

## 应用天地

# 矢量网络分析仪在混频器件测试中的应用

张 娜

(上海微波设备研究所 上海 201802)

**摘 要:** 混频器的快速扫频测量一直是射频和微波领域的一个挑战, 尽管仪器供应商(如 Agilent 公司)提供了标准的解决方案, 但是有些混频器件的应用比较特殊, 如本振与射频覆盖的频率范围重合时, 应用标准的解决方案会使测量变得很复杂, 尤其在本振频率也变化的场合, 测试步骤会成倍增加。本文介绍的测量方法是从被测参数的角度出发, 根据不同的测试需要选择简单、有效的测试方法。

**关键词:** 混频器 矢量网络分析仪 标量测量 矢量测量

## Application of vector network analyzer in particular measurement of the mixers

Zhang Na

(Shanghai Research Institute of Microwave Equipments, Shanghai 201802)

**Abstract:** The measurement of the mixers under sweeping frequency is a big challenge in RF and microwave field. The instrument supplier, such as Agilent Company, provides a standard solution. However, the measurement of some mixers is particular, for example, when LO covers the same frequency range as RF, the application of standard solution will make the measurement very complicated. The measurement steps will be multiplied, especially when the LO works on many distributed frequencies. In the paper we introduce a method from the angle of the parameters of mixers, by which a simply and efficient way may be chosen according to different measuring requirements.

**Keywords:** mixer, vector network analyzer, scalar measurement, vector measurement

## 0 引 言

混频器是射频和微波系统的重要器件, 广泛应用于接收机、发射机等需要频率变换的系统中。随着射频和微波系统功能和性能的不断提高, 混频器件的结构更加复杂, 应用情形更加多样化。一般情况下, 混频器工作在单一本振频率(LO), 射频频率(RF)和中频频率(IF)满足关系式:  $f_{IF} = \pm(f_{LO} - f_{RF})$ ,  $f_{LO} > f_{RF}$  时, 取正号;  $f_{LO} < f_{RF}$  时, 取负号。但是若本振信号可以在一定频率范围内变化, 特别是当本振信号与射频信号的覆盖频率范围部分或全部重合时, 混频器的频率变换关系将变得很复杂。因此如何简便、有效地测量这类工作在特定情况下的混频器的幅频特性和相频特性, 将是工程实际中

亟待解决的问题。

## 1 矢量网络分析仪在混频器测量中的应用

矢量网络分析仪是射频和微波系统中最常用的测试仪器, 可以测试有源、无源器件的幅频特性和相频特性。对于放大器、功分器和滤波器等器件, 它们输入频率和输出频率是相等的, 因此在测量这类器件时矢量网络分析仪的源和接收机频率也锁定在相同的频率下。而混频器件是一类三端口器件, 在本振功率的驱动下将射频信号变为中频信号(下变频), 或者将中频信号变为射频信号(上变频)。混频器件的输入和输出在不同的频率范围, 因此矢量网络分析仪的同频测量方法不再适用。Agilent 公司的 PNA 系列矢量网络分析仪(如

8362B)提供了频偏测量选件,可以把网络分析仪的源频率和接收机频率分别调谐在不同的频率上,为混频器件的测量提供了硬件支持。PNA系列矢量网络分析仪根据不同的测试需求提供两种校准方式:

(1)标量校准 用于混频器件幅频特性的测量。标量校准是用外部功率计校准网络分析仪的源功率和接收机功率,然后测量混频器件的绝对变频损耗。这种校准方法可以对需要校准的频率范围进行扩展;

(2)矢量校准 用于混频器件幅频特性和相频特性的测量。在矢量校准中引入了参考混频器和校准混频器,校准完成后可以全面测量混频器件的绝对变频损耗和绝对相位特性。但是校准过程不能对频率扩展,即校准过程必须在明确的  $RF > LO$  或  $RF < LO$  的条件下完成。

