

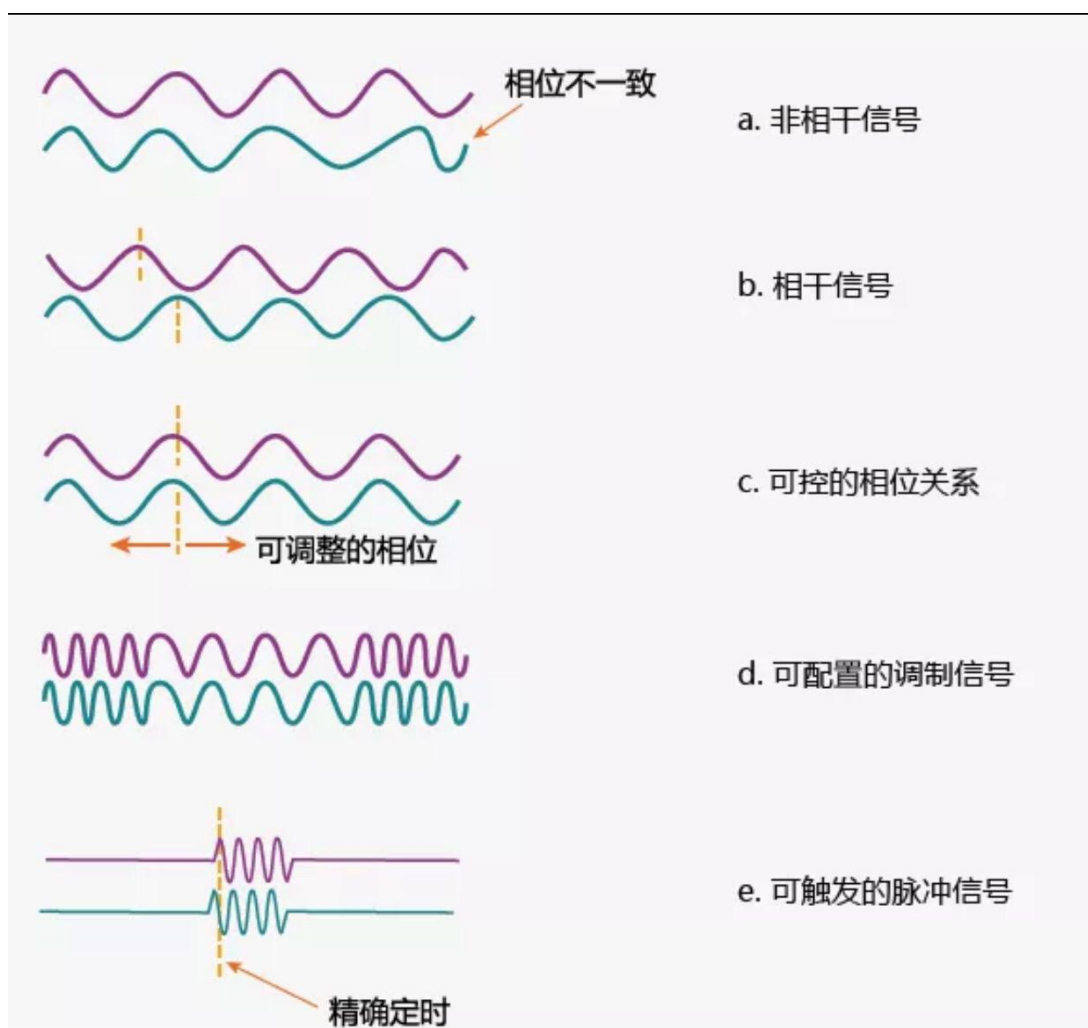
如何应对多天线系统的测试挑战

来源：是德科技 KEYSIGHT

随着 5G 等具有更高数据率的应用急剧增长，无线系统面临更宽的带宽和更广的网络覆盖的要求。多天线技术，如多入多出（MIMO）和波束成形，利用分集、复用和提高天线增益等方法，改善频谱效率和信噪比（SNR），应对有限频谱资源的压力。测试多天线系统需要一个测试方案，能够提供多路信号且相互之间保持一个确定的相位关系。不同的策略来配置产生相位相干的信号，会导致不同的测量结果。



