

矢量混频测量



矢量网络分析仪应用文档

AN2408-P0010CN01

深圳市鼎阳科技股份有限公司版权所有

商标信息

SIGLENT 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标

声明

- 本公司产品受已获准及尚在审批的中华人民共和国专利的保护
- 本公司保留改变规格及价格的权利
- 本手册提供的信息取代以往出版的所有资料
- 未经本公司同意，不得以任何形式或手段复制、摘抄、翻译本手册的内容

产品认证

SIGLENT 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准，并进一步认证本产品符合其他国际标准组织成员的相关标准。

联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司

地址：广东省深圳市宝安区 68 区安通达工业园一栋&四栋&五栋

服务热线：400-878-0807

E-mail: support@siglent.com

网址: <https://www.siglent.com>

1 引言

混频器是通信系统中的关键器件之一，传统的性能评估一般只关注混频器的端口驻波，隔离度以及变频的幅度特性等。混频器的输入、输出频率并不相同，通过鼎阳 SNA 系列提供的频偏功能，我们可以使射频信号源工作在混频器的输入频率，接收机分时工作在混频器的输入输出频率，从而测量变频器件的特性，如传输损耗。但需要理解的是，由于接收机分时工作在不同频率，因此无法得到变频器件的相位特性，因为无法比较两个时间不同步的频率的相位，更何况不同频率的相位比较是没有意义的，所以我们将这种测量混频器参数的技术称为标量混频测量。为了得到混频器的相位特性，我们需要用到矢量混频技术。

2 混频器小信号模型

由于相位是一个相对值，其测试是需要一个参考基准的。同频器件可以直接用输入和输出信号之间的相位差来表征其插入相移，而混频器的输入输出频率不同，不能直接进行相位的比较，而且它的相位特性与工作模式有很大的关系，因此在探寻其测试方法之前，需要先对混频器的相位特性模型进行明确的定义。

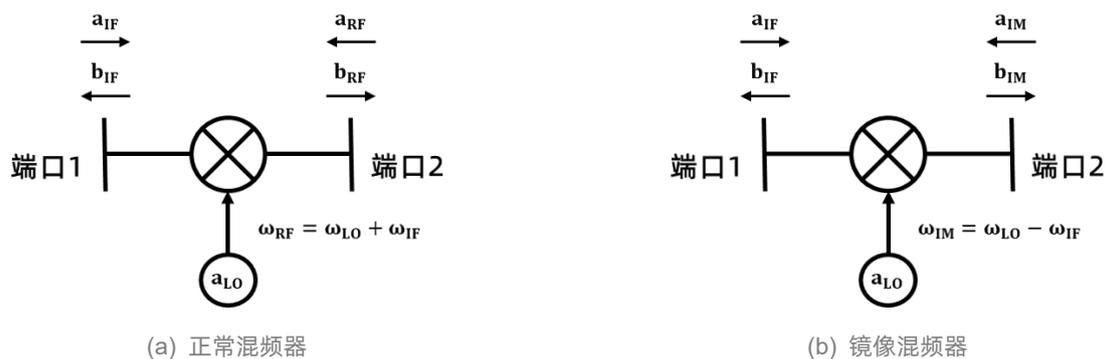
混频器的输出信号包含了很多的频谱分量，以基波混频为例，将混频器的输入信号记为 IN，本振记为 LO，两个信号相乘的数学表达式可描述如下：

$$\cos(\omega_{IN}t) \times \sin(\omega_{LO}t) = \frac{1}{2} [\sin(\omega_{IN} + \omega_{LO})t - \sin(\omega_{IN} - \omega_{LO})t]$$

混频器输出频率中会包含输入信号和本振相加以及相减的分量，同时输入信号与本振的谐波也同样会产生相加以及相减的输出分量，即为谐波混频，设计者根据实际需求在输出端通过滤波方式取出所需的频率分量。为了简化分析，下文提到的混频器均为基波混频模式，若滤波后输出信号的频率高于输入信号，则定义为上变频器，若输出信号的频率低于输入信号，则为下变频器。

虽然混频器本质上为非线性器件，但如果抛开频率的变化，若输入信号幅度变化一倍时，输出信号的幅度也变化一倍，在输入端加一个小的调制信号，输出端也会出现相同的调制信号，那么也可以将混频器的单个输出分量与输入信号之间近似看作是线性的关系，只是不同输出分量的相位和频率随着输入信号的相位/频率变化将呈现出不同的变化趋势。如果滤波后取出的输出信号频率为 $\omega_{IN} + \omega_{LO}$ ，该信号的相位和频率变化和输入信号的变化方向是一致的。如果输出信号频率为 $\omega_{IN} - \omega_{LO}$ 且 $\omega_{IN} > \omega_{LO}$ 时，该信号的相位和频率变化和输入信