## 2 矢量网络分析仪在特殊测量中的局限性

前面提到的两种校准方法都是在固定本振的情况下给出测量结果。而在实际应用中经常会遇到这样的混频器件,本振并不总是工作在单一的频率点上,而是在一定的频率范围内按一定规律变化。更特殊的应用情况是混频器的射频频率范围和本振频率范围部分或者全部重合,这时即使固定本振频率,混频器也不是固定工作在上变频模式或者下变频模式。因此在测量这类用途比较特殊的混频器件时,若完全套用标准的校准程序,会使测量变得繁琐。用矢量校准程序测量本振和射频重合的混频器,必须在固定的本振频率上,对上变频模式和下变频模式分别校准,而执行一个模式的矢量校准需要十几个步骤,因此在一个本振频率点上需要执行两次校准,如果多个本振频率需要测量,那么校准工作量会成倍增加,因此需要找到可以简化测量步骤的方法。

可以从被测参数的角度出发找到最合适的测试方法。在混频器的测量中一般比较关心的幅频特性是变频损耗,而对于相频特性一般并不关心绝对相位,而更关心的是混频器件间的相对相位。因此可以利用标量校准中的频率可扩展能力来测量本振与射频频率范围有重合的混频器的变频损耗;而在相对相位的测量中,由于并不需要测量绝对相位特性,因此不需要校准混频器,也不必执行全部复杂的校准过程,只需要利用矢量网络分析仪的频

偏工作模式直接比较不同混频器的相位。这样虽然变频损耗和相对相位的结果是分两次测量的,但是总的校准和测量步骤将明显减少。

## 3 混频器件变频损耗的测量

变频损耗定义为在给定的本振功率下输出功率的功率与输入频率的功率之比。变频损耗是混频器如何有效地将输入频率能量变换成输出频率能量的测度。由于变频损耗随本振电平而变,故需要规定的本振功率。

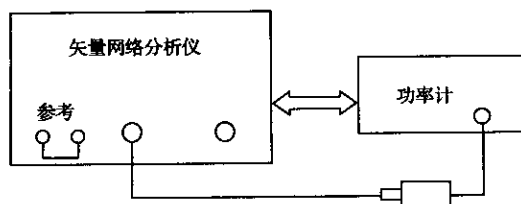


图1 矢量网络分析仪标量校准配置

网络分析仪的非比值测量可以直接测变频损耗,测量前必须对矢量网络分析仪的源功率和接收机功率进行校准。校准是利用一个外接的功率计来完成的,按图1配置网络分析仪,校准后功率计的精度就转移到网络分析仪。这种校准方法的频率范围是可以扩展的,因此在本振与射频频率范围重合的情况,可以在校准的时候把射频频率扩展为全部使用频率,把中频的范围也扩展为所有可能的中频输出范围,然后执行功率校准。这样一次校准的结果可以应用于后面所有的变频损耗测试,不必对不同本振频率都进行校准。

## 4 混频器件相对相位的测量

网络分析仪的标准矢量校准方法中需要外接一个参考混频器和一个校准混频器,参考混频器的作用是为网络分析仪内部的源提供锁相参考,校准混频器的作用是为测量绝对功率和绝对相位提供幅度和相位参考。矢量校准后可以对混频器的性能进行全面的测量,但是校准过程必须明确频率变换关系,不能进行频率扩展,也不能在上变频和下变频模式间变换。而在大多数情况下,并不关心绝对相位,而只是关心不同混频器之间的相对相位,因此可以用网络分析仪的频偏功能完成测量,如图2所示。在频偏模式下,内部源和接收机需要调谐在不同的频率上,因此这里仍然需要参考混频器为他们提供锁相参考。一般参考混频器后面需要连

接一个滤波器,减少谐波对接收机的影响。按照图 2 配置测试系统,具体测量步骤如下:

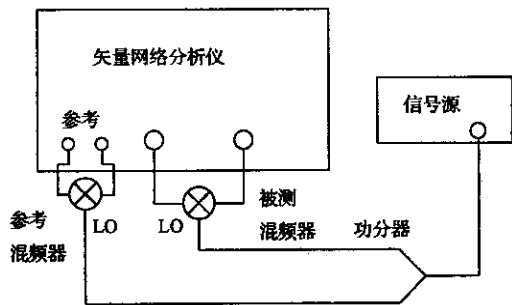


图 2 用矢量网络分析仪测试相对相位

- (1)设置射频频率扫描范围;
  - (2)设置频偏测量模式的相关参数,如频率偏移值,偏移倍数等参数;
  - (3)将锁相参考设为外部。如果把第 3 步放在第 2 步前面执行,系统的锁相环在没有接受频偏参数的情况下将无法与外部参考同步,因此必须先设置频偏参数,再开放锁相参考;
  - (4)测量相对相位。在频偏的模式下,源和接收机工作在不同的频率,不能直接测量相位,需要指定参考。所以选择测量类型的时候用比值测量,比值为  $B/R1$  (参考  $R1$  是由参考混频器提供的, $R1$  接收机和  $B$  接收机工作在相同的频率上)。将测得的第一个混频器的  $B/R1$  的相位数据存到缓存器中,然后再测量另外一个混频器的  $B/R1$  的相位,比较两组数据就得到混频器之间的相对相位。
- 这种方法用于相对相位的测量中,不需要繁琐的校准过程,只需要事先将硬件正确配置,就可以测得相对相位。如果需要改变本振频率进行测试,则重新设置频偏参数,按照上面的步骤重新执行即可。而若按照网络分析仪推荐的标准校准步骤,在改变本振频率的情况下,要重新执行十几步的校准

后才能再测试。这种相对相位测量方法不能像标量校准方法那样对频率进行扩展,在需要测量本振与射频频率重合的情况下,仍然需要对上变频和下变频分开测量。

## 5 结 论

当混频器件用于特殊的频率变换场合时,找到简便、有效的测试方法是对其进行测试和调试不可忽略的一个环节。本文中介绍的两种混频器测试方法可以在混频器件的特殊测试中组合应用,使测试中需要附加的仪器和测试步骤最小化。当需要测试混频器件在多个本振频率的变频损耗和相对相位时,则对每个本振频率按照本文中的方法分别测量。合理恰当地选择适合需要的测试方法可以为设计人员节省时间、提高工作效率,尤其在需要对大量器件测试的情况下,寻找有效的解决方案具有积极的意义。

## 参考文献

- [ 1 ] Agilent Technologies. Improving Network Analyzer Measurements of Frequency-translating Devices[Z]. Application Note 1287-7.
- [ 2 ] 江肇莲. 矢量网络分析仪和频谱分析仪测量混频器[J]. 国外电子测量技术,1999,(1):19-22 .
- [ 3 ] Agilent Technologies. Understanding the Fundamental Principles of Vector Network Analysis[Z]. Application Note 1287-1.
- [ 4 ] Agilent Technologies. Exploring the Architectures of Network Analyzers[Z]. Application Note 1287-2.
- [ 5 ] Joel Dunsmore. 利用新的矢量特性测量方法比较混频器的特性[J]. 国外电子测量技术,2004,(4):31-33.
- [ 6 ] David Ballo. Network Analyzers Simplify Mixer[J]. Test, Microwave&RF,2002(10):98-106.

# 三星电子开出发 1G 存储器

韩国三星电子公司最近投产了将存储单元与逻辑电路集成在一个芯片上的闪存存储器 OneNAND,容量为 1G。芯片的最小线宽为 70nm,数据读出速度为 108M/s,比过去 90nm 的同类产品性能提高 60%,生产效率提高 70%。该存储器的目标是

用于美国将在 2007 年推出的新操作系统 Windows Vistar 的计算机中。OneNAND 主要用于数字照相机的存储卡以及数字电视的暂存器。若推广到计算机,则将具有庞大的市场。

## 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>