什么是相位相干？



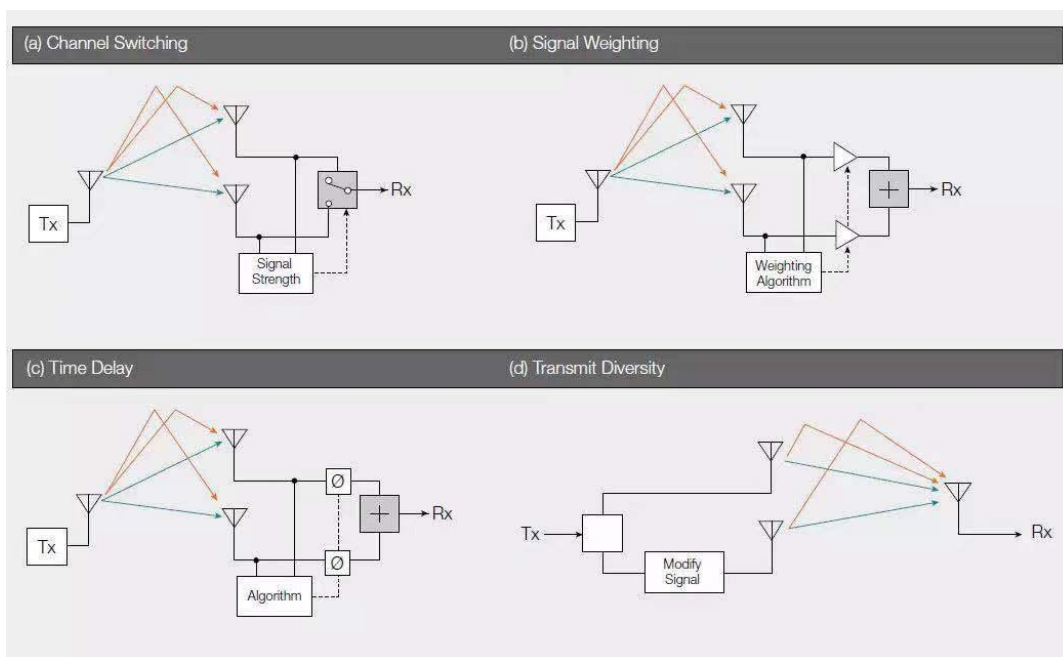
如果两个信号始终具有恒定的相对相位，则它们是相干的（如图 b）。当两个信号出现时，相干信号将根据其相对相位而共生或共消地组合。在表征多通道组件（如相控阵天线）时，需要精确控制各个通道之间的相位关系（图 c）。对于数字调制信号，相位相干意味着两个基带信号发生器之间时间同步，射频载波之间相干（见图 d）。类似地，雷达脉冲需要脉冲突发的精确定时，以模拟相应的空间延迟（见图 e）。