号的变化方向也是一致的，这两种情况我们称之为标准或者正常模式。当 $\omega_{IN} < \omega_{LO}$ 时，此时的输出信号频率应该为 $\omega_{LO} - \omega_{IN}$ ，其相位和频率变化与输入信号的变化方向刚好相反，这种情况我们称之为镜像模式。假设本振的功率变化不影响混频器的变频特性（混频器的正常工作状态一般是在足够高的本振功率驱动下，该假设是成立的），两种模式都可以得到基于入射波和散射波的小信号模型，理想的正常混频器和镜像混频器入射波和散射波原理图如下：



理想混频器入射和散射波原理图

理想混频器的输入信号从端口 1 转换到端口 2 时，幅度与相位不变且端口没有反射，此时端口 2 的输出信号可以表示为：

$$\text{正常混频器: } b_{RF} = a_{LO} * a_{IF}$$

$$\text{镜像混频器: } b_{IM} = a_{LO} * a_{IF}^*$$

上式中镜像混频器中的 a_{IF}^* 是指输入信号的共轭，当 IF 频率/相位增加时，IM 呈现反向的变化，因此采用共轭表示，端口 2 的输出信号也可以写成如下形式：

$$b_{IM}^* = a_{LO}^* * a_{IF}$$

加到理想混频器端口 2 的信号也将被转换到输入频率，幅度和相位同样不发生变化且端口没有反射，此时端口 1 的信号可以表示为：

$$\text{正常混频器: } w_{IF} = w_{RF} - a_{LO}; b_{IF} = a_{LO}^* * a_{RF}$$

$$\text{镜像混频器: } w_{IF} = w_{LO} - a_{IM}; b_{IF} = a_{LO} * a_{IM}^*$$

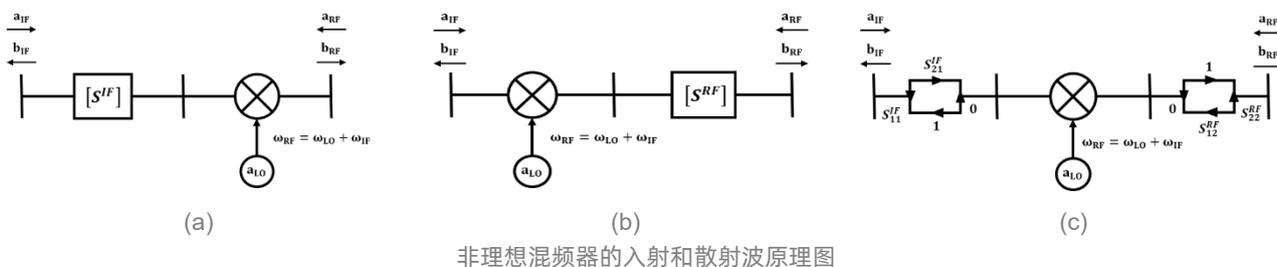
将上述表达式写成矩阵方式，可得理想混频器的散射矩阵如下：

$$\text{正常混频器: } \begin{bmatrix} b_{IF} \\ b_{RF} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & a_{LO}^* \\ a_{LO} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{RF} \end{bmatrix}$$

$$\text{镜像混频器: } \begin{bmatrix} b_{IF} \\ b_{IM}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & a_{LO} \\ a_{LO}^* & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{IM}^* \end{bmatrix}$$

其中本振的幅度不影响变频特性, $|a_{LO}| = 1$

与理想混频器相比, 真实的混频器在输入输出端口上都有反射, 信号在传输的过程中幅度和相位也会受到器件频响的影响而发生变化, 将这些影响因素都放到 IF 端或 RF 端, 或拆分到 IF 和 RF 两侧, 可得真实混频器的原理图如下:



由上图可得非理想的正常混频器散射矩阵:

$$\begin{bmatrix} b_{IF} \\ b_{RF} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}^{IF} & a_{LO}^* S_{21}^{IF} \\ a_{LO} S_{21}^{IF} & S_{22}^{IF} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{RF} \end{bmatrix} = [S^{IF}] \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{RF} \end{bmatrix}$$

$$\text{或} \begin{bmatrix} b_{IF} \\ b_{RF} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}^{RF} & a_{LO}^* S_{21}^{RF} \\ a_{LO} S_{21}^{RF} & S_{22}^{RF} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{RF} \end{bmatrix} = [S^{RF}] \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{RF} \end{bmatrix}$$

上式中, $[S^{IF}]$ 和 $[S^{RF}]$ 的值是相同的, 只是对应的索引频率不同。

以此类推, 可以得到非理想的镜像混频器散射矩阵:

$$\begin{bmatrix} b_{IF} \\ b_{IM}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}^{IF} & a_{LO} S_{21}^{IF} \\ a_{LO}^* S_{21}^{IF} & S_{22}^{IF} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{IM}^* \end{bmatrix} = [S^{IF}] \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{IM}^* \end{bmatrix}$$

$$\text{或} \begin{bmatrix} b_{IF} \\ b_{IM}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}^{IM*} & a_{LO} S_{21}^{IM*} \\ a_{LO}^* S_{21}^{IM*} & S_{22}^{IM*} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{IM}^* \end{bmatrix} = [S^{IM}]^* \cdot \begin{bmatrix} a_{IF} \\ a_{IM}^* \end{bmatrix}$$

