

矢量网络分析仪给微波元件分级

摘要: 本文通过对矢量网络分析仪的工作原理、影响测试的因素如速度、误差以及时域分析等内容的介绍,阐述了矢量网络分析仪对元件特别是微波元件的特性进行测试所起到的关键作用及如何选择符合测试需要的矢量网络分析仪。

关键词: 矢量 标量 时域分析 矢量网络分析仪 误差修正 动态范围

矢量网络分析仪对于保证无线通信系统所需微波元件的质量是非常关键的。如果用户正在设计或者制造微波元件,就需要能够产生微波激励信号及监测被测件(DUT)响应信号的相位和幅度的仪器。对于测量微波矢量参数而言,最有效的系统是矢量网络分析仪(VNAs)。它们在一个机箱内包含了所必需的信号源和接收机,将计算能力和所必需的软件结合在一起表达测量结果,并且总是和测试装置选项在一起出现,这些测试装置选项简化了被测件的阻抗、信号幅度和相位的测量。

矢量测试(同时测试一个信号的幅值和相位)对于描述被测件性能很关键。人们可以提取出S参数,同时也可以测试相对失真参数如群延迟(即信号相位对于噪声的导数)以及产生于复频输入的非线性元件的互调失真(IMD)。

标量与矢量

甚至标量测试如噪声系数(被测件的输入信噪比除输出信噪比)和反射系数的测试都能够从矢量网络分析仪(VNA)的使用中受益。矢量网络分析仪可以提供矢量误差修正来补偿被测件与其之间的阻抗失配,同时也可以补偿导致标量测试精度下降的误差源。

另外,矢量网络分析仪能够提供比标量网络分析仪更好的噪声性能。矢量网络分析仪使用调谐的接收机,而标量网络分析仪倾向于使用二极管检波方案,这个方案固有的噪声较大。也就是说,标量网络分析仪的供货商开始致力于解决标量测试中需要低噪声的问题。今年二月,IFR公司介绍了一种噪声性能与矢量网络分析仪相当的标量网络分析仪。如果用户需要好的噪声性能而不需要S参数测试功能,该仪器是一个合算的选择。

如果一台矢量网络分析仪正好满足用户的应用要求,在做选择(见表1矢量网络分析仪的供货商清单)前用户应该考虑几个因素。选择满足用户频段要求的仪器是非常关键的。用户选择的矢量网络分析仪的频段越接近应用频段,作出的选择将会越

经济。安立公司的闪电(Lightning)系列为用户提供 了 65GHz 及低于 65GHz 的宽阔的选择空间。如果用户选择该公司的 50GHz 型号产品(起价为 99,500 美元),则比用 65GHz 产品可以节省 20,000 美元。

除频段和价格外,用户应该评估噪声性能、测试速度、测试装置和校准设备的可用性、内置计算处理能力、随机附带的软件、图形用户界面以及和外部计算机的兼容性能,尤其是那些用于模拟微波设计方面的。在这些方面对矢量网络分析仪的工作原理有大致了解将有助于用户作出有效的选择。

矢量网络分析仪工作原理

一台矢量网络分析仪可以不断地测试被测件由输入合成信号引起的响应,该信号是在程控的频率或者功率范围内进行扫描。事实证明频率扫描在描述无源滤波器或者有源滤波器方面很有用,而功率扫描可以描述功率放大器的非线性性能。矢量网络分析仪信号源部分的“扫描”一词有细微的用词不当,因为现代矢量网络分析仪使用数控合成器提供的是离散步进而不是连续的扫描。典型的“扫描”是由 201 到 1601 个离散的点组成。

矢量网络分析仪接收机使用可编程的中频带宽,用户就可以据此在比较噪声和动态范围性能的前提下调节并优化扫描速度(对整个测试时间而言亦可如此)。通常情况下,窄的中频带宽意味着低噪声和较大的动态范围——对于一个固定的最大输出电平,动态范围取决于噪声电平。

因此,窄的中频带宽可以提供给用户被测件更精确的描述,但是要花费更多的测试时间为代价。例如,安捷伦科技公司前惠普 86 年推出的 8753E 产品,使用 6kHz 中频带宽,可以实现每秒 7.5 次 201 点扫描,而曲线噪声峰—峰值为 0.04dB。中频带宽减少到 3kHz 可以将噪声曲线峰—峰值改善到 0.02dB,而扫描速度降低为每秒 4.75 次。一般说来,中频带宽每减少 10 倍,接收机的噪声基底就可以降低 10dB。

