

使用矢量网络分析仪分析混频器电路

摘要：矢量网络分析仪已走过很长一段路。它已成为工程设计和表征混频器特性不可缺少的工具。

关键词：混频器 网络分析 测量

前言

矢量网络分析仪问世有很长一段时间了，并成为工程师进行混频器设计和表征特性的不可缺少的工具。近几年来，无线产品的设计和制造发生了很大的变化。由于无线电产品的蓬勃发展和数字技术在主流产品中增长，为适应拥挤的无线电波，信号的频率有所延伸。在这种条件下，研制能满意工作的产品不是一件容易的事。在多数射频产品中，混频器已作为整件出现，因为它们能降低较高的工作频率，因而在那些产品中可采用费用更合理的元件。

将混频器与现有的新品设计结合起来，这比分析它们的特性要容易得多。精确描述混频器和包含有混频器的产品的特性一般要比描述不含混频器的要复杂。鉴于此，开发了专用测试仪器来解决此困难。

混频器参量

传统的混频器测量，要求多于一台测试仪表。一台矢量网络分析仪和合成器，可用于测量隔离、匹配、变频损耗以及频率转换群延时(FTGD)。为测量混频器的噪声系数，要求一台合成器与噪声系数计。对更复杂分析，诸如混频器的互调失真(IMD)，该测试台应含有三台合成器和一台频谱分析仪。这种多样的以及有时要求更复杂的仪器布局，对开发及制造商提出了一些问题，或许最重要的是为工程资源添加了巨大的压力。因为所需要的众多仪器，迫使制造商把宝贵的工程时间用来书写客户软件以及为希望测量的参数，将时间用于开发测试夹具。结果，多数制造商要花费太多的时间压按钮，建立测试系统和开发软件；而无足够时间来考虑他们应该竭尽全力开发与制造无线产品。另一困境是必须集中许多仪器来处理混频器测试。显然，存在订购五种不同的测试仪器的巨大花费因素。另外必须为多种仪器配备贵重的工作台和制造空间。从生产率观点出发，在产品测试中使用多种仪器，通常并不是最有效的方法。

仪器解决办法

当今仪器，可以提供完整的测量解决方法，以适应RF无线产品开发商和生产制造商来进行混频器的测试。这些仪器，既有能力测量混频器的性能又能具备高精度，而同时又显著地改善了生产效能。此测量系统的核心，是一台高性能矢量网络分析仪—VNA。其在10MHz—6GHz频率范围内具有(实为安立MS462XA/B/C矢量网络分析仪)：

测量速度快于150微秒，
动态范围高于125dB。

该矢量网络分析仪—VNA平台，附加了一台合成器和噪声系数接收机，进而形成单一一台仪器，可以进行传统的RF测量以及完整的描述混频器特性。在此仪器应用中，通常你可进行的特性测量如下：

- 1) S参数
- 2) 噪声系数
- 3) 互调失真(IMD)
- 4) 谐波
- 5) 增益压缩

此测量系统，消除了以往所需附加的仪器。因此节约了台式空间以及耗费的成本。这台组合仪器功能不降低。即使对最困难的混频器性能测量，亦可通过利用这些新产生的仪器，来方便和精确工作。

隔离、匹配和变频损耗

图1显示出了测量混频器隔离、匹配以及变频损耗的简单设置。使用3端口VNA，可做以下测量(见图2)。这些S参数的测量(或比值测量)，一般可以直接用3口的VNA。换言之，变频损耗的测量，是在RF与IF频率不同的情况下进行，导致测量更困难。此时该测量是在非比值测量下完成的，这是因为不存在可选的基准信号。在混频器测量中，合适的合成器与接收机很重要。一台矢量网络分析仪简化了合成器的设置。其允许在固定本振—LO或固定中频—IF之间，进行简单的选择。另外，一台矢量网络分析仪，也简化了接收机的设置。其

允许在上变频($|RF + LO|$)与下变频($|RF - LO|$)，或无变频之间(接收机为快速泄漏信号测量，而直接设到RF频率)进行简单选择。更完善的方案，还可以使用多源控制。图3表示由此步序所获得的相关数据。