这里的 $[S^{IF}]$ 和 $[S^{RF}]$ 的值也是相同的, 只是对应的索引频率不同。

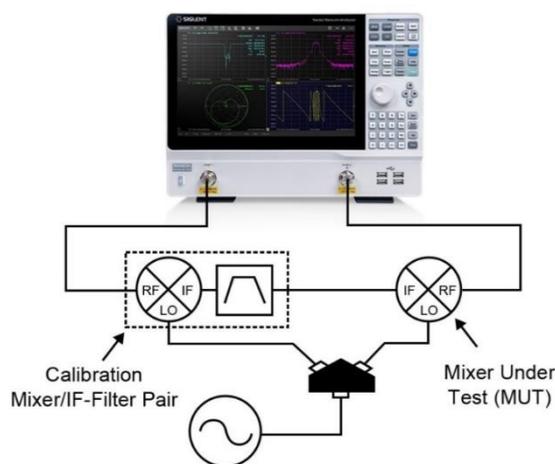
3 矢量混频测量原理

最常见的混频器相位特性测试是要得到混频器从输入端到输出端的时延特性或者相位非线性, 关注的是混频器的插入相移随频率变化的斜率, 或者不同频点上的插入相移变化量。从上节得出的散射矩阵模型可知, 尽管已经忽略了本振的功率对混频器频响特性的影响, 本振信号的相位变化也将体现在混频器的输出端。因此, 测试时需要根据实际情况考虑本振相位对于变频特性的影响。现有的混频器时延或相位非线性测试方法主要有向上/向下转换法, 调制信号法, 矢量混频器测试法和相位相参接收机测试法(标量混频+相位)等。

矢量混频测量

测试方法	校准混频器	精度	频率分辨率	动态范围	嵌入式本振	相位一致性
向上/向下转换法	需要	中	高	高	不支持	支持
调制法	不需要	低	低	低	支持	不支持
矢量混频器测试法	需要	高	高	高	支持	支持
相位相参接收机测试	不需要	高	高	高	支持	不支持

因 5000 系列没有参考通道，无法将参考接收机的工作频率锁相到被测混频器的输出频率，所以采用向上/向下转换法测量被测混频器的矢量 S 参数，其测量示意图如下。该方法是采用一个额外的与被测混频器(MUT) 频率范围相同，变频方向相反的逆变换混频器/互易混频器（可以上变频也可以下变频，两个变频方向的传输特性一致，即 $S_{21}=S_{12}$ ），两者本振共享。将两个变频器串联后形成的链路，输入和输出信号则是同频的，可以直接用网络分析仪进行幅度和相位测试，得到串联后链路的传输特性，即为 MUT 和逆变换混频器传输特性的乘积。可以看到测量时频率变化过程为：矢网激励端口输出->校准混频器下变频->被测混频器上变频->矢网接收端口接收。经过向下再向上变频后，矢网两个端口的信号频率相同。



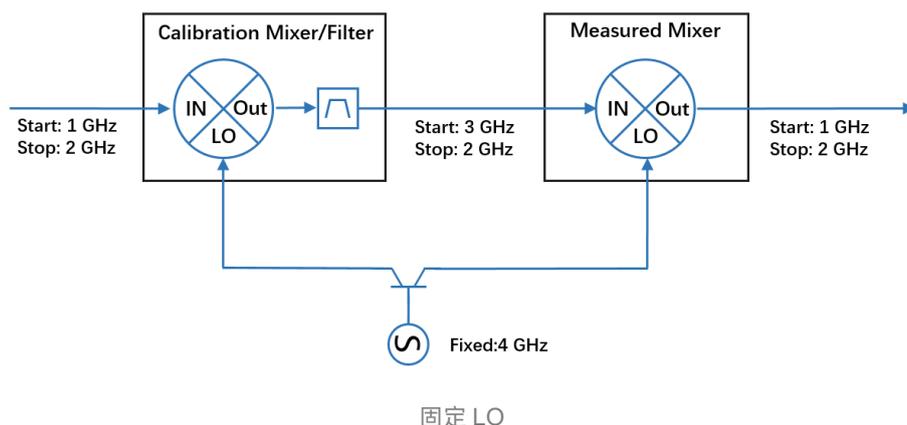
向上/向下法矢量混频测量

使用向上/向下转换法，矢网不必工作在频偏模式便可以实现对混频器的测量。因为两个端口工作在相同频率，我们可以得到整个被测系统的相位特性。如果可以去除矢网自带、线缆、校准混频器/滤波器组合的相位特性，那么最终得到的相位特性就是被测混频器独有的，从而实现对混频器的矢量测量。不过也有一些不足之处：

