

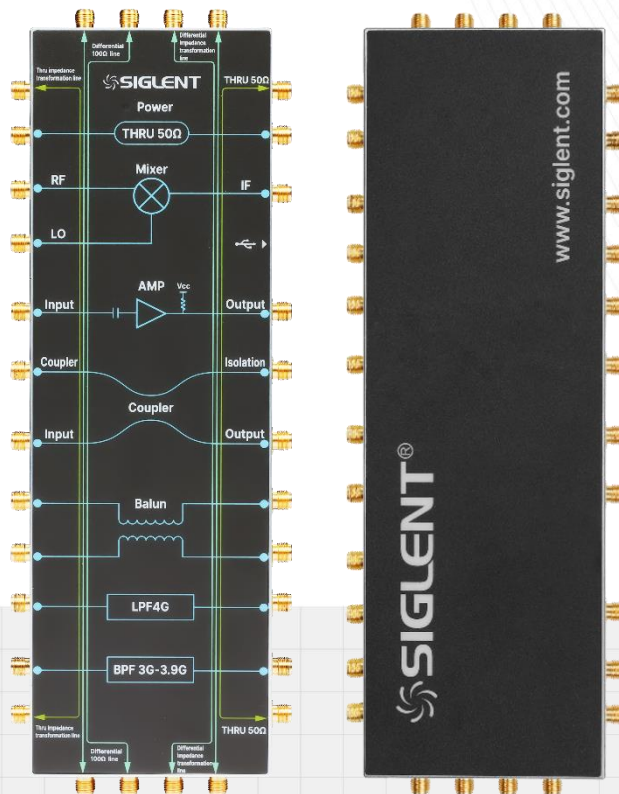
SNA-TB01

射频演示板



用户手册

CN01A



深圳市鼎阳科技股份有限公司
SIGLENT TECHNOLOGIES CO.,LTD

版权和声明

版权

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 区安通达工业园四栋&五栋

服务热线：400-878-0807

E-mail: support@siglent.com

网址: <https://www.siglent.com>

目录

1	安全信息	1
1.1	一般安全总结	1
1.2	安全术语和符号	2
1.3	保养和清洁	2
2	产品简介	3
2.1	外观尺寸	3
2.2	前面板	4
2.3	后面板	5
3	模块介绍和测试指标	5
3.1	50Ω 短直通线	6
3.2	混频器	6
3.3	放大器	8
3.4	耦合器	10
3.5	巴伦	11
3.6	滤波器	12
3.7	长直通线和阻抗变换线	13
3.8	差分线和差分阻抗变换线	14
4	测试指南	15
4.1	文档约定	15
4.2	测试前准备	15
4.2.1	测试仪器和工具	15
4.2.2	仪器设置和校准	16
4.3	测试步骤	17
4.3.1	50Ω 短直通线	17
4.3.2	混频器	17
4.3.3	放大器	19
4.3.4	耦合器	22
4.3.5	巴伦	23
4.3.6	滤波器	24
4.3.7	长直通线和阻抗变换线	26
4.3.8	差分线和差分阻抗变换线	29

1 安全信息

本手册包含用户须遵守的信息和警告，以确保安全操作并保持产品处于安全状态。

1.1 一般安全总结

仔细阅读以下安全性预防措施，以避免人身伤害，并防止损坏本产品及其连接的任何仪器设备。

为了避免可能发生的危险，请务必按照规定使用本产品。

只有合格的技术人员才可执行维修程序。

避免火灾或人身伤害。

查看所有端子的额定值。

为避免火灾或触电，请查看本产品的所有额定值和标记说明。

在连接本产品之前，请仔细阅读手册，以获得有关额定值的更多信息。

产品维护和保养。

当产品出现故障时，请勿拆卸产品进行维护。

该设备包含放大器、电容器、变压器和其他储能装置，可能导致高压损坏。

产品内部对静电敏感，直接接触可能对产品造成不可修复的损坏。

避免电路外露部件外露。

接通电源时，请勿触摸裸露的触点或部件。


请勿在潮湿条件下操作。

请勿在爆炸性环境中操作。

保持产品表面清洁干燥。

1.2 安全术语和符号

当下列符号或术语出现本手册中时，表示在安全方面需要小心。

	此符号用于需要注意的地方。请参阅随附的信息或文件，以防止对本产品及其他财产造成潜在的危险，甚至人身伤害。
---	--


1.3 保养和清洁

保养：

存放或放置时，请勿使本产品长时间受阳光直射。

清洁：

请根据使用情况对本产品进行清洁。可使用质地柔软的抹布擦拭产品表面和接头外部的浮尘，也可以使用一块用水浸湿的软布清洁本产品，请注意断开电源。

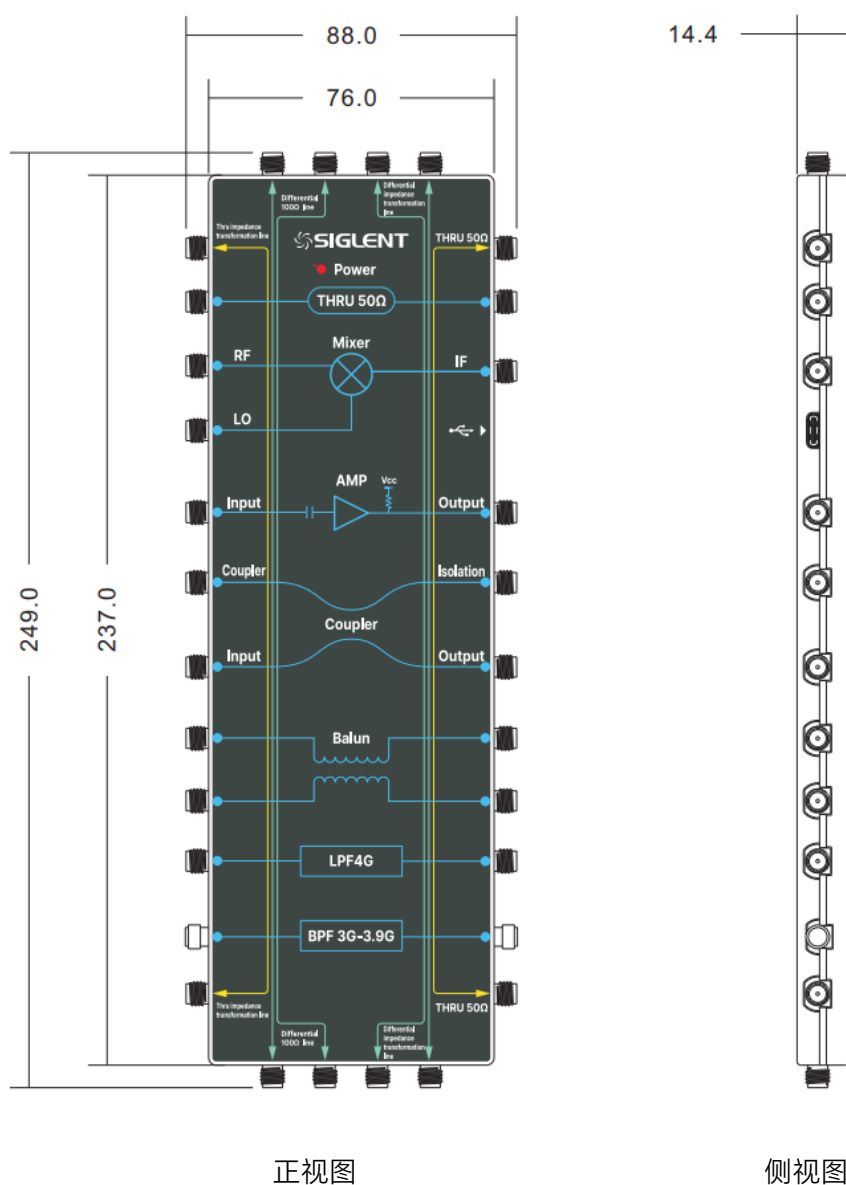
	注意： 为避免损坏产品，请勿使用任何腐蚀性试剂或清洁试剂，请勿将其置于雾气、液体或溶剂中。在重新通电使用前，请确认产品已干燥，避免因水分造成电气短路甚至人身伤害。
---	---

