使用安捷伦 N9340A 手持频谱仪测量 S11 和 S21 参数

应用指南

如今，无线网络安装和维护、军用通信设备安装和维护、微波和卫星链路维护、电视广播以及频谱管理机构都需要测量通信系统中的信号频谱特性，以避免干扰，保障网络的正常运转。此外，在无线通信系统中有很多射频、微波器件需要测量其传输特性和反射特性，比如放大器、滤波器、天线等，通常只需要测量其增益/插损，回损，滤波器的带宽或者驻波，并不需要相位信息。为了提高工作效率，这就需要一台配置了跟踪源的频谱分析仪。由于是在外面现场使用，测试仪器还必须具备方便携带的特性。配备了跟踪源的安捷伦 N9340A 手持式频谱分析仪不但具有很强的频谱分析功能，而且同时也提供了标量网络分析能力，可以同时完成频谱分析和传输、反射测量功能。

Agilent Technologies

传输测试

标量传输特性的测量可以用来确定被测设备的插入损耗或者增益。首先，了解传输特性测量过程中涉及的参数。

图 1 信号传输反射示意图

传输系数等于传输电压与入射电压的比值:

$$\tau = \frac{V_{Transmitted}}{V_{Incident}}$$

对于双端口网络，S_{21} 是传输系数的对数表达方式，转换公式为:

$$S_{21} = 20 \log(\tau)$$

当 S_{21} 代表衰减、插入损耗的大小时，其值是负数，当其代表增益时，其值是正数。

在测量 S_{21} 之前，首先需要配置 N9340A 的频谱分析仪 / 跟踪源系统。如图 2 所示，被测件的输入端口连接到 N9340A 的 RF OUT 端口。把被测件的输出端口与 N9340A 的 RF IN 端口相连接。按下 N9340A 的功能键[MODE]，选择 Tracking Generator，然后按[Enter]确认，最后，按下软按键{Amplitude Off On}打开 Amplitude 选项，这样就进入了跟踪模式。

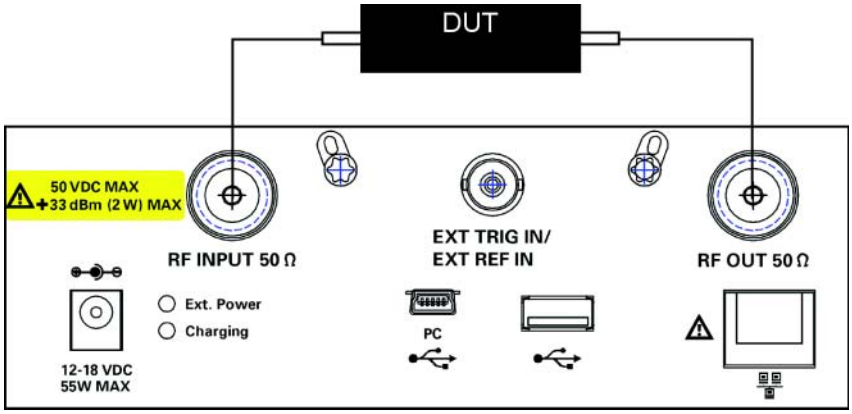


图 2 传输系数测量配置图

为了使传输系数 S_{21} 的测量结果更精确，请参考下列步骤来设置器件:

1 根据被测件的实际需求来设置 N9340A 的频率、分辨率带宽、扫描时间、输入衰减、跟踪源的输出信号幅度等。

2 移去被测件，使用标准连接器来替代被测件，使 N9340A 的跟踪输出与 RF IN 直接连接。然后打开归一化(Normalize)功能，确定一个 0dB 的参考点。

3 把标准连接器换成被测件，这样得到的测量结果即是被测件的传输系数 S_{21}。

参考下列步骤来测量带通滤波器 $|S_{21}|$:

1 首选打开跟踪源的输出，根据所要测量的滤波器指标来设置频谱分析仪的各个选项。例如，当需要测量滤波器的带内纹波时，可以将span设置成小于滤波器的通带带宽，把垂直显示刻度设置为1dB每格以便获得更好的显示分辨率。如果需要测量滤波器的阻带衰减，可以将span设置为大于滤波器的通带带宽和采用小的分辨率带宽(RBW)，这样就可以降低频谱分析仪的噪底，获得更大的动态范围。以上设置一旦确定，在后续的测量过程中就不能再更改了，否则，会出现归一化错误，得到不精确的测量结果。

2 在测量之前，先将跟踪源的输出端口与频谱分析仪的 RF 输入端口直接相连，测量入射信号的电平，然后把这个信号做归一化，作为参考信号。由于电缆，跟踪源和频谱分析仪的频响影响，在未作归一化之前的测量谱线是不平坦的，可以通过下面操作进行归一化，使之为一条平坦的参考谱线: [MEAS]> [Normalize OFF] > [Store Ref 1->4] > [Normalize On] 归一化谱线的显示位置可以通过 {Norm Ref Lvl} 来调整。