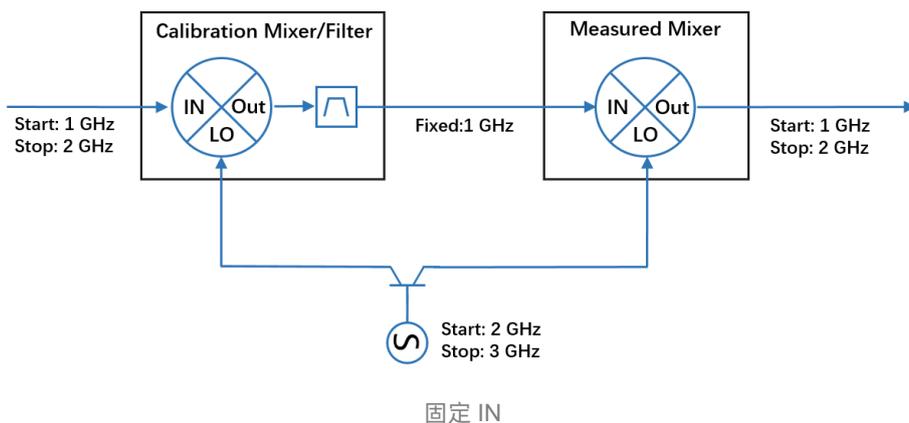
- [1] 需要一个额外的互易混频器与 MUT 的频率范围匹配，工作在相反的转换模式，比如 MUT 是下变频器(从 RF 变到 IF)，那么逆变换混频器就是上变频器(从 IF 变到 RF)
- [2] 所有混频器必须共用同一个本振源，如果任一混频器有内嵌 LO 或者 MUT 是双级混频器，该方法将无法完成测试
- [3] 为了得到正确的测量结果，需在混频器间使用一个带通滤波器以去除镜像信号，否则互易混频器将对 RF 和 IM 信号两者都进行重新转换，结果产生不正确的响应。需在整体响应中补偿滤波器的响应的影响，滤波器与混频器间端口失配的影响也可能在整体测量结果中导致误差。
- [4] 落在镜像抑制滤波器带内的高阶频率会在第二个混频器再转换，对整体响应中产生误差，它是不能被滤掉的
- [5] 校准及精度取决于互易混频器的特征描述

除了变频模式存在正常和镜像的差异之外，混频器的工作状态也有多种，可以是本振固定，输入和输出信号同步扫频，也可以输出/输入信号固定，本振和输入/输出信号同步扫频

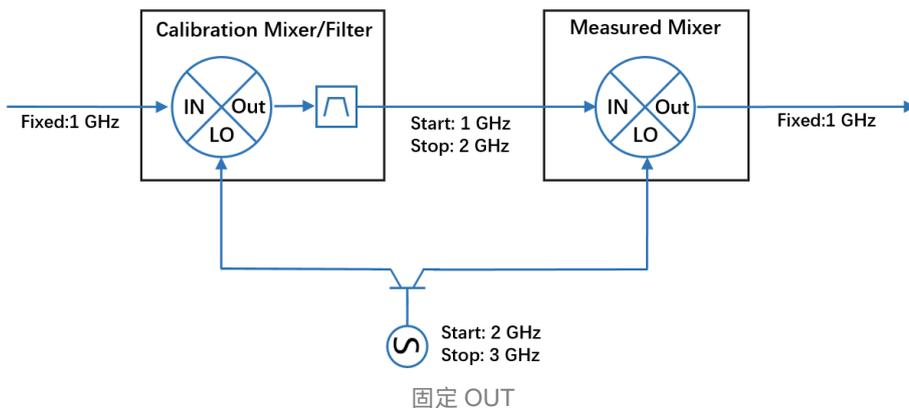
被测混频器固定 LO，扫描 IN 与 OUT（支持）：这种测量无需通过网络分析仪对外部信号源进行控制，手动将外部信号源配置到所需 LO 频率即可，也可以使用网络分析仪的 Port3 或者 Port4 作为 Local 信号源。因为混频器工作在扫频模式，所以可测量被测混频器的变频损耗、相位、群延时。



被测混频器固定 IN，扫描 OUT 与 LO（支持）：这种测量需控制外部信号源，以保持混频器输入端口与本振端口的频率同步。网络分析仪在进行频率扫描过程中，通过 SCPI 命令控制外部信号源输出相应频率的本振信号。由于被测混频器 IN 固定，因此无法计算被测混频器群延时。



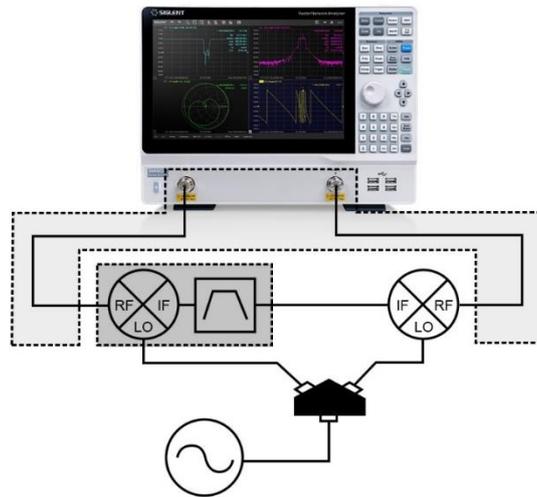
被测混频器固定 OUT，扫描 IN 与 LO（不支持）：这种测量由于校准混频器仅有一个频点的频率响应，且在该频率点上 LO 信号频率并不固定，在该频点上校准混频器的频率响应因 LO 频率改变而发生变化。因此无法通过使用单一频点的 S 参数进行单端口网络去嵌入，即无法进行矢量混频校准，所以不支持该测量模式。