2 产品简介

SNA-TB01 是一块射频演示板，包含了以下几种常用的射频模块：50Ω短直通线、混频器、放大器、耦合器、巴伦（射频变压器）、低通滤波器、带通滤波器、长直通线、阻抗变换线、差分线和差分阻抗变换线。

SNA-TB01 可用于常见射频电路模块的测试，并验证相关的射频指标。本产品适用于配合矢量网络分析仪进行功能演示，也适合作为射频工程师和仪器初学者的入门学习工具。

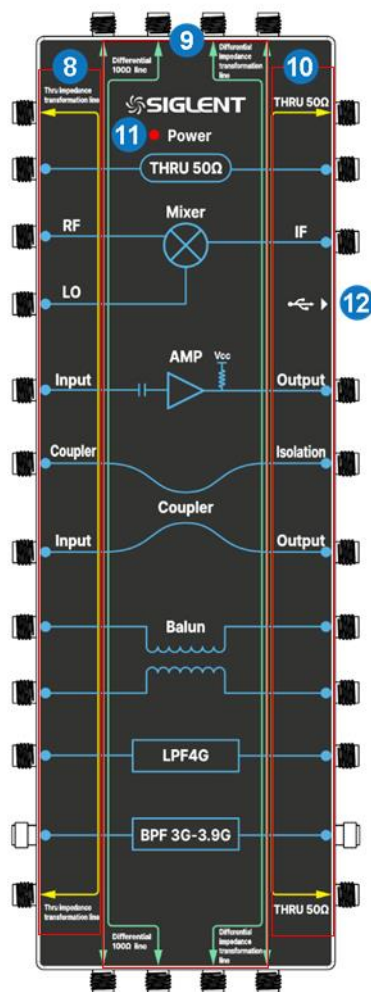
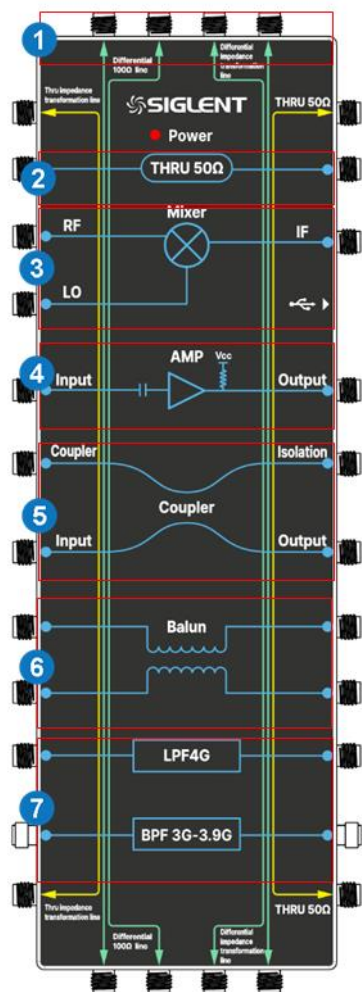
2.1 外观尺寸



正视图

侧视图

2.2 前面板



1. SMA 阴头

2. 50Ω 短直通线

3. 混频器

4. 放大器

5. 耦合器

6. 巴伦

7. 低通滤波器和带通滤波器

8. 直通阻抗变换线

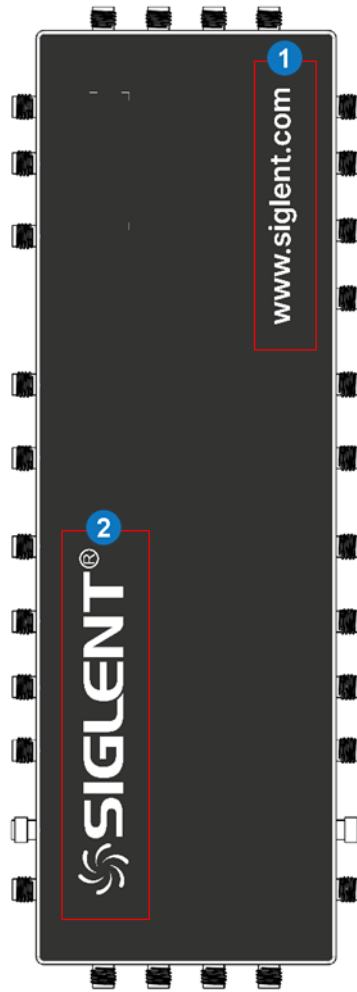
9. 100Ω 差分线和差分阻抗变换线

10. 50Ω 长直通线

11. 供电指示灯

12. USB-C 供电端口

2.3 后面板



1. 官网地址
2. 鼎阳商标

3 模块介绍和测试指标

3.1 50Ω短直通线

SNA-TB01 具备一条直通线，其实质是特性阻抗为 50Ω的微带线，如下图所示。



图 3-1 50Ω 短直通线示意图

直通线是最基础的射频测试模块，基本的测试指标如下表。

测试指标	说明
传输损耗	表示信号通过直通线产生的损耗，S21 表示正向传输损耗，S12 表示反向传输损耗。
回波损耗	表示信号在端口处因阻抗不匹配产生的反射损耗，S11 表示输入回波损耗，S22 表示输出回波损耗。
驻波比	通常指电压驻波比（VSWR），定义为驻波波腹电压与波节电压幅度之比。VSWR 可以和回波损耗相互转换。该值越接近 1，代表直通线上的反射越小。

3.2 混频器

混频器（Mixer）属于变频组件，能将输入频率与本振信号进行混频，输出特定的频率，输出信号的频率等于两输入信号频率之和、差或为两者其他组合。整个过程，输入输出载波保持其调制规律不变，只是从频谱中的一个频率搬移到另一个频率。