为什么相位相干很重要？

无线通信系统中的多天线技术可以增加信道容量，提高信道的可靠性。主要的多天线技术包括空间分集、空间复用和天线阵列。

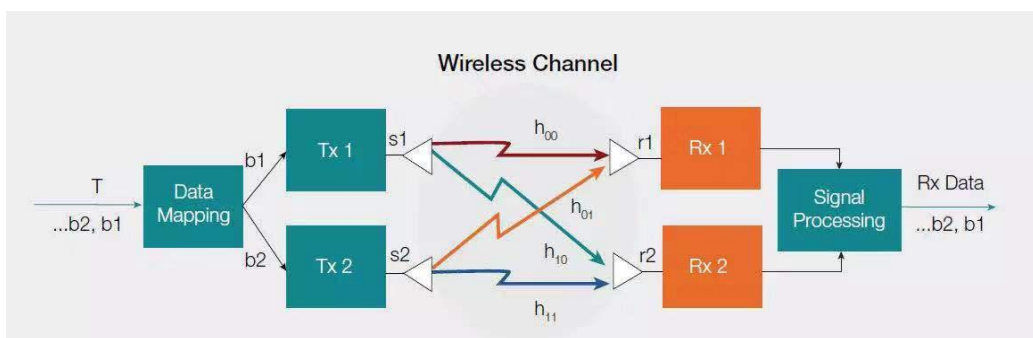
· 空间分集

空间分集可以通过信道切换、信号加权、时间延迟或者发射分集来实现



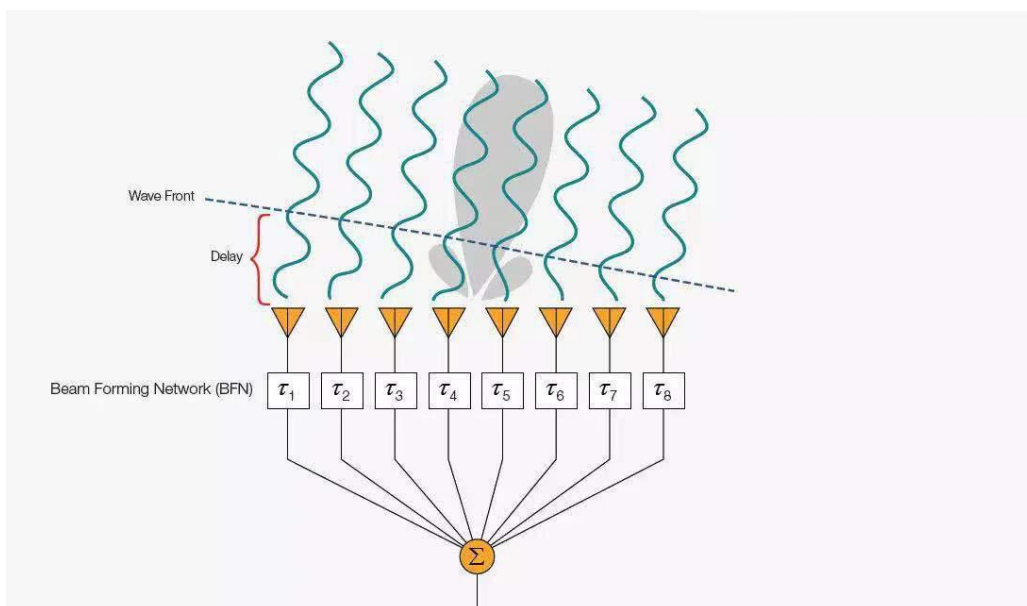
· 空间复用

空间复用采用了多入多出（MIMO）的传输技术，无需占用额外的带宽，也不需要增加额外的发射功率，因此是提高信道和系统容量一种非常有效的手段。



· 天线阵列-波束成型

波束成型可以通过相干天线单元的信号相位的精确调整，形成特定方向的信号波束，使信号的能量集中在发射/接收端所在的方向，从而改善频谱利用效率，提高系统的容量。

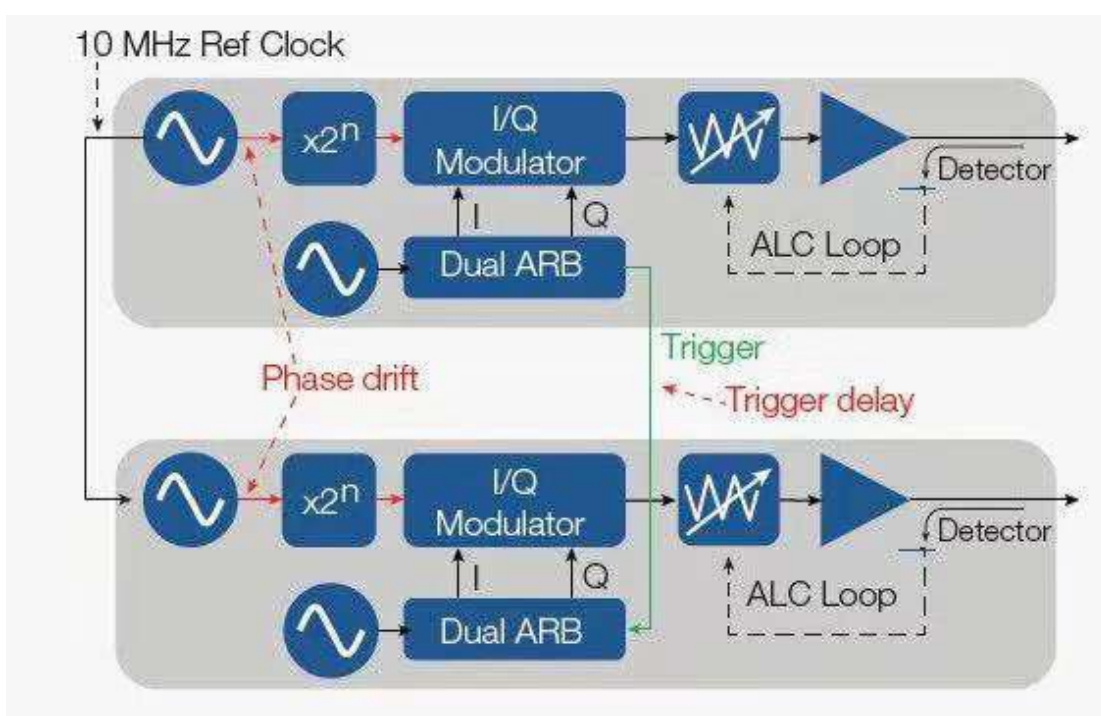