4 矢量混频校准

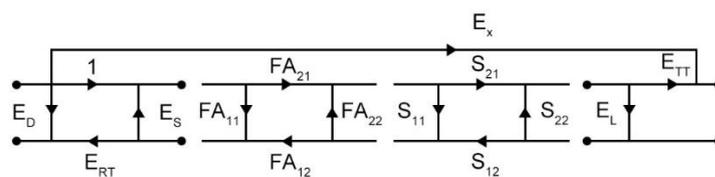
向上/向下转换法测量混频器的误差示意图如下图所示，主要分为两种：一是矢网与线缆的误差，二是校准混频器/滤波器组合引入的误差。进行全二端口校准可以去除矢网与线缆的误差。如果我们可以得到校准混频器/滤波器组合的 S 参数，那么可以通过去嵌入的方法消除校准混频器/滤波器组合所引入的误差。其余误差如混频器与滤波器之间的失配，混频器输出谐波再转换等无法被消除。

矢量混频测量

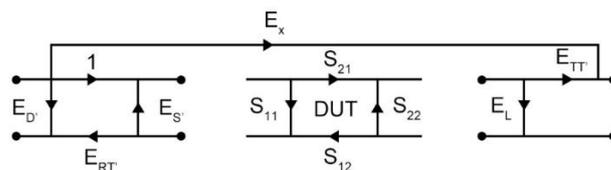


矢量混频消除误差示意图

整个被测系统正向误差模型如下图所示，其中 E_D （方向性误差）、 E_S （源失配误差）、 E_{RT} （反射跟踪误差）、 E_{TT} （传输跟踪误差）、 E_L （负载失配误差）、 E_x （串扰误差）为经典的十二项误差模型，通过全二端口校准可以得出。以下变频器为例，被测件输入频段为 RF，输出为 IF。以上误差中 E_D 、 E_S 、 E_{RT} 体现在 RF 频段， E_L 体现在 IF 频段，可以通过标准的 S 参数校准进行修正。矢网的 Port2 和 Port1 工作在不同的频段，因此 E_x 可以忽略不计。传输测试中参考路径包含了线缆、适配器以及混频器/滤波器组合的响应，将一个参数已知的混频器/滤波器组合接入测量路径就能得到两者之间的差异即 E_{TT} 。FA₁₁、FA₂₁、FA₁₂、FA₂₂ 为校准混频器/滤波器组合的 S 参数，对其进行去嵌入后的误差模型如下图，可以看到去嵌入后与执行全二端口校准后测量 DUT 的误差模型一致。



矢量混频正向测量误差模型

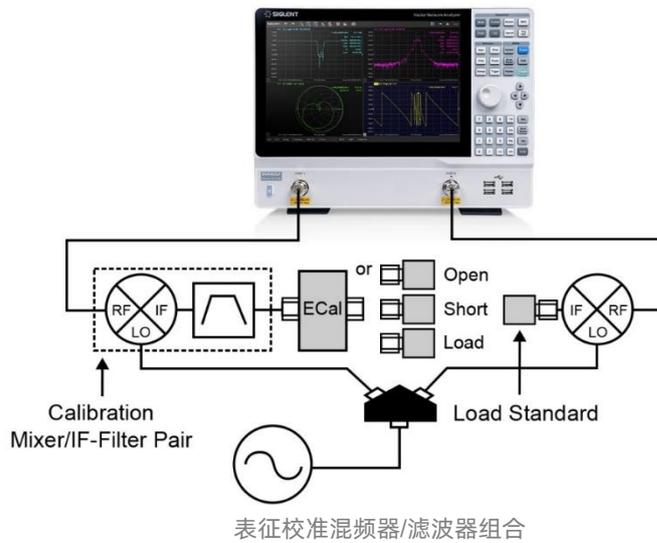


校准混频器/滤波器组合去嵌入后正向测量误差模型

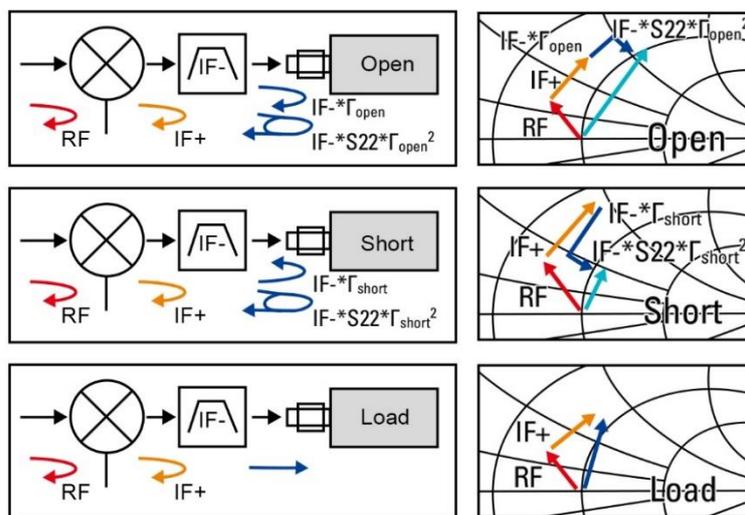
因此，整个矢量混频校准流程为：矢量网络进行全二端口校准->表征校准混频器/滤波器组合的 S 参数->执行