SNA-TB01 的混频器是一个三端口射频模块，如下图所示。

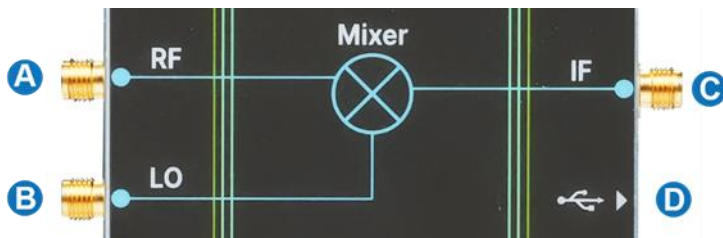


图 3-2 混频器模块示意图

- A. 射频 RF 端口
- B. 本振 LO 端口
- C. 中频 IF 端口
- D. USB-C 供电端口

下图是 SNA-TB01 混频器模块的原理图，其采用了 LTC5562 宽带有源混频器。

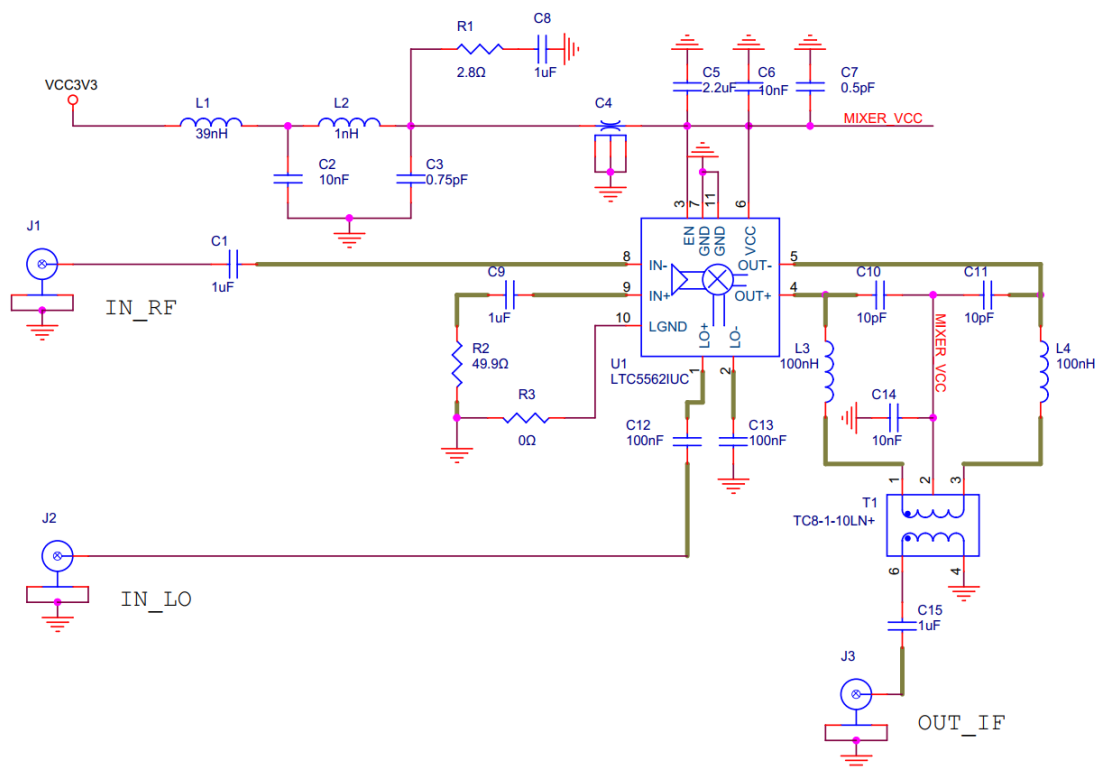


图 3-3 混频器模块原理图

该混频器支持上变频和下变频，RF 射频端的频率范围为 30MHz~7GHz，推荐功率为-12dBm；IF 中频端的频率范围为 2MHz~500MHz；本振 LO 端的推荐功率为-1dBm。混频器是有源器件，测试时需施加 +3.3V 的直流供电。SNA-TB01 具备电压调节器，通过 USB-C 电源线与矢量网络分析仪前面板的 USB 接口相连即可完成混频器供电。欲了解更多关于混频器的规格资料，请参阅 LTC5562 的技术手册。

由于涉及到频率变换，推荐使用矢量网络分析仪的 SMM 功能测试混频器。混频器的本振信号既可以由外部源提供，也可以由矢量网络分析仪本身提供。下表是混频器基本的测试指标。

测试指标	说明
转换损耗 (增益)	输出端口功率与输入端口功率之比，表示混频器在工作过程中，由于电路元件的非线性特性，信号发生的损耗，可以用 S21 表示。
输入、输出匹配	表示信号在端口处因阻抗不匹配产生的反射损耗，S11 表示输入匹配，S22 表示输出匹配。
隔离度	表示信号从一个端口泄漏到另一个端口的功率大小。IF 端至 RF 端的隔离度可以用 S12 表示。

3.3 放大器

放大器 (Amplifier) 在射频微波系统中可以对发射信号和接收信号进行放大, 其常见的类型有 LNA 低噪声放大器、VGA 可变增益放大器、功率放大器等。

SNA-TB01 的放大器属于低噪声放大器, 是一个二端口模块, 如下图所示。低噪声放大器广泛应用于射频接收机中, 用于放大接收的信号, 同时尽可能地降低噪声的影响。

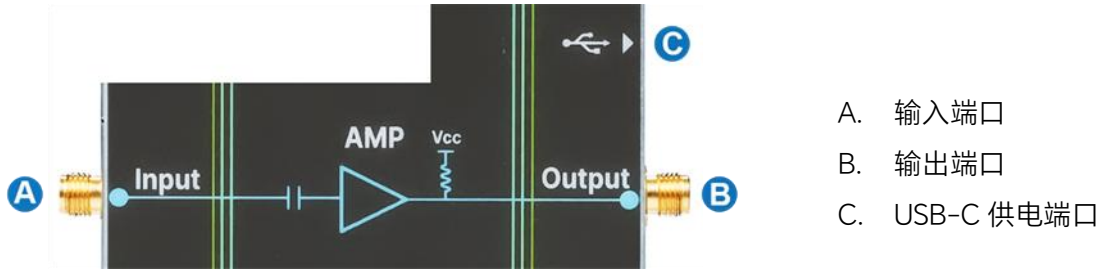


图 3-4 放大器模块示意图

下图是 SNA-TB01 放大器模块的原理图, 其采用了 MAAM-011206 达林顿宽带放大器。该放大器的工作频率为 DC-15GHz, 增益为 13.5dB @6GHz (典型值), OP1dB 为 18dBm @6GHz (典型值)。放大器是有源器件, 需通过 USB-C 电源线与矢量网络分析仪前面板的 USB 接口相连完成供电。此外, 也可以使用矢量网络分析仪的直流偏置功能, 即在放大器的输出端施加外部 +5V/0.1A 的直流电源, 进行偏置供电。欲了解更多关于放大器的规格资料, 请参阅 MAAM-011206 的技术手册。