生成多路相位相干信号的策略及其利弊

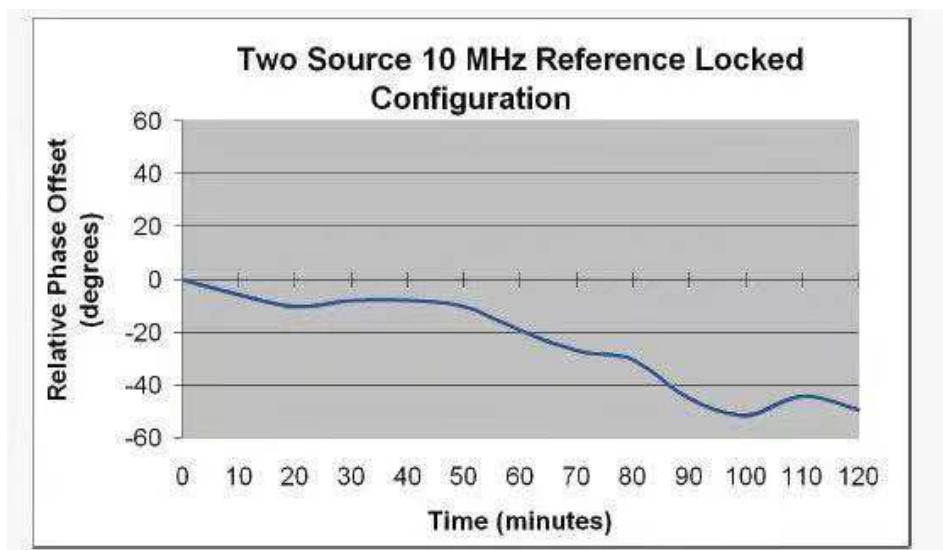
为了模拟多通道的测试场景，各路测试信号之间的相位必须是相干且可控的。不同的实现策略所带来影响也是不同的。

1. 独立本振

实现多路信号之间相位相对稳定的最简单的方法就是将其各自的 10MHz 频率参考锁定在一起，通过一个触发信号和共同的 10MHz 时间基准，实现不同信号源之间的同步。



带来的问题就是相位漂移和相位噪声。



两台信号源具有各自独立的本振、锁相环，这会导致相互之间的相位漂移。多数情况下，锁相环可以锁定环路带宽内的相位漂移，但无法完全跟踪更高级的响应。

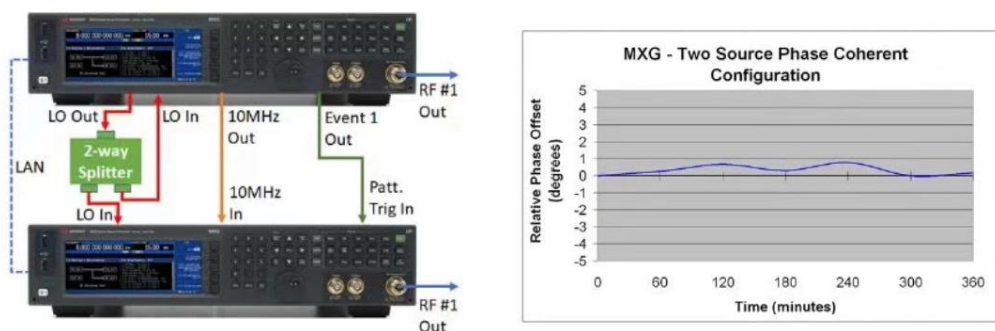
MIMO 系统中，通道间缓慢的相位漂移不是什么大问题，这种测试方式可以提供可接受的性能。

