LC搭建的巴伦。LC巴伦如图3所示，可以实现接近20%的带宽。为了拓展带宽可以增加LC的阶数，比如三阶LC巴伦。

LC巴伦配合RFFC2071\2已经有一些实际应用。为了实现从中频到射频的频率变换并在中频频段实现相对较宽的带宽，可采用三阶LC巴伦。在射频到射频的变换中两阶LC巴伦已经足够用。图4是使用三阶LC巴伦RFFC2071在140MHz中频下的频率响应。输入频率2.4GHz，输入功率-10dBm。1dB带宽在50%左右。

方案实例

IT9517是联阳半导体的无人机高速数字图传发射芯片，采用COFDM数字调制技术，并支持RF输出。IT9137则是联阳的无人机高速数字图传接收芯片，支持RF输入、AGC、COFDM数字解调以及USB接口。联阳的方案具备高灵敏度、高线性度、高整合度、低延迟等优点。

Qorvo与联阳已合作开发出IT9517搭配RFFC2071\2的COFDM无人机高速数字图传发射及IT9137搭配RFFC2071\2的COFDM无人机高速数字图传接收方案。在使用2.4 GHz频段时，传送H.264格式的1080P 30帧图像实测距离可达2公里以上。

总结

变频模块可以拓展射频收发芯片的频率范围并保留优秀的信号质量，增加设计的灵活性，缩短研发周期，增加产品的竞争力。配合线性低噪声放大器和高线性功率放大器可以有效地增加覆盖范围和抗干扰能力，提高用户体验。■