

# 说说网络分析仪

辽宁省计量科学研究院 周玉茹

在飞速发展的无线电领域内,网络分析仪是近几年内新出现的测量仪器,它主要用于测量四端网络、滤波器、放大器等等。它的出现替代了过去模拟测量滤波器、放大器的方法,使测量工作变得更为自动化和精确。

网络通常分为线性网络、非线性网络、无源网络、有源网络等。有时网络根据其引出端的数目分类:具有一对引出端的网络称为二端网络,如单振荡回路;具有两对互相隔离的引出端的网络称为四端网络,如耦合振荡回路,放大器;具有 $n$ 对引出端的网络称为 $m$ 端网络或多端网络。在无线电技术中以四端网络最为常用和主要,它可用作能量和信息的传输。当频率高于1MHz时,集总元件实际上变成了由基本元件加上由诸如杂散电容、引线电容以及未知的吸收损耗等这类寄生成分组成的“电路”。由于寄生成分与各个器件及其结构有关,故要预测它们几乎是不可可能的。在1GHz以上,元件的几何尺寸已可与信号波长相比拟,更加剧了因器件结构导致的电路特性变化,因此应用网络分析仪来测试这些网络参数。只要测出这些网络参量,网络的特性就完全地被确定下来了。网络参数有三大类:

(1)反射参量:用来描述网络端口的反射特性。在高频传输中,总希望电磁波传输处于行波状态,但由于网络端口的阻抗与所在传输线路特性阻抗不一致,电磁波便会在端口处发生反射,这样就引入了电压驻波比、反射系数和回波损失的概念,所有这些参数都直接与网络反射参数 $s_{11}$ 直接相关。(2)传输参量:用来描述网络对通过它的电磁波所产生的影响。通常,当电磁波通过一个线性网络时,除了在输入端口可能发生反射外,在网络的输出端传输波的幅度和相位都会发生变化。为了描述这种幅度变化的情况,引入衰减、插入损失、增益、效率等概念,还有描述相位变化,引入相移、群时延等概念。(3)谐振参量:用来描述谐振网络的谐振特性,一个网络的谐振特性仍是其反射或传输特性的反映。这些新的参量有谐振中心频率、Q值、带宽等。

网络分析仪在高频和微波频段,最常用的参量是 $s$ 参数,而对于四端网络,一般需要四个参量,这四个参量分别是 $s_{11}$ 、 $s_{21}$ 、 $s_{12}$ 和 $s_{22}$ 。 $s$ 参数是复数量,它们提供了幅度和相位的信息, $s_{11}$ 和 $s_{22}$ 具有反射系数的含义, $s_{21}$ 和 $s_{12}$ 具有电压传输系数的含义。

网络分析仪包含三个主要部分:信号源、测试装置和接收机。信号源可以是连续波信号发生器或扫描发生器。扫频发生器可以用于表征网络的宽带特性,视接收机是否具有自动增益控制而定,扫频射频输出的幅度可以是自动电平控制的,也可以无需作自动电平控制。

$S$ 参数测试装置将射频功率引向被测网络,并将表征网络 $s$ 参数所需的人射信

号、反射信号和透射信号分开。入射信号引向接收机的参考信道,而反射信号或透射信号则连接到接收机的测试信道。测试装置中备有一段可调“伸缩线”,以使参考信道和测试信道的视在电长度相等。

接收机是一个双信道矢量比值检波器,它测量出参考信道和测试信道之间的幅度比和相位差。宽带信号经向下变频到固定的中频,这个向下变频过程是一个线性过程,并不改变原有射频信号的相位信息和幅度信息。因此,增益和相位信息被保持下来,同时所有的信号处理和测量都能在一个固定的频率下进行。本地振荡器可以同步收到而使接收机自动调谐(锁相)到信号源的射频频率上,自动增益控制将测试信道幅度对参考信号幅度进行归一化。因此,为参考信道和测试信道所共有的任何幅度变化实际上都予以了消除,故只需要测量出测试信道的幅度即可求得幅度比值。

检波过程可以用下列方法来完成:(1)测量出测试信道的幅度以及参考信道与测试信道之间的相位差;(2)测量出对参考信道相位进行了归一化的测试信道的实数分量和虚数分量。第一种方法提供了便于显示传输相位和增益(或衰减)的幅度比和相位差数据。通常,显示的是幅度比的对数。第二种方法提供了极坐标形式的数据,便于显示反射系数(史密斯圆图),当显示的是幅度比的对数时,则中频衰减器被用作幅度偏调控制。当采用极坐标显示时,则中频衰减用来扩展或收缩极坐标矢量的大小。相位和增益微调是供校准显示使用的。也可以采用外部示波器,xy记录仪或电压表来显示检波器输出的数据,现代的网络分析仪还有处理显示单元,内置VBA编程功能,实现自动测量。

## 微波射频测试仪器使用操作培训

易迪拓培训([www.edatop.com](http://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>