

# 利用放大器和衰减器提高网络分析仪动态范围

陶成忠

(中国电子科技集团公司第38研究所 合肥 230031)

**摘要:**本文介绍了矢量网络分析仪动态范围的定义及其相关概念,讨论了提高网络分析仪动态范围的几种方法,其中外加放大器和衰减器组合法,能够最大限度提高动态范围。采用放大器,就必须考虑接收机的烧毁电平和压缩电平,采取适当的措施进行校准,以便提高系统测量准确度。

**关键词:**矢量网络分析仪;动态范围;接收机;烧毁电平;测量准确度

**中图分类号:** TN98    **文献标识码:** A

## Improve vector network analyzer dynamic range based on amplifier and attenuator

Tao Chengzhong

( CETC No. 38 Research Institute , Hefei 230031)

**Abstract:** This paper introduces the Vector Network Analyzer the definition of dynamic range and its related concepts discussed improve network analyzer dynamic range of methods, including external amplifier and attenuator combination method to maximize dynamic range. Use amplifiers, receivers must consider the level and burned compression level to take appropriate measures calibration, in order to improve measurement accuracy of the system.

**Keywords:** vector network analyzer; dynamic range; receiver; damage level; measurement accuracy

### 0 引言

PNA 系列网络分析仪是 Agilent 公司高性能矢量网络分析仪,测试动态范围大,测试精度高。随着无线电技术的发展,对测试仪表的要求也越来越高,不同的测试器件有不同的测试要求,如滤波器的带外抑制,网络分析仪的动态范围必须比滤波器抑制比高 10 dB 以上,否则误差很大。了解仪器的结构和性能,充分的扩展 PNA 的测试应用,保证各种器件的测试准确性。

### 1 动态范围的概念

动态范围通常有两种,系统动态范围和接收机动态范围。系统动态范围是指:网络分析仪信号源提供的额定功率与系统最小可测功率电平(本底噪声)之差;接收机动态范围是指:在测量中出现不可接受的误差之前,系统可以测量的最高功率电平(通常由网络分析仪的压缩指标决定)与最小可测功率(本底噪声)之差。由此可知,提高动态范围主要是提高装置的输入功率和降低接收机的本底噪声。同时 PNA 矢网有可配置测试装置选件 014 或 015,可以利用面板搭接线来旁路测试端口耦合器,而将信

号直接馈入接收机,从而提高动态范围。

### 2 采用外置放大器和衰减器组合法提高测试动态范围

提高被测件的输入功率,以使分析仪能更精确地检测和测量被测件的输出功率。然而,应当小心;功率太大可能损坏分析仪的接收机或引起压缩失真,动态范围受接收机压缩失真限制,降低接收机的本底噪声,必须减小中频带宽和采取扫描平均的办法,提高动态范围有限,而且测试速度慢;面板搭接线,绕过定向耦合器,消除耦合损耗,提高了小信号测试能力,可以提高 15 dB 动态。因此,采用外置放大器和衰减器组合法,采取分段扫描的方法,能将动态范围提高到 149 dB 以上。

#### 2.1 配置设备及要求

配置放大器、衰减器、定向耦合器以及连接电缆。

放大器:选择宽带放大器,最大输出功率小于 1 W;

衰减器:宽带衰减器,衰减量大于 30 dB。

也可以选择 Agilent 公司带有放大器、定向耦合器以及开放端口的选件,这样用户就无需重新配置测试设备。

**作者简介:**陶成忠(1973-),男,工程师,主演研究方向为微波仪器计量与雷达测试。

## 2.2 硬件连接

硬件连接如图1所示,网络分析仪的源输出经过放大器进行放大,然后经过定向耦合器,主臂送到 CPLR THRU 的输入端,再经过网络分析仪内部定向耦合器直接将信号端口1,从端口1输出,从而使端口1输出功率达到小于且接近1 W。外置定向耦合器的旁臂信号送到网络分析仪参考接收机 R1。

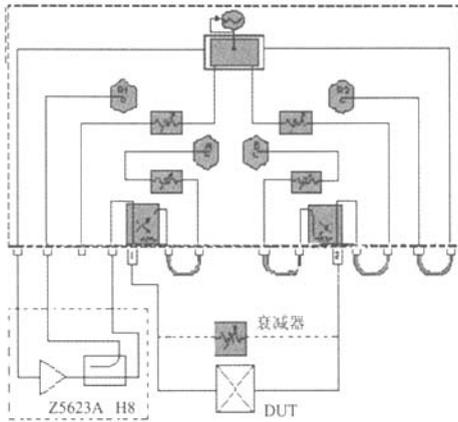


图1 硬件连接原理图

## 2.3 测试原理

首先要明确测试对象,如滤波器特性曲线如图2所示,在频率  $f_1$  和频率  $f_2$  之间,网络分析仪通常很容易准确

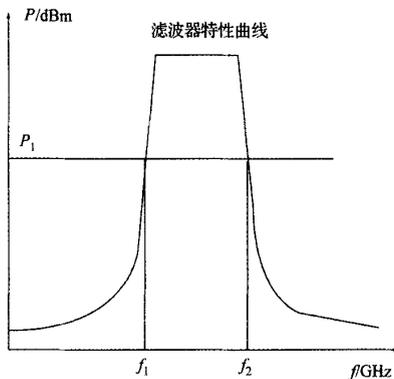


图2 滤波器特性曲线

测量滤波器特性,而频率在小于  $f_1$  和大于  $f_2$  时,滤波器特性很难准确测量。在外置放大器和衰减器组合法中,网络分析仪可采用分段扫描,将仪表频率范围设置为小于  $f_1$  段,或大于  $f_2$  段,为了保证接收机工作在线性区,端口1和端口2之间加上衰减器进行校准,测试时去掉衰减器,直接测试被测件。