并非所有的矢量网络分析仪的供货商都认为窄

的中频带宽是件好事情。Credence Systems 公司,是以 MI 4115A 型 MVNA(调制矢量网络分析仪)产品进入矢量网络分析仪领域的新公司,打赌说测试宽带 CDMA 和蓝牙器件需要由宽中频带宽矢量网络分析仪才能提供最好的服务,而宽中频带宽矢量网络分析仪可为被测件提供实际的调制信号而非传统矢量网络分析仪仅能提供正弦波。使用这个方法的目的在于揭示被测件在窄带扫描测试中被隐藏起来而在实际工作中却可能产生的非线性特性。MI 4115A 是以 15MHz 宽带和 6kHz 窄带带宽提取 S 参数数据并进行矢量误差修正的系统。宽带动态范围是 80dB;在宽带模式下,仪器能够获得 60M/s 的取样速率。但是宽带功能需要额外的费用:2.4GHz 的 MI 4115A 价格为 125,000 美元,而大约相同频段的传统窄带仪器价格仅为 40,000 美元。

基于矢量网络分析仪的典型测试是由以下几个步骤组成,操作者将被测件连接至测试仪器,进行一次矢量网络分析仪测试,调节被测件并重复测试,接着重复整个过程直至被测件符合规格要求。然后操作者进行下一个被测件的测试。操作者用于等待矢量网络分析仪进行一次扫描、提取数据、处理数据和显示测试的时间都属于被浪费的时间。

提高测试速度

并不令人意外的是,传统的矢量网络分析仪供货商,包括安捷伦、安立和罗德施瓦茨一直致力于在保持良好的噪声性能同时提高测试速度。安捷伦去年推出的 PNA 系列型号在给定的噪声电平下提供比以往仪器快至少 6 倍的测试速度。公司报告称 8753E 提供 120dB 动态范围的扫描需要 43 秒,而 PNA 型号只需要 1.2 秒。

但是在评价测试速度时一定要当心。用户将会看到一些说明如“每点 35 微秒”,但是真正重要的是完成典型的 51、101、201、401、801 或者 1601 点扫描总共需要的时间。因此,用户必须留神产品手册中夸大的广告词而深入钻研仪器的数据资料。

全部的测试时间不只取决于仪器的扫描和处理速度。难以进行测试设置以及测试结果难以令人理解的仪器都极大地延误了测试时间,这种情况就如同操作者与仪器之间在进行斗争一样。存储测试的设置并能随后调用该设置的功能是减少操作者失误的关键。诸如彩色显示和光标的功能可以帮助操作者准确快速地理解测试结果。

除了测试速度,用户评价一台矢量网络分析仪的能力需要以测试数据不使公司的网络过载为依

据。矢量网络分析仪诸如安立(Anritsu)的天蝎(Scorpion)提供了板载非易失性存储器和磁盘存储器,因此不需要通过外部通讯通道传输连续数据。(天蝎(Scorpion)将 1601 点 S 参数数据存储在 102.8kbytes 大小的文件。)当用户准备对外部传输天蝎(Scorpion)数据时,可以使用仪器的 IEEE-488、RS-232、SCSI-2 或者以太网端口。天蝎(Scorpion)也含有与外部 VGA 监控器、并行打印机和键盘进行连接的连接器的。

由于配备完整的 Windows2000 操作系统,安捷伦的 PNA 在连通性方面则迈出了更远的一步 PNA 允许设计和测试工程师使用多种工具,包括 COM/DCOM 技术;视窗(Windows)兼容程序语言如安捷伦 VEE、微软 Visual Basic 和 Visual C++ 或者 NI 公司的 LabVIEW;以及处理测试数据和创建测试报告的办公室应用软件。PNA 的视窗(Windows)界面允许用户进行电子校准和在线访问、使用上下文相关的帮助及内置的指南和手册。用户可以建立四个激励设置并同时显示 16 个曲线。

有一些类型的误差困扰着微波测试。环境因素如温度,影响许多测试,并不仅仅对微波网络的测试有影响。这些误差称为漂移误差,可以通过控制影响它们的环境因素对其进行控制。换句话说,如果温度漂移影响了测试精度,用户应该升级自己的空调或者加入一个补偿因子调节测试结果使其与实际的环境条件相符。漂移误差也能由测试设备的硬件产生,如连接器随着时间的推移而变得恶化。用户可以在这些元件的恶化影响测试结果前更换它们以减少这些误差。

随机误差也能困扰测试。从操作者将被测件连接至测试装置的过程中不可预知的无规律性到仪器噪声电平的随机波动,这些都可能引起随机误差。解决这样随机误差的方法也是从提高操作者的技能到增加仪器功率(来提高信噪比)或者减小接收机的中频带宽以降低噪声基底。数据平均也可以将随机误差引起的影响减小到最低程度。大部分矢量网络分析仪都提供不同形式的数据平均功能。例如,安立的天蝎能够提供多达 4096 个数据点的平均,在一次扫描过程中每个点都进行平均。前面板上有开关控制平均功能的打开或者关闭。

