

确保矢量网络分析仪夹具内器件特性的精度

射频和微波系统中元件和子系统的小型化显著减少了同轴连接器的数量, 而用直接印制电路板(PCB)安装来代替同轴连接器。因此, 在确定器件的特性时, 应与矢量网络分析仪的常用接口相连。测试夹具代替了这类接口并提供了优良的解决方案, 但测试夹具结构必须精确设计, 且特性为已知。此外, 夹具对电路的影响必须从测量结果中除去。夹具还须加以校准, 通常是借助短路—开路—负载—直通(SOLT)校准技术进行校准。为了获得精确、重复的测量结果, 全面了解进行夹具内测量的过程是重要的。对用来评估移动电话的带通滤波器的夹具进行校准, 可以为必须考虑的细节和处理过程提供一个范例。

用来测试带通滤波器的典型夹具。该夹具的SMA连接器是与网络分析仪

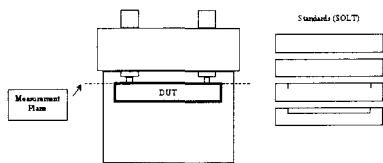


图1 用来测试带通滤波器的典型夹具

的接口, 而“Pogo”型连接器则与被测滤波器相连(见图1)。

夹具内标准

全套夹具标准由短路器、开路器、负载和直通段组成, 且尺寸与被测件相同, 所以它们在校准期间可以插入夹具。这样还可以使“Pogo”引脚对标准和被测件均保持相同的触压面积, 从而有助于确定测量面。在校准过程中, 确定测量面是一个关键因素, 因为它决定了分析仪进行测量的位置。因此, 仔细确定这个位置能保证在测量结果中不会包含在测量面之前存在的无用的电特

性。理想情况下, 测量面应处在被测件的射频连接处。

短路标准是一块导电材料, 开路标准则是一个非导电介质块。负载标准由与短微带线相连的两个并联的100Ω电阻器组成, 短微带线的终端与插入夹具时同“Pogo”引脚接触的连接片相连。利用并联电阻器能减小串联电感, 因而能改善负载元件性能。直通标准是当插入夹具时同时与两个“Pogo”引脚相连的微带传输线。

校准标准的特性必须加以确定, 这些电气数据确定了校准配件的技术数据必须输入网络分析仪, 以便进行所需的误差修正。校准数据包括阻抗、频率、损耗、延迟、边缘电容和电感值。

确定标准的特性

为实施校准, 首先要端接与测试夹具相配合的连接器的低损耗微波软电缆, 必须用适当的校准配件和分析仪的相关校准配件技术数据进行校准。例如 Agilent 8720 ES 矢量网络分析仪以及 85052D 校准配件和技术数据文件。然后, 将夹具与分析仪相连, 将频标放在1 GHz处。由于偏置延迟方程要求在1 GHz处测量直通标准的插入损耗, 故为了一致, 其余的测量也应在1 GHz处完成。开路标准项(C0-C3)在这个频率处的影响可以忽略。

分析仪的设置如下:

初始频率	50 MHz
终止频率	20.05 GHz
测量点数	401
时域工作方式	低通步进
校准	二端口 SOLT

短路标准定义为具有全反射和180°相移。它规定了测量面所在的位置。短路标准插入夹具, 分析仪设定到测量S11, 而测量格式则设定到相位。然后,

调节端口1和端口延伸, 直到在频标处读出180°的相位。将显示的参考值调到180°, 以防在±180°处出现跳动, 而同时调节端口延伸是有帮助的。得到的值代表与测量面的偏离, 应当将其贮存起来供随后使用, 因为它是定义其余标准的依据。对于短路器, 与测量面的偏离长度为零, 因此, 偏离损耗和阻抗互不相关。

开路标准定义为具有全反射而无相移。实际开路由于存在边缘电容而很可能有一些相移。除偏置参数之外, 还必须测量边缘电容。将开路标准插入夹具, 利用对短路标准确定的值, 对端口1仍然保留端口延伸。将分析仪设置到测量S11, 最终的格式变为史密斯圆图。

边缘电容被模拟成校准配件技术数据中的“分路”元件, 因此, 史密斯圆图的标记应改变为计读导纳(G+jB)。利用1 GHz的标记, 将记录下边缘电容(C₀)。高次边缘电容项C1-C3的值到大约3 GHz的频率可忽略不计。边缘电容需输入到校准配件的技术数据中。

直通标准的偏置参数, 包括偏置延迟、偏置阻抗和偏置损耗也必须加以表征。偏置延迟是通过将直通标准放入夹具来测量的, 其中有一小部分铜连接片压在直通段的输出“Pogo”引脚一侧。端口延伸应设置到由短路标准确定的值。这时, 便测出S11参数, 测试形式转换成相位。同短路标准一样, 应调节端口1的端口延伸, 直到在频标处读出180°的相位。在这种情况下, 使显示的参考值为180°, 以避免在±180°处出现跳动, 而同时调节端口延伸也可能有帮助。在频标为1 GHz处记录下数值, 这个值与对短路标准测得的值之间的差即是偏置延迟。

将此延迟输入校准配件的技术数

表1 最终校准配件的技术数据

校准配件类型	C0(Z)	C1	C2	C3	偏置延迟	偏置阻抗	偏置损耗
短路					0	50	0
开路	41.112	0	0	0	-6.62	50	0
负载(固定)					10	45	0
直通					84.6	50.69	14.4

