

矢量网络分析仪误差模型分析与应用

Vector Network Analyzer Error Module Analysis and Application

方志坚, 王力
(西安电子科技大学,
西安 710071)

Fang zhi-jian, Wang li
(Xidian University, Xi'an
710071, China)

摘要: 本文对矢量网络分析仪S参数误差模型的建立及校正理论进行了研究。给出了八项误差模型建立的基本理论。并根据此理论设计了一套利用标准元件对矢量网络分析仪S参数测量进行校正的方法。简化了校正计算。

关键词: 网络分析仪; S参数; 校准模型

中图分类号: TM93

文献标识码: A

文章编号: 1003-0107(2007)06-0009-02

Abstract: It gives the 8-error module of S-parameter measurement of vector network analyzer and investigates the calibrating theory. The calibrating method of network analyzer is designed by making use of a set of devices with standard parameters by the theory. The simplified calibrating calculation is got.

Key words: Network analyzer; S-parameters; Calibration module

CLC number: TM93

Document code: A

Article ID: 1003-0107(2007)06-0009-02

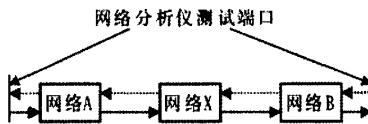
1. 引言

网络分析仪在微波测量中的应用范围非常广泛,它是进行网络S参数测量的仪器。网络的S参数只有在完全匹配的系统测量时,测量结果才准确。在网络分析仪中,既使用了无源器件(如微波开关、功率分配器、定向耦合器、衰减器等),又使用了有源器件(如接收机、微波信号源)。它们的性能通常并不理想,例如它们的端口阻抗有一定的失配,对信号的传输有一定的衰减和相移,定向耦合器的隔离度也不是无限大等。使用数学方法分析网络分析仪以及测试装置不理想引起的系统误差,通过实验方法确定其数值,并利用计算机自动修正,对精密测量网络参数和校准网络分析仪有重要科学意义和实用价值。

2. 双口网络误差模型及其改进

在实际测试中,可以将测试网络分为3个二端口网络,如图1所示。

其中网络A为网络分析仪第一端口到待测网络第一端口的传输系统,网络B为待测网络第二端口到网络分析仪的第二端口的传输系统,网络X为待测设备的等效网络。在传统误差分析模型中,通常将上述网络的信号正向传输与反向传输模型表示为12参数模型,如图2。



其中 $E_{DF}, E_{SF}, E_{RF}, E_{TR}, E_{LR}, E_{XR}, E_{XF}, E_{LF}, E_{DR}, E_{RR}, E_{SR}, E_{TF}$ 为系统误差参数, $S_{11X}, S_{12X}, S_{21X}, S_{22X}$ 待测网络S参数实际值, $S_{11M}, S_{12M}, S_{21M}, S_{22M}$ 为S参数测量值。事实上,由于S参数为网络输入与输出的电压之比,所以无论是信号正向传输还是反向传输网络的S参数是不变的。故在A网络中 E_{SF} 和 E_{LR} , E_{TR} 和 E_{RF} 是分别相等的。同理在网络B中 E_{LF} 和 E_{RR} , E_{TF} 和 E_{RR} 是分别相等的。故可

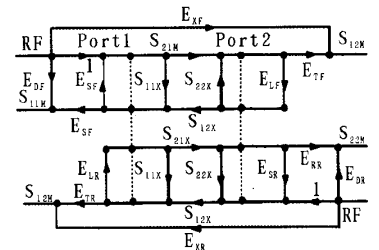


图2 12项误差参数模型

好评。该系统能广泛应用于电厂、汽车等控制领域。◆

参考文献:

[1] 邹宽明编著. CAN总线原理及应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
[2] 周立功. ARM嵌入式系统基础教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005.

社, 2005.

[3] 王田苗. 嵌入式系统设计与实例[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
[4] 三星公司S3C44B0X数据手册.
[5] 广州周立功单片机发展有限公司. sja1000_cn.

以将上述的12参数模型简化为以下8参数模型。如图3, 从而得到新的误差参数为 $S_{11A}, S_{22A}, S_{12A}, S_{21A}$ 和 C_R, C_F 。

3. 误差确定与修正

根据图3, 由Mason公式可得网络分析仪的测量值为

$$S_{21M} = C_F + \frac{S_{21B}S_{21X}}{D} \quad (1)$$

$$S_{12M} = C_R + \frac{S_{12A}S_{12X}}{D} \quad (2)$$

$$S_{11M} = S_{11A} + [S_{12A}S_{11X}(1 - S_{11B}S_{22X}) + S_{12A}S_{11B}S_{21X}S_{12X}]/D \quad (3)$$

$$S_{22M} = S_{22B} + [S_{21B}S_{22X}(1 - S_{22A}S_{11X}) + S_{22A}S_{21B}S_{21X}S_{12X}]/D \quad (4)$$

$$D = 1 - S_{22A}S_{11X} - S_{11B}S_{22X} - S_{22A}S_{11B}S_{21X}S_{12X}S_{22A}S_{11B}S_{11X}S_{22X}$$

由此可推出待测网络的实际S参数为:

$$S_{11X} = \left[\frac{S_{11M} - S_{11A}(1 + \frac{S_{22M} - S_{22B}}{S_{21B}}S_{11B})}{S_{12A}} - \frac{(S_{21M} - C_F)(S_{12M} - C_R)}{S_{12A}}S_{11B} \right] / B \quad (5)$$