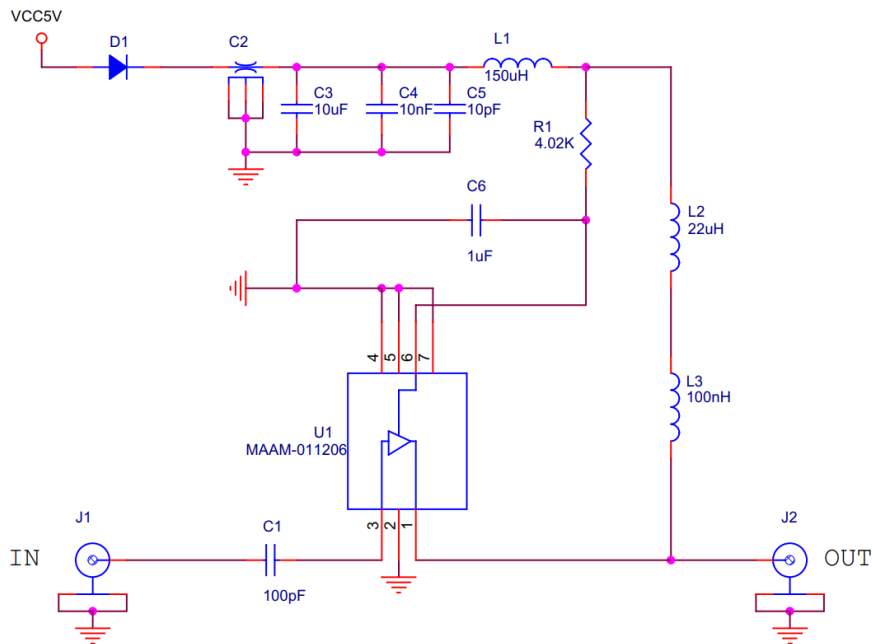




图 3-5 放大器模块原理图

	<p>警告：</p> <p>为配合演示仪器的直流偏置功能，放大器的输出端没有设置隔直电容。请注意与放大器输出端口相连的仪器、器件可能遭受的直流损坏。</p>
---	---

	<p>提示：</p> <p>使用 USB 供电时，放大器偏置电路的元件（如电感、二极管）会产生损耗，使其工作电压无法达到+5V，因此所测增益和 1dB 压缩点将小于规格门限。欲获得与规格书相近的性能，请使用仪器的直流偏置功能施加+5V 的外部电源。</p>
---	---

理想的放大器具有线性放大的处理能力，但实际的放大器会存在非线性失真效应。因此，放大器的测试项目除了线性参数外，还应包含压缩参数，其基本的测试指标如下表所示。

测试指标	说明
增益	输出端口功率与输入端口功率之比，表示输入信号通过并放大的能力，用 S21 表示。
回波损耗	表示信号在端口处因阻抗不匹配产生的反射损耗，S11 表示输入回波损耗，S22 表示输出回波损耗。
隔离度	表示信号从输出端口泄漏到输入端口的功率大小，用 S12 表示。
稳定系数 (K)	衡量放大器绝对稳定的重要条件。稳定系数 K 越大，表示放大器的稳定性越好，对自激振荡的抑制能力越强。
1dB 压缩点	衡量放大器线性度的指标。当放大器的输入功率增大到一定值后，放大器进入非线性区，增益会随之降低。当放大器增益下降到比线性增益低 1dB 处时，对应的功率点称为 1dB 压缩点。
IP1dB	1dB 压缩点处的输入功率。
OP1dB	1dB 压缩点处的输出功率，等于 IP1dB 与该处增益相加。
谐波失真	放大器进入非线性区后，输出信号频谱中产生的多个高次谐波成分。

3.4 耦合器

耦合器 (Coupler) 是一种应用极为广泛的射频器件, 可用于信号的隔离、分离和混合。在射频系统中, 往往需将一路射频功率按比例分成几路, 耦合器可以实现这种功率分配的功能。

SNA-TB01 所使用的的耦合器是一个定向耦合器, 它能将信号耦合到指定的方向, 工作频段为 3GHz-5GHz。定向耦合器为四端口器件, 分别为输入端、输出端、耦合端和隔离端, 如下图所示。

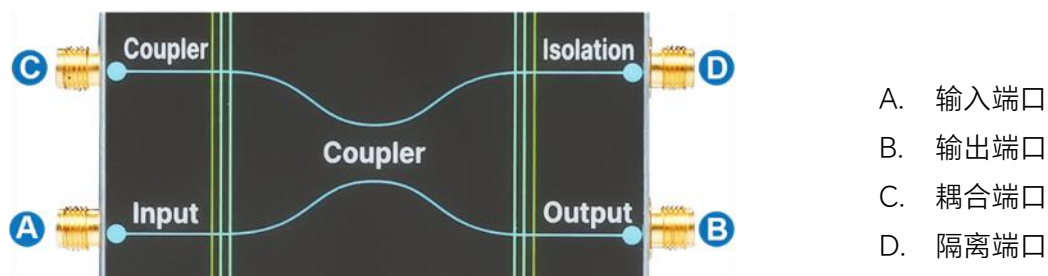


图 3-6 耦合器示意图

测试耦合器时, 应重点关注对功率的分配情况, 基本的测试指标如下表所示。

测试指标	说明
输入回波损耗	表示信号在输入端口处因阻抗不匹配产生的反射损耗, 用 S11 表示。
插入损耗	输出端口功率与输入端口功率之比, 表示信号从输入端至输出端产生的传输损耗, 用 S21 表示。
耦合度	耦合端口功率与输入端口功率之比, 表示信号从输入端耦合到耦合端的能力, 用 S31 表示。
隔离度	隔离端口功率与输入端口功率之比, 在理想的定向耦合器中, 隔离端是没有功率输出的, 但实际上会有一些功率从这个端口泄漏出来, 这就用隔离度表征, 可以用 S41 表示。
方向性	方向性=隔离度/(耦合度×插入损耗)。较好的方向性意味着耦合器能够将输入信号有效地耦合到输出端口, 同时抑制其耦合到隔离端口。

3.5 巴伦

巴伦 (Balun) 是基于射频变压器的应用, 其主要作用是完成单端传输 (如: 同轴线、微带线等) 和差分传输 (如: 半波振子天线, 推挽电路等) 之间的变换, 即不平衡和平衡之间的转换。平衡传输线上的差分信号比单端信号更不受噪声和串扰的影响。在理想的巴伦中, 共模信号完全反射, 而差模信号完整通过, 因此共模抑制比 (CMRR) 是一个重要特性。此外, 巴伦还具有阻抗匹配、隔直通交、升压降压等功能。

SNA-TB01 的巴伦是一个四端口器件, 如下图所示。该巴伦基于 TC1-1-13MG2+射频变压器, 工作频率为 4.5 MHz-3GHz。

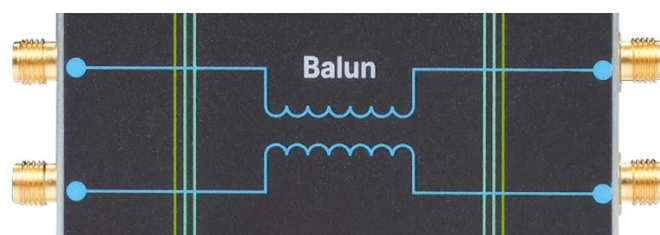


图 3-7 巴伦示意图

由于实际的差分信号总是由差模和共模信号组成, 单端的 S 参数矩阵并不能提供关于差模和共模匹配和传输的有洞察力的信息, 因此混合 S 参数成为评价差分传输系统的重要工具。混合 S 参数的表示法是 Sabxy, a 表示设备输出模式, b 表示设备的输入模式, x 和 y 分别对应设备输入和输出的逻辑端口号。a 和 b 选择下列项之一: s 表示单端 (不平衡), d 表示差分 (平衡), c 表示共模 (平衡)。因此, Sdd 表示差模 S 参数, Scc 表示共模 S 参数, Sdc 表示差模向共模转换, Scd 表示共模向差模转换。