3 把滤波器连接在跟踪源的输出端口和频谱分析仪的RF IN端口之间，就可以进行传输参数的测量。

反射测量

标量反射测量反映了在入射波中有多少能量被被测设备吸收，从而揭示了被测设备和传输线特性阻抗Z0之间的失配度（Z0典型值为50欧姆）。大多数情况下，源输出的能量只有一部分被接收设备吸收，另一部分被反射回源。通过入射和反射信号可以确定能量的传输效率，对应于图 1 定义反射系数 r 如下:

$$\gamma = \frac{V_{Reflected}}{V_{Incident}}$$

用 S_{11} 来表示其对数结果，其转换公式为:

$$S_{11} = 20 \log(\gamma)$$

反射系数r等于反射电压除以入射电压，如果用与传输线特性阻抗完全匹配的负载连接传输线，则发射功率全部被负载吸收，反射系数r=0。如果在传输线终端连接一个开路器或者短路器，则反射系数|r|=1，入射功率全部被反射回源。因此，除了某些有源电路，例如振荡器的 S_{11} 大于 0 dB 外，S_{11} 的取值范围通常在 0 到 -∞ dB 之间。同传输测量一样，在进行反射测量之前需要先配置 N9340A 的相关控制参数，使 N9340A 工作在频谱分析仪 / 跟踪源模式下。此外，还需要一个信号分离器件，这个器件可以把输入信号和反射信号进行分离，比如电桥或者定向耦合器均可完成此功能。

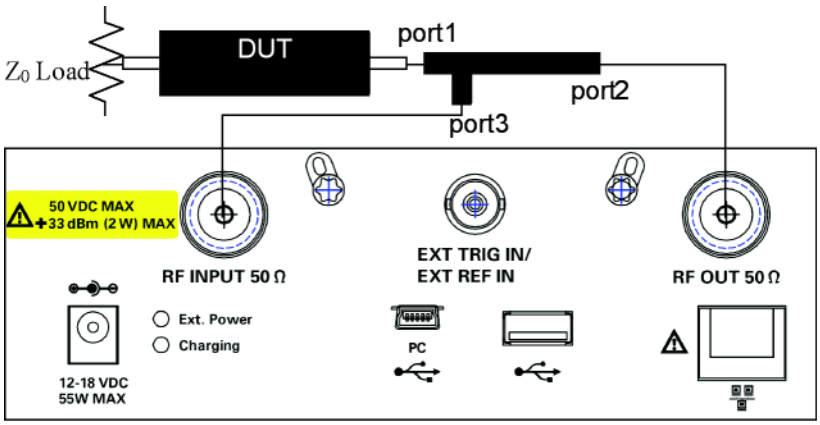


图 3 反射系数测量配置图

通过以下 3 步即可测量出反射系数:

1 根据被测件的具体情况来设置 N9340A 的频率、分辨率带宽、扫描时间、输入衰减、跟踪源的输出信号幅度等。

2 使用开路器或者短路器来代替被测件，进行归一化，确定 0 dB 的参考点。

3 把开路器或者短路器换成被测件，这样得到的测量结果即是被测件的 S_{11}。

下面，使用上例中的滤波器来详细说明 $|S_{11}|$ 的测量:

1 首选打开跟踪源的输出,根据被测滤波器的指标来设置频谱分析仪的相关参数。例如，频率范围，分辨率带宽，输入衰减，跟踪功率等。以上设置一旦确定，在后续的测量过程中就不能再更改了，否则，会出现归一化错误，得到不精确的测量结果。

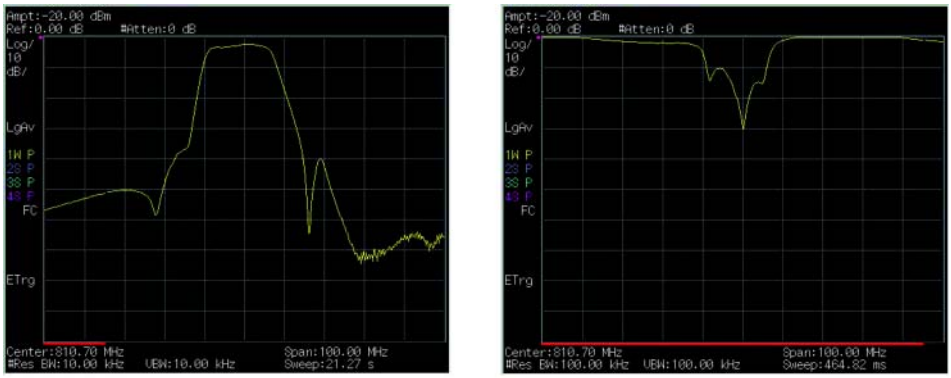
2 在测量反射系数之前，必须先确定一个参考电压，进行归一化。这里采用端接开路器形成全反射时的反射功率作为参考电压，将图3中的DUT使用开路器代替，反射波经过定向耦合器后进入到频谱仪的 RF IN 端口，然后进行归一化，把此时的功率作为 0 dB 参考功率(全反射，|r|=1, 20 lg1=0 dB)。