## 2.4 校准过程

第1步:设置仪器状态,如频率范围、

减小中频带宽、增加扫描平均以及减小源功率使端口1输出功率在-5 dBm左右,直接校准测量外加衰减器的衰减量。

第2步:利用Memory功能,将衰减器测试数据迹线保存到Memory中,并且保存当前状态和校准数据,文件格式为“\*.csa”,以便下次调用。

第3步:增加源功率输出,使端口1输出功率最大,携带衰减器一起直通校准。

第4步:去掉衰减器,插入被测件,这是仪表显示的数据比真实数据要小。

第5步:利用PNA的数学运算功能,将测试数据进行修正。因为衰减器的测试数据保存到Memory中,采用Data \* Memory公式,将当前测量数据乘以存储器中的数据即可得到被测件的实际数据。

## 3 测试结果

根据E8362A的技术指标,测试端口输入功率在-10 dBm左右,接收机测得数值最准确,因此,选择衰减器时尽量保证测试端口功率在-10 dBm左右,实验时采用了30 dB左右的衰减器;放大器和定向耦合器是E8362A的选件(Z5623A H81)。

对系统进行校准后,测量50 dB标准衰减器,测得数据如表1所示。

表1 50 dB标准衰减器测试值

频率/GHz	0.5	2	4	6	8	10	12	14	16	18
工厂值/dB	50.919	50.904	50.914	50.886	50.912	50.843	50.761	50.771	50.676	50.637
实测值/dB	50.93	50.91	50.93	50.94	50.92	50.88	50.66	50.86	50.61	50.44
误差/dB	0.011	0.006	0.016	0.054	0.008	0.037	-0.101	0.059	-0.066	-0.197

由表1可以看出50 dB标准衰减器测试值误差在一0.2~0.1 dB之间。

重复性考核,分别对系统进行6次校准,对50 dB标

准衰减器测出6组数据,根据贝塞尔公式计算A类不确定度  $S=0.03 \text{ dB}(f=2 \text{ GHz})$ 。由此可知,测试结果能满足要求。

#### 4 结束语

采用外置放大器和衰减器组合法,极大地提高了系统的动态范围,同时保证了测试准确度。另外在高功率放大器测试中也广泛应用。因为高功率放大器通常具有2个属性:一方面,要求分析仪提供更大的输出功率;另一方面,要求分析仪能够测量大功率信号。前者需要增加放大器来提高被测件输入功率,后者需要增加衰减器保证接收机不烧毁且信号不被压缩。

因此,只有充分了解仪器性能,才能让PNA网络分析仪发挥更大作用。

#### 参考文献

- [1]盛军. 如何扩大矢量网络分析仪的动态范围[J]. 计量与测试技术, 2001, (5): 25-26.
- [2]Agileng公司. E8362A性能指标说明书[Z].
- [3]Agileng公司. E8362A使用说明书[Z].

## 《国外电子测量技术》征稿启事

### 中国科技核心期刊 电子文档投稿 众多知名专家评审 2~4个月发表周期

《国外电子测量技术》创刊于1982年,《国外电子测量技术》致力于为测量技术领域内的科研、生产及教学工作者等提供全球产业发展的最新技术动向、构建优秀产品应用信息的舞台。《国外电子测量技术》近年来得到了广大作者和读者的厚爱,稿件数量、质量不断提高,2007年并入选“中国科技核心期刊”! 2008年,本刊将秉承一贯的办刊宗旨,为作者、读者提供优质的服务,为电子测试测量行业进步贡献力量。欢迎国内外专家、学者、研究人员、工程科技人员踊跃投稿。

一、来稿范围(来稿不限于此,凡与测试测量、测控相关的具有学术和应用价值的文章均可)

- (1)测控原理、技术与系统
- (2)测量仪表与测试系统
- (3)光电检测技术与仪表
- (4)通信测量原理与仪表
- (5)传感与计量工程
- (6)传感器与检测技术
- (7)生物传感器与生物信息检测仪表
- (8)误差理论与不确定度
- (9)故障诊断理论与技术实现
- (10)数据采集与信号处理
- (11)接口技术与工业总线
- (12)测试总线与信号传输
- (13)测试仪器与电源技术
- (14)网络仪器、虚拟仪器与智能仪器

#### 二、征文类型

- (1)综述:对某一领域的技术发展现状、动态、趋势做

深入分析和评论;

- (2)理论方法:针对理论分析与实验验证,提出的新理论、模型、方法、手段;

- (3)应用研究:将该领域的理论与方法用于解决实际问题;

- (4)实践心得:在实验或者实际操作过程中总结出的经验与体会。

欢迎一线工程师为“应用研究”与“实践心得”版块投稿!

#### 三、投稿须知

- (1)来稿须原创,内容真实,突出特色与创新点,不允许抄袭侵权,不得一稿多投。

- (2)投稿时需提供中英文标题、摘要(200字左右)、关键词(3~5个),并附作者个人简介及详细通讯方式。

- (3)欢迎作者来稿提供实验数据,包括测试结果,实物照片,图表等。

- (4)论文篇幅控制在5000字以内,中图分类号、文献标识码在文内标注。

- (5)文章格式请作者投稿前参考本刊的写作模版。

(详见: [http://www.asiatest.org/Magazine\\_index.asp?id=8](http://www.asiatest.org/Magazine_index.asp?id=8))

- (6)本刊接收电子文档投稿,审稿周期2~4周,发表周期2~4个月。

网 站: [www.asiatest.org](http://www.asiatest.org)

投稿邮箱: [fedit@vip.163.com](mailto:fedit@vip.163.com)

电 话: (010)64044400(编辑部)

通信地址:北京市东城区北河沿大街79号2楼(100009)

## 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>