下表给出了巴伦基本的差分测试指标。

测试指标	说明
差分插损	差分信号的插入损耗。差分插损越低, 则表示通过巴伦的信号功率越大, 动态范围越宽, 信号失真度越小。使用 Sdd21 表示。
差分回损	差分信号的回波损耗。使用 Sdd11 表示。
共模抑制比 (CMRR)	巴伦的主要指标之一, 如果将两个相位相同的同一信号 (共模信号) 注入巴伦的平衡端口, 它们将被反射或吸收, 该信号从平衡端口到非平衡端口的衰减量称为共模抑制比。CMRR 定义为平衡端口的差分插损和共模插损之比, 即 Sdd21/Scc21。CMRR 越高, 共模抑制效果越好。

3.6 滤波器

滤波器 (Filter) 是一种具有选频功能的二端口器件, 能够将信号中特定频率的成分滤除。理想的滤波器在通带范围内衰减趋近于零, 而在阻带范围内衰减无限大, 因此是射频系统中不可缺少的关键部件。

SNA-TB01 具有两个滤波器, 分别为低通滤波器 (Low-pass Filter) 和带通滤波器 (Band-pass Filter), 如下图所示。



图 3-8 低通滤波器和带通滤波器示意图

SNA-TB01 低通滤波器的截止频率为 4GHz, 带通滤波器的通带频段为 3GHz-3.9GHz。下表给出了滤波器基本的测试指标。

测试指标	说明
截止频率	输入信号的幅度不变, 输出信号衰减-3dB 处的频率。带通滤波器在低频和高频处分别存在一个截止频率, 低通滤波器只有高频截止频率。
品质因数 Q	中心频率和带宽的比值, 表征了滤波器的频率选择性。Q 越高, 滤波器频率选择性越强。
插入损耗	输出端口功率与输入端口功率之比, 表征有用信号通过滤波器的能力, 用 S21 表示。
带内纹波	通带范围内, 信号的起伏程度, 通常用 S21 曲线的峰峰值表示。
回波损耗	表示信号在端口处因阻抗不匹配产生的反射损耗, S11 表示输入回波损耗, S22 表示输出回波损耗。
群时延	通带范围内, 信号从输入端口传输至输出端口所用时间。
群时延波动	通带范围内, 群时延的起伏程度, 表征色散特性, 波动越小越好。
带外抑制	滤波器通带频率范围以外的衰减量, 表征滤波器对不需要的频率信号的选择能力。

3.7 长直通线和阻抗变换线

SNA-TB01 具备一条微带直通线，以及一条微带阻抗变换线，如下图所示。

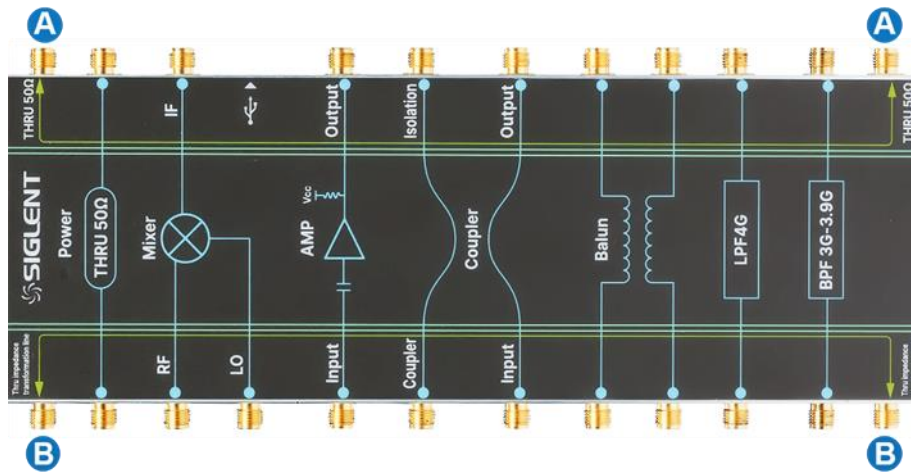


图 3-9 长直通线和阻抗变换线示意图

- A. 长直通线端口
- B. 阻抗变换线端口

其中，直通线的特性阻抗为 50Ω，阻抗变换线的特性阻抗随长度的变化规律为：50Ω ~ 75Ω ~ 25Ω ~ 50Ω。两者的介电常数均为 3.48。

由于传输线的长度较长（约为 21cm），除了常规的 S 参数之外，我们还关心阻抗随距离的变换规律。因此，推荐使用矢量网络分析仪的 TDR 时域反射计功能，测量和分析传输线上不同位置的阻抗性质。

下表给出了长直通线和阻抗变换线的基本测试指标。

测试指标	说明
传输损耗	表示信号通过直通线产生的损耗，S21 表示正向传输损耗，S12 表示反向传输损耗。
回波损耗	表示信号在端口处因阻抗不匹配产生的反射损耗，S11 表示输入回波损耗，S22 表示输出回波损耗。
阻抗	传输线的固有特性，定义为传输线上入射波电压与入射波电流之比。利用矢量网络分析仪的 TDR 功能可以得出阻抗随距离的变化曲线。

3.8 差分线和差分阻抗变换线

差分线由两条平行、耦合、等长的走线组成，它们传输相位相差 180 度的同一信号，一根线传输正信号，一根线传输负信号。差分线具有较好的抗干扰能力，常用于高速信号的传输。

SNA-TB01 具备一条差分线，以及一条差分阻抗变换线，如下图所示。

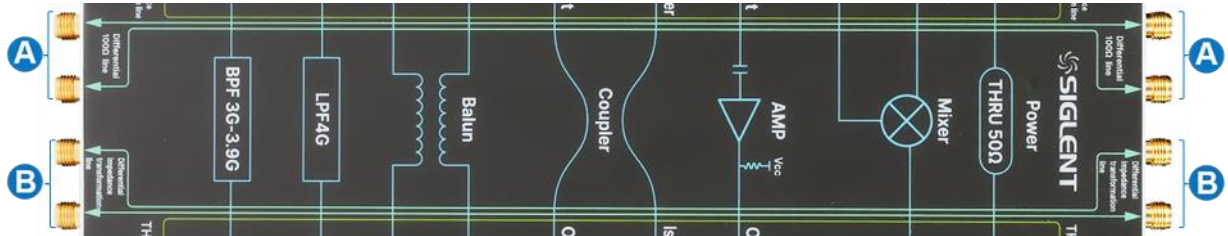


图 3-10 差分线和差分阻抗变换线示意图

- A. 差分线端口
- B. 差分阻抗变换线端口

其中，差分线的差分阻抗为 100Ω，差分阻抗变换线的差分阻抗随长度的变化规律为：100Ω ~ 120Ω ~ 75Ω ~ 100Ω。两者的介电常数均为 3.48。

由于传输线的长度较长（约为 21cm），除了常规的混合 S 参数之外，我们还关心差分阻抗随距离的变换规律。因此，推荐使用矢量网络分析仪的 TDR 时域反射计功能，测量和分析传输线上不同位置的阻抗性质。