$$S_{22X} = \left[\frac{S_{22M} - S_{22B}(1 + \frac{S_{11M} - S_{11A}}{S_{21B}}S_{22A})}{S_{21B}} - \frac{(S_{21M} - C_F)(S_{12M} - C_R)}{S_{21B}}S_{22A} \right] / B \quad (6)$$

$$S_{21X} = \frac{[S_{21M} - C_F]}{B} \quad (7)$$

$$S_{12X} = \frac{[S_{12M} - C_R]}{B} \quad (8)$$

只要确定(5), (6), (7), (8)式中 $S_{11A}, S_{22A}, S_{12A}, S_{22A}, S_{11B}, S_{22B}$ 和 C_R, C_F 误差参数即可得到实际值。故可以通过S参数已知的标准件, 来测量出 $S_{11M}, S_{12M}, S_{21M}, S_{22M}$ 然后求出误差参数。

(1) 把待测网络移除, 将两

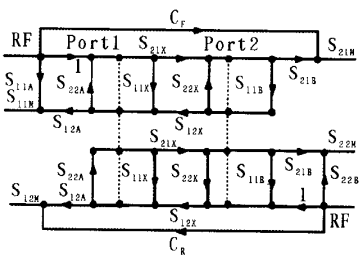


图3 8项误差参数模型

端口直联时可得

$$(S_{11X} = S_{22X} = 0, S_{21X} = S_{12X} = 1)$$

$$M_1 = S_{21M} = C_F + \frac{S_{21B}}{1 - S_{22A}S_{11B}}$$

$$M_2 = S_{12M} = C_R + \frac{S_{12A}}{1 - S_{22A}S_{11B}}$$

$$M_3 = S_{11M} = S_{11A} + \frac{S_{12A}S_{11B}}{1 - S_{22A}S_{11B}}$$

$$M_4 = S_{22M} = S_{22B} + \frac{S_{21B}S_{22A}}{1 - S_{22A}S_{11B}}$$

(2) 在两端口分别接匹配负载

时可得 ($S_{11X} = S_{22X} = S_{21X} = S_{12X} = 0$)

$$M_5 = S_{21M} = C_F$$

$$M_6 = S_{12M} = C_R$$

$$M_7 = S_{11M} = S_{11A}$$

$$M_8 = S_{22M} = S_{22B}$$

由以上8个方程可求得8想误差参数为:

$$C_F = M_5$$

$$C_R = M_6$$

$$S_{11A} = M_7$$

$$S_{22B} = M_8$$

$$S_{11B} = \frac{M_3 - M_7}{M_2 - M_6}$$

$$S_{22A} = \frac{M_4 - M_8}{M_1 - M_5}$$

$$S_{12A} = (M_2 - M_6)(1 - S_{22A}S_{11B})$$

$$S_{21B} = (M_1 - M_5)(1 - S_{22A}S_{11B})$$

将以上8项参数代入(5), (6), (7), (8)即可得到S参数实际值。

4. 实验验证

利用以上误差校准网络参数 $S_{11A}, S_{22A}, S_{12A}, S_{11B}, S_{22B}, S_{21B}$ 和 C_R, C_F 的测试值, 代入HP8510B矢量网络分析仪, 我们对一种砷化镓场效应管的进行了验证测试, 得到有关结果如表1和表2所示。

从表1和表2可以看到, 测量值和理论值吻合的比较好, 从而验证了该方法的有效性。

5. 结论

网络分析仪是由许多有源和无源元器件组成的, 它们不可能是理想的。因此, 任何实际的网络分析仪都存在多种系统误差源。本文给出通过数学的方法对传统误差模型分析, 提出新的8项误差模型, 大大简化校准过程提高校准效率, 对网络参数精密测量和网络分析仪的应用具有重要意义。◆

参考文献:

- [1] 8714ET/ES RF network analyzers programmer's guide Agilent Technology, June, 2000.
- [2] 董树义. 微波测量技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1990. 180 ~ 203.
- [3] 汤世贤. 微波测量[M]. 北京: 国防工业出版社, 1991. 347 ~ 362.
- [4] Stig Rehmtark. On the Calibration Process of Automatic Network Analyzer Systems[S]. IEEE, Trans. MTT, April, 1997.
- [5] 廖进昆, 刘仁厚. LRL校准法及其在微波测量中的应用[J]. 电子科技大学学报, Vol. 29, No. 2, April, 2000.

表1 一种测试装置的理论值

f/GHZ	S ₁₁		S ₂₁		S ₁₂		S ₂₂	
	Mag	Aug	Mag	Aug	Mag	Aug	Mag	Aug
1	0.88	-125	4.69	104	0.039	31	0.29	-154
2	0.87	-161	2.53	74	0.046	21	0.38	-164
3	0.87	-178	1.73	54	0.046	22	0.44	-167
4	0.87	168	1.34	35	0.053	17	0.47	-175
5	0.88	153	1.1	16	0.053	13	0.49	-175

表2 同一种测试装置利用误差校准网络参数后的测量值

f/GHZ	S ₁₁		S ₂₁		S ₁₂		S ₂₂	
	Mag	Aug	Mag	Aug	Mag	Aug	Mag	Aug
1	0.83	-134	4.69	95	0.059	41	0.26	-152
2	0.76	-170	2.53	68	0.071	40	0.36	-162
3	0.84	-173	1.65	48	0.1	45	0.39	-160
4	0.81	150	1.33	26	0.14	40	0.5	-164
5	0.7	148	0.94	10	0.151	13	0.47	-163

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>