注：原始技术数据指标：偏置损耗和延迟=0；偏置阻抗 (Z_0) = 50 Ω ；
最小频率 = 0；最大频率 = 999；C0 - C3=0 只适用于开路标准

据中。

现在，将分析仪切换到时域低通步进工作方式并测量S11。在时域测量中，测量的格式必须设定到Real(实时)。分析仪将显示线性反射系数，直通标准的偏置阻抗可以由将频标放在两个“Pogo”过渡段之间加以确定。反射系数由方程(1)确定，由该方程可以算出Z(直通标准的特性阻抗)

$$P = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad (1)$$

$Z_0 = 50 \Omega$

偏置损耗将由测量格式变回到对数幅度并通过测量装有连接片的S11加以确定，将端口1的端口延伸调节到短路标准测得的值，将频标放在1 GHz处。进行单次扫描，将得到的数据存入存储器。若响应改变，则可利用平均因数8。然后，用一小段非导电介质材料代替铜连接片(用纸也能起作用)。进行单次扫描，记录数据迹线值和存储迹线值。在理想情况下，迹线完全重合，但由于误差信号与被测信号的相互作用，故源匹配和方向性误差会带来某些差别。

两条迹线的平均是直通标准和夹具端口1一侧的双向插入损耗。利用相同方法可以测出经过夹具端口1一侧的双向损耗。减去夹具损耗便给出直通标准的双向插入损耗。将这个数值除以2即给出直通段的插入损耗(dB)。校准配件技术数据的偏置损耗用单位G Ω / s给出。方程(2)用来计算偏置损耗，式中 Z_0 的单位为 Ω (针对直通标准计算出的Z值)，损耗的单位为dB，而延迟的单位为S。

$$\text{偏置损耗} = \frac{Z_0 \times \text{loss}}{\text{delay} \times 10 \log(e)} \quad (e)$$

对于负载标准，偏置延迟和阻抗的调节必须利用分析仪的选通功能去除夹具的影响。将负载标准插入夹具，并利用测量短路标准时所确定的值来保留对端口1的端口延伸。将分析仪切换到时域工作方式。设置选通的起止点，以便将夹具的影响从测量中移去。

继续利用选通功能，使变换中断。将测量格式变为史密斯圆图。这些数值将是串联电感，因此，标记格式必须变为R+jX。记录下得到的电感值。这是“正确”值，即通过迭代法试图确定偏置延迟和偏置阻抗所追寻的最终结果。

将短路、开路和直通校准配件技术数据输入分析仪，并对与负载元件相连的短微带线的偏置长度和阻抗作出恰当估计。将这个值输入分析仪，用夹具内

标准进行单端口校准。插入负载元件，以史密斯圆图格式测量负载元件的匹配(S11)。然后，将得到的电感值与先前记录的电感值作比较。调节偏置延迟和偏置阻抗，直到校准后的电感值与先前用选通法得到的记录值几乎一样为止。经迭代过程所得到的值便是负载标准的偏置长度和偏置阻抗。在这种情况下，偏置长度足够短，以便能忽略偏置损耗。表1示出夹具内标准的最终校准配件技术数据。表下方所示的值对应于理想校准配件的技术数据。由这个处理过程得到的值表明，尽管校准标准很精密，但并不完美无缺，通常会出现某些差异。

结论

精确的校准将给出完全相同的S21和S12响应。利用表1下方的单一校准配件的技术数据得到的结果表明，在某些频率处，迹线相差大到3dB。出现这种差别是由于校准配件的技术数据与校准标准不相符。图2中示出利用新校准配件的技术数据得到的结果。两条迹线的一致性在0.1 dB以内，这是一个明显的改善。

为了将校准配件的技术数据输入网络分析仪，可以在网址www.vnahelp.com上下载有用的VNACal kit manager软件。■

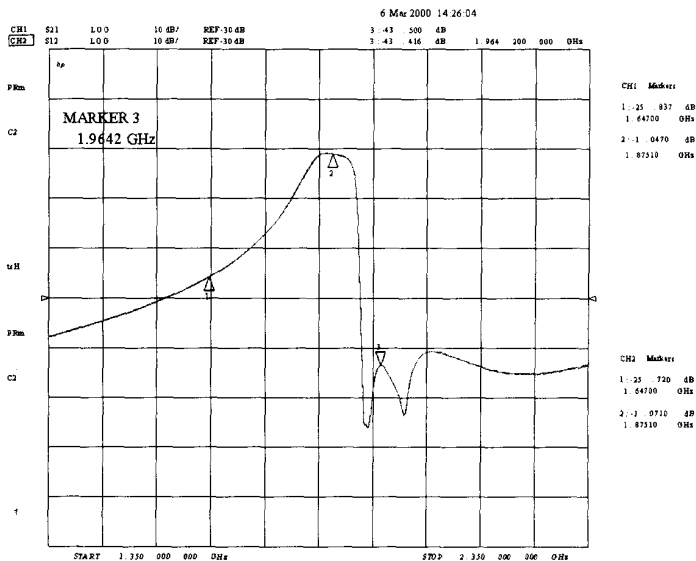


图2 利用新校准配件的技术数据而获得的响应

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>