   N9340A 的操作步骤如下: [MEAS] > [Amplitude On] > [Normalize OFF] > [Store Ref 1-> 4] > [Normalize On] 同样，归一化谱线的显示位置可以通过 {Norm Ref LvL} 来调整。

3 将终端开路器换为DUT带通滤波器，将滤波器的另一端连接上50 Ω匹配负载，此时得到的频谱曲线即为滤波器的反射系数 $|S_{11}|$。

测量结果

图 4 为上面实例中的 $|S_{21}|$ 和 $|S_{11}|$ 测量结果曲线，在使用 N9340A 测量 $|S_{21}|$ 的时候，由于频响、源和负载之间的阻抗失配原因使测量的结果存在一定的误差。通过归一化可以消除频响误差影响。此外，通过衰减器，可以减小源和负载之间的阻抗失配误差。因此，在上面的测试实例中，在 N9340A 的跟踪源输出端口和 RF 输入端口分别串接一个 10 dB 的衰减器改善匹配，减少失配误差。



$|S_{21}|$　　$|S_{11}|$

图 4　滤波器 |S| 和 |S| 的测量结果图

对于 $|S_{11}|$ 的测量，由于频响、定向耦合器的方向性、源和负载阻抗失配的原因而存在着一定的误差。可以采用归一化消除频响误差，在被测件和电桥之间串接 10 dB 衰减器来改善阻抗匹配，减少失配误差，为了减小方向性误差，可以使用方向性高的定向耦合器，例如安捷伦的 86205A，该电桥具有 40 dB 的高方向性; 对于误差的具体计算，请参阅安捷伦应用文档 5966-1650E。

附表　仪器及附件列表

仪器及附件	所属公司	型号
频谱分析仪	安捷伦	N9340A
电桥	安捷伦	86205A
电缆	安捷伦	N6314A
10 dB 衰减器	安捷伦	8491A
50 Ω 开路器	安捷伦	85054D

欢迎订阅免费的

安捷伦电子期刊

www.agilent.com/find/emailupdates
得到您所选择的产品和应用的最新信息。

Agilent Direct

www.agilent.com/find/agilentdirect
高置信地快速选择和使用您的
测试设备解决方案

Agilent Open

Agilent Open 简化连接和编程测试系统的过程，以帮助工程师设计、验证和制造电子产品。Agilent 的众多系统就绪仪器，开放工业软件，PC 标准 I/O 和全球支持，将加速测试系统的开发。要了解更详细的情况，请访问：**www.agilent.com/find/openconnect**。

LXI

www.lxistandard.org
LXI 是 GPIB 的 LAN 基继承者，提供更快和更有效的连通能力。安捷伦是 LXI 联盟的发起成员。

有关安捷伦开放实验室暨测量方案中心和安捷伦测试与测量技术认证，
请访问：**www.agilent.com.cn/find/openlab**

安捷伦电子测量事业部中文资料库：**http://www.tm.agilent.com.cn/chcn/**

Remove all doubt

使您的设备恢复如新并准时送还

安捷伦承诺经我们维修和校准的设备在返回您时就像新设备一样。安捷伦设备在整个生命期中都保持其全部价值。您的设备将由接受过安捷伦专业培训的技术人员，使用全新的工厂校准规范，自动维修诊断步骤和正品备件进行维修和校准。您可对您的测量充满信心。

安捷伦还为您的设备提供各种测试和测量服务，包括入门级培训、现场培训，以及系统集成和项目管理。

要了解有关维修和校准服务的详细情况，请访问：

www.agilent.com/find/removealldoubt

www.agilent.com

请通过 Internet、电话、传真得到测试和测量帮助。
在线帮助：www.agilent.com/find/assist
热线电话：800-810-0189
热线传真：800-820-2816

安捷伦科技有限公司总部
地址：北京市朝阳区望京北路 3 号
电话：800-810-0189
(010) 64397888
传真：(010) 64390278
邮编：100102

上海分公司
地址：上海市西藏中路 268 号
来福士广场办公楼 7 层
电话：(021) 23017688
传真：(021) 63403229
邮编：200001

广州分公司
地址：广州市天河北路 233 号
中信广场 66 层 07-08 室
电话：(020) 86685500
传真：(020) 86695074
邮编：510613

成都分公司
地址：成都市下南大街 6 号
天府绿洲大厦 0908-0912 室
电话：(028) 86165500
传真：(028) 86165501
邮编：610012

深圳分公司
地址：深圳市高新区南区
黎明网络大厦 3 楼东区
电话：(0755) 82465500
传真：(0755) 82460880
邮编：518057

西安办事处
地址：西安市高新区科技路 33 号
高新国际商务中心
数码大厦 23 层 01-02 室
电话：(029) 88337030
传真：(029) 88337039
邮编：710075

安捷伦科技香港有限公司
地址：香港太古城英皇道 1111 号
太古城中心 1 座 24 楼
电话：(852) 31977777
传真：(852) 25069256

香港热线：800-938-693
香港传真：(852) 25069233

E-mail: tm_asia@agilent.com

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改
©Agilent Technologies, Inc. 2008

出版号：5989-7661CHCN
校　稿：祁萌
2008 年 4 月　印于北京

Agilent Technologies