下表给出了差分线和差分阻抗变换线的基本测试指标。

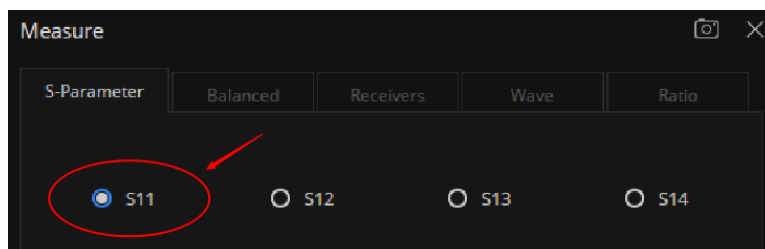
测试指标	说明
差分插损	差分信号的插入损耗。差分插损越低，则表示通过差分线的损耗越小，用 Sdd21 表示。
差分回损	差分信号的回波损耗，Sdd11 表示输入差分回损，Sdd22 表示输出差分回损。
差分阻抗	差分信号电压与电流的比值，可以看作两条单端信号线的等效串联阻抗（不考虑耦合）。利用矢量网络分析仪的 TDR 功能可以分析差分阻抗随距离的变化曲线。

4 测试指南

4.1 文档约定

本章以鼎阳科技 SNA 系列矢量网络分析仪作为示例，进行 SNA-TB01 射频演示板的测试过程指导。

为方便描述，本章中采用带字符边框的文字来表示前面板的按键，如 **Meas** 代表前面板的“Meas”按键；采用斜体加字符底纹的文字来表示触摸显示屏上可触摸或可点击的菜单、选项和虚拟按键，如 *S11* 代表显示屏上的“S11”选项。



对于含有多个步骤的操作，采用“步骤 1 > 步骤 2 > ...”的形式进行描述，如更改扫描类型：

Sweep > *扫描类型* > *功率扫描*

代表第 1 步按下前面板的 **Meas** 按键，第 2 步点击触摸显示屏的 *扫描类型* 选项，第 3 步点击触摸显示屏的 *功率扫描* 选项，即可切换扫描类型为功率扫描。

4.2 测试前准备

4.2.1 测试仪器和工具

在测试前，需要准备相关的测试仪器和工具，见下表。

测试模块	测试仪器和工具
50Ω短直通线	矢量网络分析仪、线缆
混频器	内部源作本振：矢量网络分析仪（4 端口，含 SMM 选件）、USB-C 电源线、线缆 外部源作本振：矢量网络分析仪（含 SMM 选件）、射频信号源、USB-C 电源线、线缆
放大器	矢量网络分析仪、USB-C 电源线、线缆
耦合器	矢量网络分析仪 ^[1] 、线缆
巴伦	矢量网络分析仪 ^[1] 、线缆
滤波器	矢量网络分析仪、线缆

长直通线和阻抗变换线	矢量网络分析仪（含 TDR 选件）、线缆
差分线和差分阻抗变换线	矢量网络分析仪（含 TDR 选件） ^[1] 、线缆
[1] 推荐使用 4 端口矢量网络分析仪测试。若使用 2 端口矢量网络分析仪，需准备 50Ω负载。	

4.2.2 仪器设置和校准

预热：矢量网络分析仪开机后，应当预热半小时以上，使仪器的各部件工作稳定，再进行校准和测试，这样才能保证仪器测试的结果比较准确。


基本参数设置：在校准前，应当设置好矢量网络分析仪的基本参数，如频率范围、中频带宽、扫描点数、扫描类型、功率电平等，具体可参阅矢量网络分析仪的用户手册。

基本参数	含义和设置
频率范围	根据待测模块工作频率所确定。
中频带宽 (IFBW)	设置的越宽，进入接收机的噪声越多，噪底越高，动态范围越小，迹线噪声也越大；而设置较窄的 IFBW 可以改善噪底，动态范围和迹线噪声，但是扫描速度也会变慢。设置原则是在保证测量所需的动态范围和迹线噪声的情况下，尽可能使用较宽的 IFBW，通常选择 10kHz 或 1kHz。
扫描点数	表示单个激励值处的测量值的数据样本数，扫描时间随着点数的变化而成比例地发生变化。要获得高迹线分辨率，可使用多扫描点数；要获得更快的扫描速度，可使用少扫描点数。通常设置为 201/401/801/1601 等。
扫描类型	包含线性频率扫描、对数频率扫描、功率扫描、CW 时间扫描、分段扫描。一般测试会选择线性频率扫描，也可以根据待测件的特性选择合适的扫描类型，如测量放大器的压缩特性可选择功率扫描，测量滤波器可选择分段扫描，测量特定频率分量可选择 CW 时间扫描。
功率电平	指矢量网络分析仪端口处的输出功率，一般设置为 0dBm 或 -10dBm。

校准：仪器本身就是不完美的，存在系统误差；测试中使用的电缆、转接头等，也会引入额外的误差。因此，矢量网络分析仪在测试前需要进行校准。可以采用机械校准件或电子校准件进行校准，不同的校准方式会直接影响测试结果的准确性，具体可参阅矢量网络分析仪用户手册。当基本参数（频率范围、中频带宽等）、线缆状态、温度等其中任何一个因素变化，都建议重新进行校准。

4.3 测试步骤

4.3.1 50Ω短直通线

1. 仪器预热，设置频率范围、扫描点数等基本参数，然后进行全二端口校准。
2. 用线缆连接 VNA 至 50Ω短直通线的两个端口。
3. 点击屏幕顶端活动页的 ，添加四条测量迹线。
4. 点击 **Meas** > **S 参数**，分别设置四条迹线为 S11、S21、S12 和 S22。其中，S11 是输入回波损耗，S21 是正向传输损耗，S12 是反向传输损耗，S22 是输出回波损耗。若查看输入、输出电压驻波比，可选中 S11、S22 迹线后，点击 **Format** > **驻波比**。