然而,其它的一些误差对测试设备的结构而言是可以精确描述的,因此是可预知的。如果一台矢量网络分析仪具有必备的智能的话,它就能够通过计算补偿这些“系统误差”。如果用户习惯于低频测试,

那么这些系统误差就类似于进行低阻抗元件测试时的万用表表笔之间的阻抗。在微波频段,可能的误差变得更加复杂。对于一个双端口网络而言,用户将会发现当端口 1 提供激励信号而端口 2 测试响应时这些系统误差来源于:

- 串扰 不连接被测件,端口 1 的输入信号将导致端口 2 的串扰信号。
- 方向性 一台合成信号发生器产生一个激励信号通过端口 1 提供给被测件。在矢量网络分析仪中,信号的值决定于参考接收机,理想状态下通过耦合器获得,而耦合器的响应随能流方向的变化而变化。
- 源失配 理想的矢量网络分析仪性能取决于测试系统与被测件之间理想的阻抗匹配,然而并不存在理想状态。
- 负载失配 理想状态下,连接至端口 2 的矢量网络分析仪接收机与被测件输出阻抗匹配,但是如上所述,并不存在理想状态。
- 反射跟踪 被测件输入跟踪参考接收机信号的能力。

能力。

• 传输跟踪 被测件输入跟踪被测件接收机信号的能力。

当端口 2 提供激励信号而端口 1 进行测试时,重复出现这 6 个误差,共计 12 个误差项,称为“12 项矢量误差修正”。

矢量网络分析仪配有软件并具有为用户进行运算的功能。用户所需要做的就是选定校准标准,这可从矢量网络分析仪供货商那儿购买或者从网站上获知,如从 Flann(www.flann.com)、Focus Microwaves(www.focus-microwaves.com)、Maury Microwave(www.mavrymw.com)、Oleson Microwave Labs(www.oml-mmw.com)或者 Storm Products(www.stormproducts.com)等处获得。

时域分析

矢量网络分析仪基本上是工作在频域状态下的,它的主要任务就是在所需频率范围内直接测试 S 参数,S 参数类似于复数阻抗。然而,矢量网络分析仪,如罗德施瓦茨的 ZVR,能够象时域反射计一样用傅立叶反变换将频域数据通过运算得到一个结果。

时域显示能够帮助电缆故障定位,同时脉冲和阶跃响应的时域显示能够使元件设计者观察到频域状态下不易显示出来的现象。ZVR 具有选通功能,它能够从测试结果中筛选出不需要的时域信号。然后选通时间信号能够转换到频域以提供被测件,更精确的 S 参数表示而不会含有外部电缆传递给被测件的虚假数据。

由于生产厂商使他们的仪器适应于不断变化的应用领域、矢量网络分析仪面对越来越多功能更强大的标量分析仪的挑战以及成熟的仪器(如阻抗分析仪)也闯入了传统矢量网络分析仪领域,用户盼望能够看到矢量网络分析仪技术的变化。

一篇阐述了对于阻抗测试“网络分析仪提供了不适当的解决方案”观点的文章发表在一个竞争者的网站上,原因是“因为其不可靠的测试结果及从测试数据中去除夹具产生误差的复杂性”。这是一个轻率的结论,毫无疑问,如阻抗分析仪这样的仪器在只进行阻抗测试的应用中是非常经济的选择。但是科技的进步将使矢量网络分析仪一直处于在表征微波元件特性的最前沿。 (王尊峰 郭敏)

表 1 微波矢量网络分析仪

生产厂商	型号	频率范围	
安捷伦公司 www.agilent.com	8712ET/ES	300kHz~1.3GHz	
	4396B	100kHz~1.8GHz	
	PNA 系统		300kHz~3GHz
			300kHz~6GHz
			300kHz~9GHz
	8719ET/ES	50MHz~13.5GHz	
	8720ET/ES	50MHz~20GHz	
8722ET/ES	50MHz~40GHz		
安立公司 www.anritsu.com	Scorpion 系列	10MHz~3GHz	
		10MHz~6GHz	
	Lightning 37000C 系列	22.5MHz~8.6GHz	
		40MHz~13.5GHz	
		40MHz~20GHz	
		40MHz~40GHz	
40MHz~50GHz			
40MHz~65GHz			
Credence Systems 公司 www.credence.com	MI4115A	800MHz~2.4GHz	
R&S 公司* www.rohde-schwarz.com	ZVR	9kHz~4GHz	
	ZVC	20kHz~4GHz	
	ZVM	10MHz~20GHz	
	ZVK	10MHz~40GHz	

* 在北美,由泰克公司(Beaverton,OR,800-833-9200,www.tek.com)提供 ZVR 和 ZVC 两种型号的矢量网络分析仪。

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测量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练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练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>