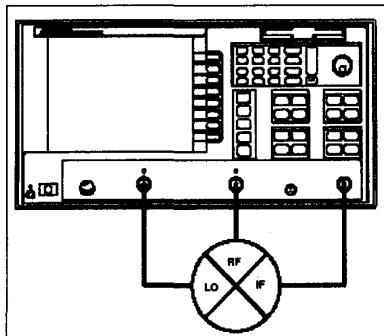


图1 使用矢量网络测量混频器的简单方框图

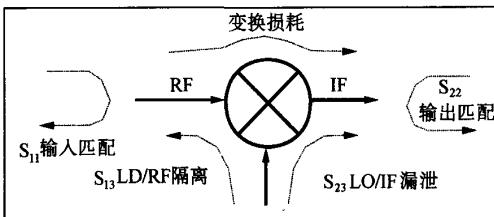


图2 典型的混频器参量和对应的VNA术语

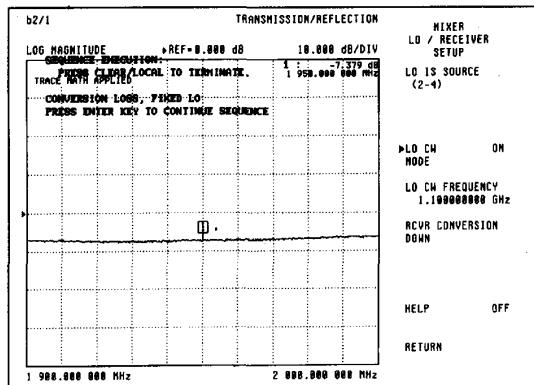


图3 由固定本振进行变频损耗测量得来的典型数据

混频器噪声系统

图4显示出了为测量混频器噪声，而简化了的混频器设置。除了一台矢量网络分析仪(VNA)外，其余以前进行混频器噪声系数测量设置相类似。为校准目的，该噪声源被连接到VNA(噪声源置于外)的端口2。完成该测量是连接此噪声源到混频器的

输入端(此为RF端口)。该测量还可在连接此噪声源到VNA(噪声源置于内)的后面板来完成。在此布局中来自噪声源的噪声被送到VNA的端口1，用于校准和测量。此布局允许在混频器噪声系统与其它混频器测量之间进行开关转换(见图5)。

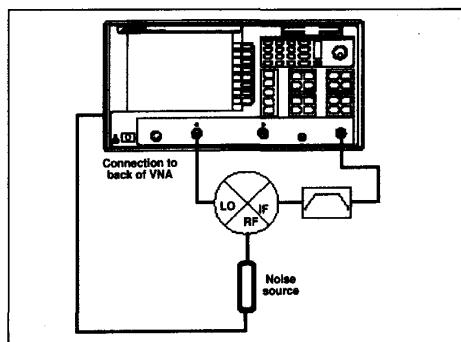


图4 混频器噪声系数测量的简单方框图

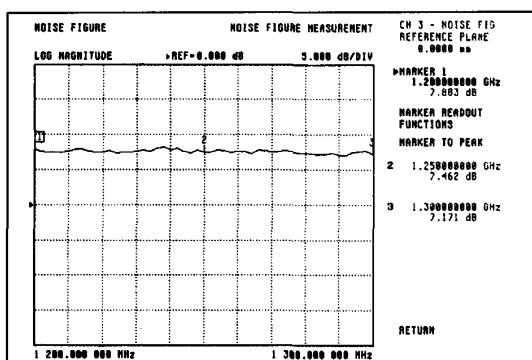


图5 来自固定本振噪声系数测量的典型数据

混频器噪声系数或许是最困难测量之一。它要求你仔细考虑以保证精确的结果。其中包括混频器带宽，单边带(SSB)校正，LO合成器质量(信噪比，相位噪声和伪信号)，环境污染，连接质量以及校准技术等。根据混频器的带宽，矢量网络分析仪，允许在宽带和窄带测量组建之间进行选择。另外，如果你指定的混频器具有宽带特性，该矢量网络分析仪的带宽则应与其它噪声系数仪器的频带相同。反之，如果混频器，具有窄带特性，此矢量网络分析仪使用可低于50~100倍的带宽。此种灵活的测量组建技术，允许在带宽边缘或最小带宽状态下进行更精确的测量。

混频器互调失真(IMD)