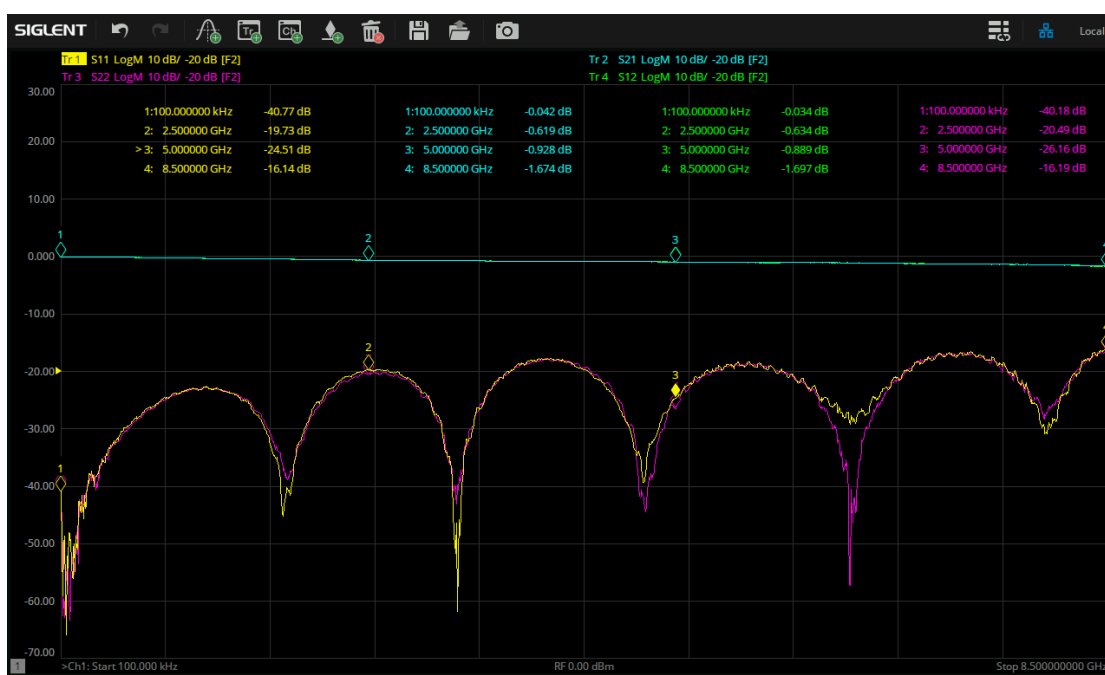


图 4-1 50Ω短直通线测试结果

4.3.2 混频器

1. 仪器预热。
2. 用线缆连接 VNA 与混频器。在混频器测量中，可以使用 VNA 的内部源作本振，也可以使用外部信号源作本振：
 - 若使用内部源作本振，混频器 RF 端连接端口 1，IF 端连接端口 2，LO 端连接端口 3。
 - 若使用外部源作本振，混频器 RF 端连接端口 1，IF 端连接端口 2，LO 端连接外部源的输出口。然后，用 USB 线将外部源与 VNA 任意一个 USB 接口进行连接。

3. 点击 **Meas** > **模式...** > **SMM**，进入 SMM 标量混频器测试模式。
4. 进入 SMM 模式后，系统会自动弹出混频器测量设置（Mixer Measure Steup），用户也可以点击 **Sweep** > **混频器测量...** 进入。
 - 在 Sweep 选项卡中，设置扫描类型为线性扫描（Linear Frequency）。
 - 在 Power 选项卡中，设置输入端口 Port1 的功率为-12dBm。
 - 在 Mixer Frequency 选项卡中，设置输入类型为 Start/Stop，频率范围 5.6GHz-6GHz；本振类型为 Fixed，频率 5.5GHz；输出类型为 Start/Stop，下变频（-），频率范围 100MHz-500MHz。
 - 在 Mixer Setup 选项卡中，Power Level 设置为-1dBm。若使用内部源作本振，Local 设置为 Port3；若使用外部源作本振，Local 设置为对应的外部源。
5. 点击 **Cal** > **混频器校准...**，进行全二端口校准，然后连接 USB 功率计进行功率校准。
6. 通过 USB-C 电源线将混频器的供电端口与矢量网络分析仪前面板的 USB 端口连接，此时 SNA-TB01 的电源指示灯将亮起。
7. 点击屏幕顶端活动页的 ，添加四条测量迹线。
8. 点击 **Meas** > **S 参数**，分别设置四条迹线为 S11、S21、S12 和 S22。其中，S11 是输入匹配，S21 是转换损耗，S12 是隔离度，S22 是输出匹配。
9. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。

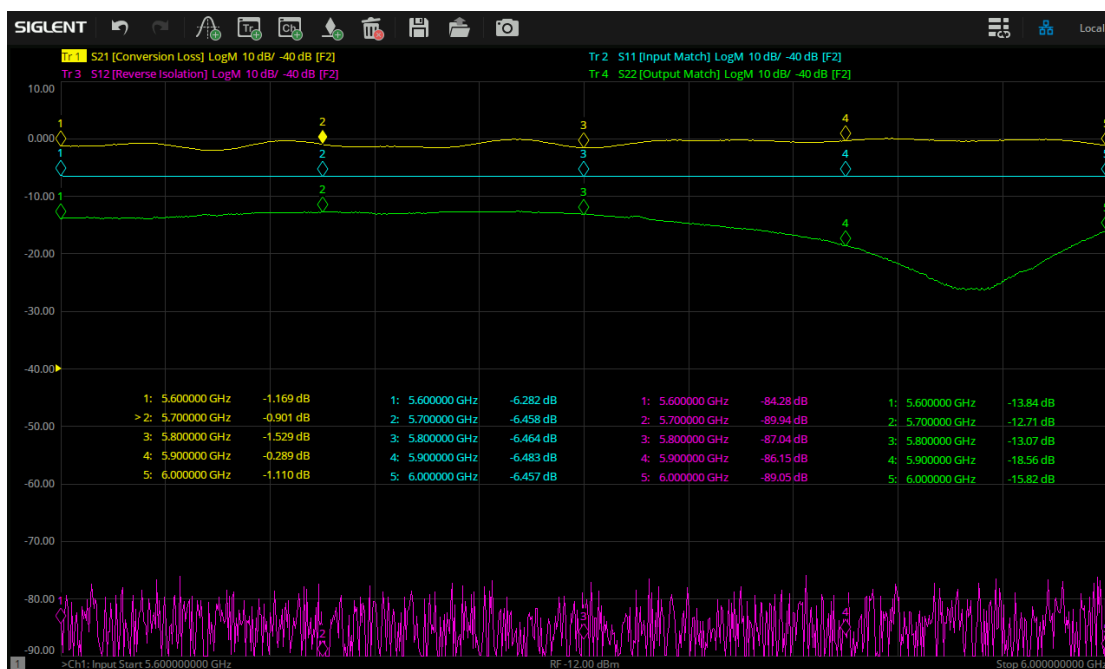




图 4-2 混频器测试结果

4.3.3 放大器

1. 仪器预热，设置扫描类型（线性频率）、频率范围、扫描点数等基本参数，然后进行全二端口校准。
2. 用线缆连接 VNA 与放大器，端口 1 连接放大器输入端，端口 2 连接放大器输出端。
3. 通过 USB-C 电源线将放大器的供电端口与矢量网络分析仪前面板的 USB 端口连接，此时 SNA-TB01 的电源指示灯将亮起。
4. 点击屏幕顶端活动页的 ，添加五条测量迹线。
5. 点击 **Meas** > **S 参数**，分别设置四条迹线为 S11、S21、S12 和 S22。其中，S11 是输入回波损耗，S21 是增益，S12 是隔离，S22 是输出回波损耗。
6. 选中第五条迹线 (Tr5)，点击 **Math** > **分析** > **公式编辑器...** > **Advanced**，选择公式 $kfac(S11,S21,S12,S22)$ ，并打开编辑器开关。然后点击 **Format** > **线性幅度**。
7. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点，即可观察放大器线性频率扫描的迹线。