矢量混频测量

去嵌入消除校准混频器/滤波器组合误差。如何获得校准混频器/滤波器组合 S 参数是矢量混频校准的重点。

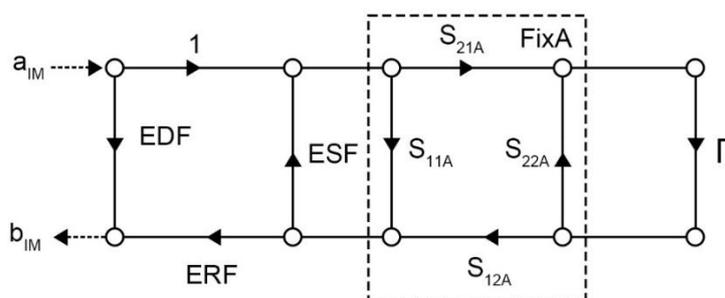


通过矢量表征校准混频器/滤波器组合 S 参数的示意图如图所示。该过程相当于在混频器/滤波器组合的输出端口进行了一次单端口校准：在校准混频器/滤波器组合的输出端接标准件（开路器，短路器和标准负载），经过反射的中频信号再次通过校准混频器进行二次变频，然后依据单端口网络误差模型来计算校准混频器/滤波器组合的 S 参数。功率对校准混频器/滤波器的表征有很大影响，因此为了得到准确的表征结果，单端口校准时的环境应该跟校准后实际测量的环境保持一致，保证被测混频器在表征时与实际测量时保持在相同功率。进行 OSL 校准时通过一分二功分器连接校准混频器与被测混频器的 LO 端口，并且在被测混频器的输入端口连接了标准负载，输出端口连在了矢网的接收端口。



混频器/滤波器组合参数提取原理

IF-信号是需要的转换结果，IF+信号（由 RF 和 LO 相加）将被 IF 滤波器反射而不通过，所以不会出现在混频器的输出端。如果是上变频混频器，滤波器将会通过 IF+信号并抑制 IF-信号。当混频器/滤波器组合的末端接 Open/Short/Load 校准件时，其反射信号中包含了四个分量的影响，直接在混频器被反射的 RF 信号，在滤波器端口被反射（在滤波器阻带反射）的镜像信号 IF+，经过混频器和滤波器后被标准件反射的信号 IF-*Γ，以及 IF-*Γ在滤波器输出端口被反射回校准件并再次反射的信号 IF-*Γ*S22*Γ，S22 即为混频器/滤波器组合的输出反射。对于每个标准件，RF 和 IF+是不变的，它们构成了混频器/滤波器组合的 S11，在一端口校准的构造中代表方向性误差项。IF-表示混频器/滤波器组合正反向双程传输特性（S21*S12），代表反射跟踪项。开路 and 短路的差是一端口校准的源失配项或是混频器的 S22。三次测试的结果可以得到三个等式。



表征校准混频器/滤波器组合 S 参数测量参数示意图

表征校准混频器/滤波器组合的误差模型如图所示。有四个未知的 S 参数，一个单端口校准只能提供三个误差项方程，为了获得校准混频器/滤波器组合的 S 参数，要求校准混频器是互易的来减少未知数，即 S21=S12。对于无源混频器而言，它们理论上都满足互易这一条件。这时我们三个方程和三个未知数。假设全二端口校准后连接混频器/滤波器组合端口的误差系数为 EDF、ESF、ERF，对校准混频器/滤波器组合进行单端口校准后，测得该端口的误差系数为 EDF_MUT、ESF_MUT、ERF_MUT，那么可得校准混频器/滤波器组合 S 参数如下公式。

$$S_{11_MUT} = \frac{EDF_{MUT} - EDF}{[ERF + ESF \cdot (EDF_{MUT} - EDF)]}$$

$$S_{21_MUT} = S_{12_MUT} = \frac{\sqrt{ERF \cdot ERF_{MUT}}}{[ERF + ESF \cdot (EDF_{MUT} - EDF)]}$$

$$S_{22_MUT} = ESF_{MUT} - \frac{ESF \cdot ERF_{MUT}}{[ERF + ESF \cdot (EDF_{MUT} - EDF)]}$$

5 矢量混频测量实例

5.1 测试条件

被测混频器、校准混频器型号均为 MCA1-80MH+, 为无源混频器 (互易), 基本指标如下:

LO/RF	IF	LO Power	Conversion Loss
2.8 GHz - 8 GHz	DC - 1250 MHz	+13 dBm	5.6 dB

滤波器为低通滤波器, 滤波截止频率为 170 MHz, 对 200 MHz 到 3 GHz 有强抑制, 因此让校准混频器的输出频率落在低通滤波器通带内, 输入频率落在通带外。测试时设置混频器的工作状态如下:

校准混频器工作状态:

LO (Fixed) Input	RF (Swept) Input	IF = LO - RF Output
3 GHz	2.83 GHz - 2.99 GHz	170 MHz - 10 MHz

被测混频器工作状态:

LO (Fixed) Input	RF (Swept) Input	IF = LO - RF Output
3 GHz	170 MHz - 10 MHz	2.83 GHz - 2.99 GHz

功分器型号为 SHX-0.5-6-2N, 其插入损耗为 1.6 dB, 为了满足混频器 LO 的工作功率, 则射频信号源的输出功率最少为 $13+3+1.6=17.6$ dBm。其中 3 dB 是功分器的分配损耗, 表明信号分为两路时每一路功率比原信号减半。四端口矢量网络分析仪具备双源以用作射频和本振激励, 二端口矢量网络分析仪需配备外部射频信号源提供本振信号。矢量网络分析仪型号为 SNA5084X, 射频信号源型号为 SSG3032X, 工作模式如下:

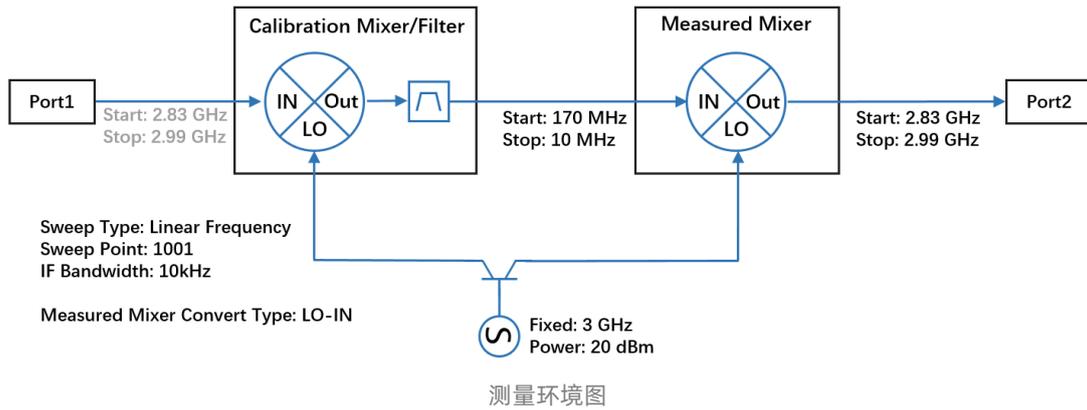
RF	Power
3 GHz	20 dBm

测试时扫描点数为 1001, 中频带宽为 10 kHz, 校准混频器输入端口连接网络分析仪 Port1, 被测混频器输出端口连接网络分析仪 Port2, 所采用校准件为电子校准件, 全二端口校准方式为 SOLR。

5.2 执行测量

5.2.1 准备测量环境

根据测试条件准备测量环境, 信号源设置频率为 3 GHz, 射频功率为 20 dBm, 射频信号源输出口连接一分二功分器输入口, 一分二功分器一个输出口连接校准混频器 LO 端口, 另一个端口连接被测混频器 LO 端口。



5.2.2 进入矢量混频模式

选择“Meas”->“模式...”->“Vector Mixer Measurement (VMM)”进入矢量混频模式。勾选“Show Setup Dialog”打开混频器测量配置对话框。不勾选“New Channel”在当前通道应用矢量混频模式。

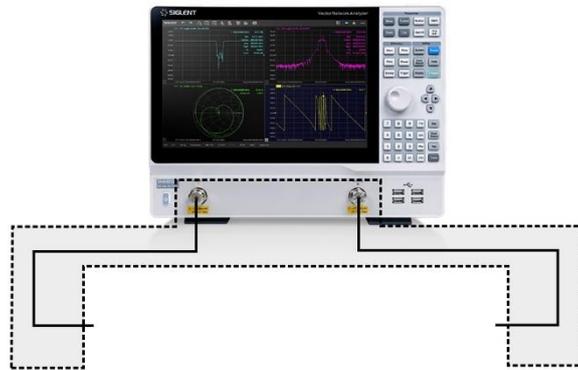
5.2.3 配置混频器测量参数

根据测量环境图配置混频器测量参数。

- [1] 设置扫描类型为线性扫描，扫描点数为 1001，中频带宽为 10 kHz。
- [2] Power 模块保持默认配置。
- [3] 在 DUT Output 选择“-”，不勾选“Input > LO”使被测混频器工作模式为 LO-IN。设置被测混频器输出频率起始频率为 2.83 GHz，终止频率为 2.99 GHz。LO 频率工作在 Fixed 模式，频率为 3 GHz。
点击“Calc DUT Input”自动计算被测混频器输入频率的起始频率和终止频率。
- [4] 设置矢网 Port1 与校准混频器输入端口相连，Port2 与被测混频器输出端口相连，Local 选择“Not Controlled”，不控制外部信号源。
- [5] 点击“Save..”保存所设配置，以便下次通过“Load”一键调用，点击“OK”应用配置并关闭混频器测量配置对话框。