相位噪声

频率参考锁定的信号源之间的相位噪声是非相关的，从而对测试系统带来相应的相位误差。具有高稳时基，且相噪性能优异的测试仪表会减小系统的相位漂移和相位误差，适用于 MIMO 和空间分集的测试。精确标定器件特性时，这种方法就不行了。需要采用共享同一本振的方式，才能得到更加精准的结果。

2. 共享同一本振

这个两路相位相干的测试系统，利用上面一台仪表的本振，分别提供给两台信号源使用，从而实现了两台信号源的完全相干。二者的相位误差小于 1 度。

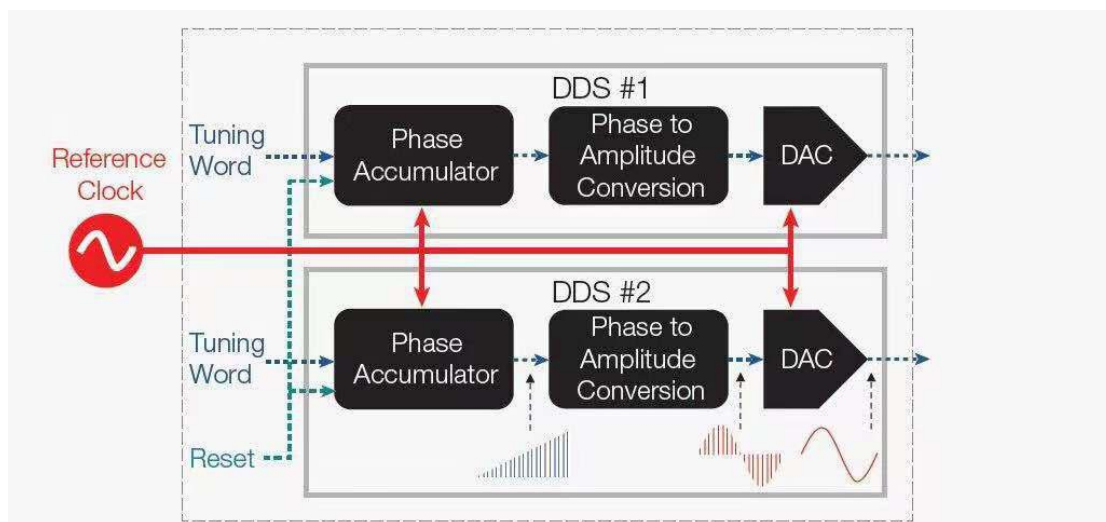


相移

即使采用了共享同一本振的方式，由于线缆长度和转接头的影响，系统还是会产生不同通道之间的相位偏差和相移。

3. 直接数字合成（DDS）

直接数字合成（Direct Digital Synthesizer）技术通过以数字形式生成时变信号，然后执行数模转换来产生模拟波形。DDS 架构提供了超低相噪和快速频率切换速度，具有极高的频率调谐分辨率。不同的 DDS 系统之间，通过同步复位使得彼此之间保持相位对齐。



是德科技新一代双通道微波矢量信号发生器 **VXG (M9383B/M9384B)** 就是采用了 DDS 技术，提供了两路相干信号通道，无需触控任何硬件，即可以<10ps 的精度保持通道间的时间对齐。



测试多天线系统的各种策略之比较

	相位稳定 测试系统	相位相干测试系统	
	独立本振	共享同一本振	直接数字合成 (DDS)
实现方式	利用 10MHz 频率参考信号	共享同一本振	共享同一射频参考时钟
优势	容易实现	相位相干	• 相位相干 • 设置最简单
挑战	• 非相关相位噪声 • 相位漂移	• 时间延迟和相位偏差修正	• 高精度参考时钟
解决方案	• 高稳时基 • 降低仪表的相位噪声	• 调整 I/Q 延迟 • 调整 I/Q 相位	• 高频参考时钟 • 调整 I/Q 延迟 • 调整 I/Q 相位
应用场景	MIMO 系统测试	MIMO、波束成型、阵列天线校准	MIMO、波束成型、阵列天线校准



临菲信息技术港 电脑端



临菲信息技术港 订阅号



临菲少年 订阅号



临菲学堂