一台附加的外部合成器，是用来支持混频器互调失真(IMD)特性的测量。(见图6)。此布局，可

测量 IMD 分量(较高与较低分量二者)的频响。另外,矢量网络分析仪还可以计算三阶截断点(To1 或 Ip3)。图 7 和图 8 显示该计算与表征的结果。

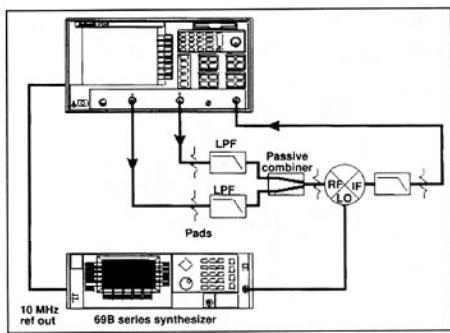


图 6 混频器 IMD 设置

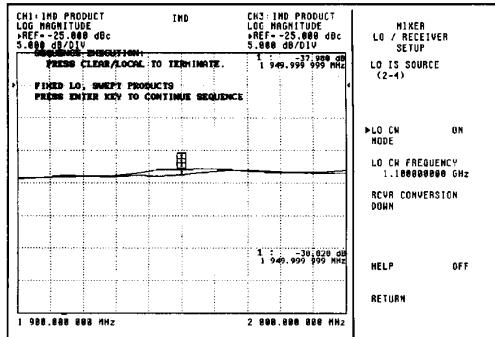


图 7 来自固定 LO 扫描的典型数据

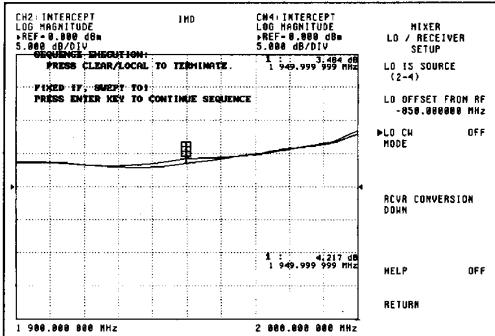


图 8 来自固定 IF 扫描的典型数据

或许最完美的混频器 IMD 测量要求三个合成器与接收机的同步,以保证精确的结果。此矢量网络分析仪可通过简单的混频器设置菜单,而完成该测量。

在扫频 IMD 测量中,双音频之间维持指定的补偿同时在所希望的各频率之间进行扫描。相对於主音频之一给出 IMD 分量。在测量中使用绝对功率电平时,截断点对频率曲线亦可被显示出来。利用此新的工具来表征混频器失真将变得更快,更容易理解。

频率转换群延时(FTGD)

用矢量网络分析仪,参照图 1 简单的方框图,来设置和测量频率转换群延时。图 9 表示此混频器测量的 FTGD 和变频损耗的双通道输出。由于失真要求,在通讯系统中,而群延时指标,也更要求严格。即使传统的群延时图形(正比於 d_ϕ/d_w ,此 ϕ 在传输测量中为 S_{21} 的相位)对许多测量都适用,但是对频率转换器件而言确是失败的。这是因为精确与稳定的相位信息,在这些普通的非比值测量中,是不容易获得到的。其一可能性,是在基准通路内放另一个混频器,但是,此只不过相对于已给的(潜在漂移或不平滑)混频器而言,却增加了测量的复杂性。

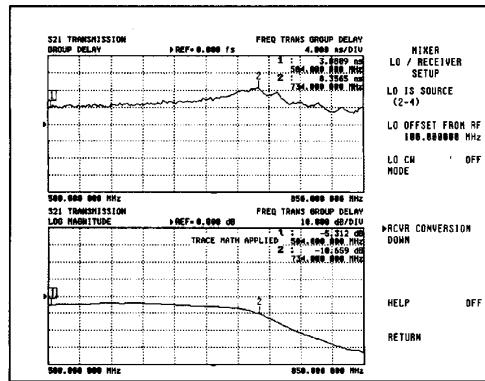


图 9 来自固定中频-IF 频率转换群延时测量的典型数据,上图数据表示群延时,下图数据表示相应的损耗。

矢量网络分析仪的测量方法,是通过调制主载波,以及观察调制信号的变化,而大大地简化了该设置。因为此调制频率在大多数混频器中都将不变,所以其相位变化则可能成为一比值测量。利用此方法,变频损耗和频率转换群延时二者,皆可通过双通道输出格式被方便地显示出来。

结束语

上述表示的“混频器测量”,分别演示了矢量网络分析仪的混频器测量能力。利用上述的联合测试设置,只要连接一次即可进行所有的这些测量。以此方式,实现了更快和更容易的混频器测量。

将本法与设计、制造过程结合在一起,制造商可以达到另一个目标,使混频器的“鉴定”、“生产率”、“生产量”和“效率”诸多方面都发生了明显的改善。

(孙福庆)

微波射频测试仪器使用操作培训

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立, 致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养; 现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地, 推出多套微波射频以及天线设计培训课程, 广受客户好评; 并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书, 帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司, 以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



微波射频测量仪器操作培训课程合集

搞硬件、做射频, 不会仪器操作怎么行! 对于射频工程师和硬件工程师来说, 日常电路设计调试工作中, 经常需要使用各种测试仪器量测各种电信号来发现问题、解决问题。因此, 熟悉各种测量仪器原理, 正确地使用这些测试仪器, 是微波射频工程师和硬件工程师必须具备和掌握的工作技能, 该套射频仪器操作培训课程合集就可以帮助您快速熟悉掌握矢量网络分析仪、频谱仪、示波器等各种仪器的原理和使用操作…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/67.html>

矢量网络分析仪使用操作培训课程套装

矢量网络分析仪是最常用的测试仪器是射频工程师和天线设计工程师最常用的测试仪器; 该套培训课程套装是国内最专业、实用和全面的矢量网络分析仪培训教程套装, 包括安捷伦科技和罗德施瓦茨公司矢量网络分析仪的 5 套视频培训课程和一本矢网应用指南教材, 能够帮助微波、射频工程师快速地熟悉掌握矢量网络分析仪使用操作…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/34.html>



示波器使用操作培训课程套装

示波器是硬件和射频工程师几乎在每天的工作中都会用到仪器, 因此掌握示波器的原理并能够正确使用示波器是所有从事电子硬件电路设计和调试的工程师必须具备的最基本的技能。本站推出的示波器视频培训课程套装既有示波器的基本原理以及示波器性能参数对测量结果影响的讲解, 也有安捷伦和泰克多种常用示波器的实际操作讲解, 能够帮助您更加深入地理解手边常用的示波器从而更加正确地使用示波器…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/osc/49.html>