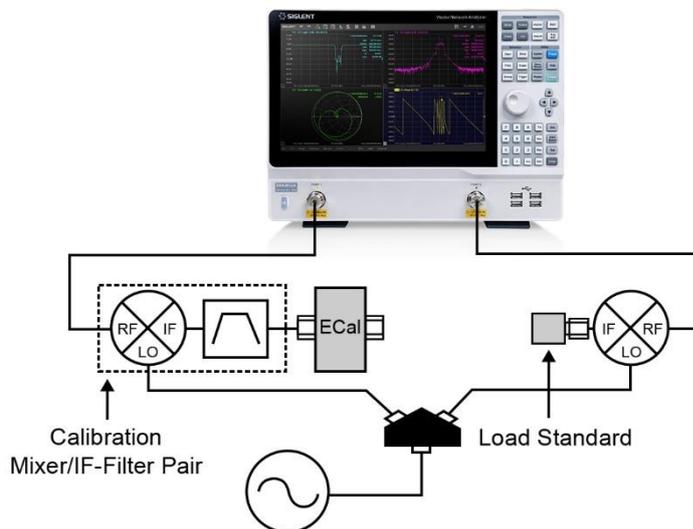
5.2.4 执行矢量混频校准

- [1] 选择“Cal” -> “混频器校准...” 打开矢量混频校准对话框。
- [2] 使用电子校准件完成全二端口校准，获得矢网与线缆的误差。



全二端口校准示意图

- [3] 完成全二端口校准后，点击“Next>”进入表征校准混频器/滤波器组合校准配置对话框。校准件选择“ECal”。根据 Mixer Setup 模块的设置确定端口连接关系，将线缆端口与混频器端口连接。按照下图所示将标准负载连于被测混频器输入端口，将校准件连于滤波器输出端口，点击对应校准任务项，完成表征校准混频器/滤波器组合校准。



表征校准混频器/滤波器组合校准示意图

- [4] 完成表征校准混频器/滤波器组合校准后勾选“Save Calibration Mixer/Filter S2P File”，点击“Select S2P File Path”保存校准混频器/滤波器组合的 s2p 文件，以供下次矢量混频校准直接调用。点击“Finish”去嵌入校准混频器/滤波器组合，完成矢量混频校准。

5.3 测量结果

被测混频器的变频损耗测量结果与规格书吻合。



矢量混频测量

6 总结

传统的性能评估通常只关注混频器的端口驻波、隔离度及变频幅度特性等，矢量混频测量则能够同时获取相位和幅度信息。通过本振固定、输入和输出信号同步扫频，或输入信号固定、本振和输出信号同步扫频，获得经过校准的转换损耗/增益、匹配、群时延以及器件间的相移等结果。

矢量混频测量功能支持线性扫描、功率扫描、段扫描等多种扫描方式，且允许灵活设置源端口功率、本振端口功率及衰减等参数。四端口型号内置双信号源，可将第二信号源用作本振或通过控制外部信号发生器提供本振信号。直观的用户界面可轻松完成测量配置，通过校准向导引导用户完成校准过程，提供全面、精准的混频器/变频器特性测量。

关于鼎阳

鼎阳科技 (SIGLENT) 是通用电子测试测量仪器领域的行业领军企业，A股上市公司。

2002年，鼎阳科技创始人开始专注于示波器研发，2005年成功研制出鼎阳第一款数字示波器。历经多年发展，鼎阳产品已扩展到数字示波器、手持示波表、函数/任意波形发生器、频谱分析仪、矢量网络分析仪、射频/微波信号源、台式万用表、直流电源、电子负载等基础测试测量仪器产品，是全球极少数能够同时研发、生产、销售数字示波器、信号发生器、频谱分析仪和矢量网络分析仪四大通用电子测试测量仪器主力产品的厂家之一，国家重点“小巨人”企业。同时也是国内主要竞争对手中极少数同时拥有这四大主力产品并且四大主力产品全线进入高端领域的厂家。公司总部位于深圳，在美国克利夫兰、德国奥格斯堡、日本东京成立了子公司，在成都成立了分公司，产品远销全球80多个国家和地区，SIGLENT已经成为全球知名的测试测量仪器品牌。

联系我们

深圳市鼎阳科技股份有限公司
全国免费服务热线：400-878-0807
网址：www.siglent.com

声明

 SIGLENT 鼎阳 是深圳市鼎阳科技股份有限公司的注册商标，事先未经允许，不得以任何形式或通过任何方式复制本手册中的任何内容。
本资料中的信息代替原先的此前所有版本。技术数据如有变更，恕不另行通告。

技术许可

对于本文档中描述的硬件和软件，仅在得到许可的情况下才会提供，并且只能根据许可进行使用或复制。