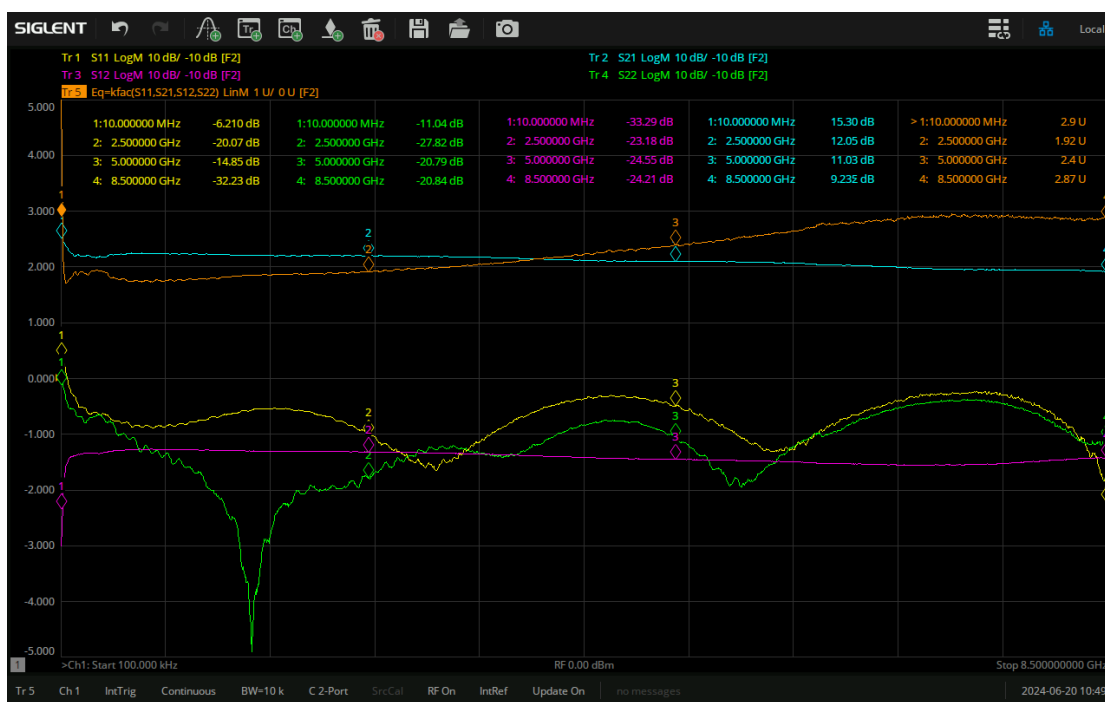



图 4-3 放大器线性频率扫描测试结果

8. 点击 **Sweep** > **扫描类型**，更改扫描类型为功率扫描。
9. 点击 **Power**，设置起始功率为-15dBm，设置终止功率为 10dBm。



注意：

测量放大器时，请留意放大器的增益和 VNA 的最大输入功率，在保证安全的范围内设置 VNA 的功率电平，防止损坏仪器。本产品的放大器有 15dB 左右的增益，SNA 系列矢量网络分析仪输入破坏电平为+27dBm，为保证安全，VNA 功率电平需设置在+10dBm 及以下。必要时，可以加入外部衰减器。

10. 执行绝对功率测量时，向 DUT 提供正确的功率电平较为重要。为了提高放大器的功率测量精度，推荐使用的功率计对矢量网络分析仪进行源功率校准和接收机校准。
11. 屏幕区域保留三条测量迹线，分别设置为 S21、R1,1 和 B,1。其中，S21 是增益；R1,1 是 1 端口参考接收机的功率迹线，设置方法为 **Meas** > **接收测量** > **R1 源端口 1**；B,1 是 2 端口测量接收机的功率迹线，设置方法为 **Meas** > **接收测量** > **B 源端口 1**。
12. 点击 **Scale** > **自动全部缩放**，调整显示刻度，使迹线更直观地被观察。
13. 保留两处标记点。标记点 1 移动至 S21 迹线左侧平坦处（线性放大区），标记点 2 移动至比标记点 1 低 1dB 处，该处即为放大器的 1dB 压缩点。IP1dB（输入功率 1dB 压缩点）为标记点 2 对应的横坐标，OP1dB（输出功率 1dB 压缩点）为 IP1dB 与 S21（增益）相加。R1,1 和 B,1 的迹线能一定程度地反映放大器输入功率和输出功率的变化，可以观察到 1dB 压缩点后，放大器的输出功率趋于饱和，不再随输入功率的增加而线性增加。

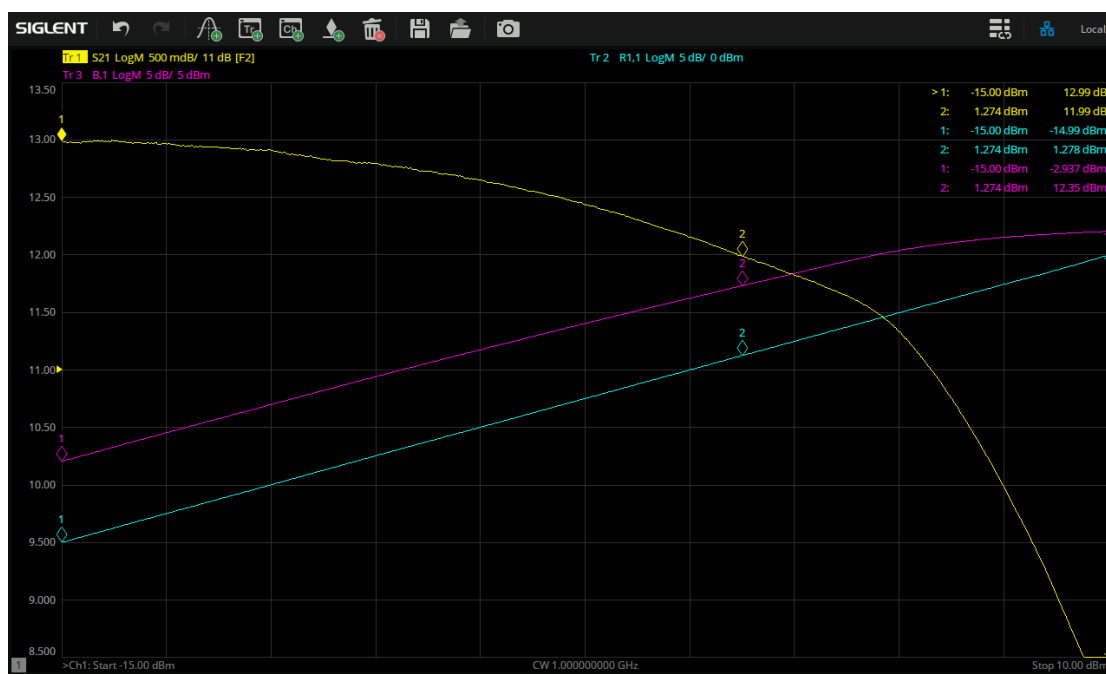


图 4-4 放大器功率扫描测试结果

14. 此放大器还能使用 VNA 的直流偏置功能进行驱动供电。将+5V/0.1A 的外部直流电源通过 BNC 线缆连接至 VNA 背部的直流偏置输入端口，直流电会通过 BNC 连接器进入到与放大器输出端相连的测试线缆中，从而完成对放大器的供电驱动。

提示：
BNC 线缆应当连接至与放大器输出端口相对应的直流偏置端口。

15. 若 VNA 具有 SA 选件，可以查看放大器的输出频谱。点击 **Meas** > **模式...** > **SA**，进入 SA 频谱分析模式。
16. 进入 SA 模式后，系统会自动弹出频谱分析设置（SA Steup），用户也可以点击 **Sweep** > **频谱分析设置...** 进入。

- 在 SA 选项卡中，设置频率范围、扫描点数等基本设置，并设置 RF Input 为 B (Port 2)，即放大器的输出端口。
- 在 Source 选项卡中，打开端口 1 的功率，扫描类型选择 CW，并设置不同的功率电平。

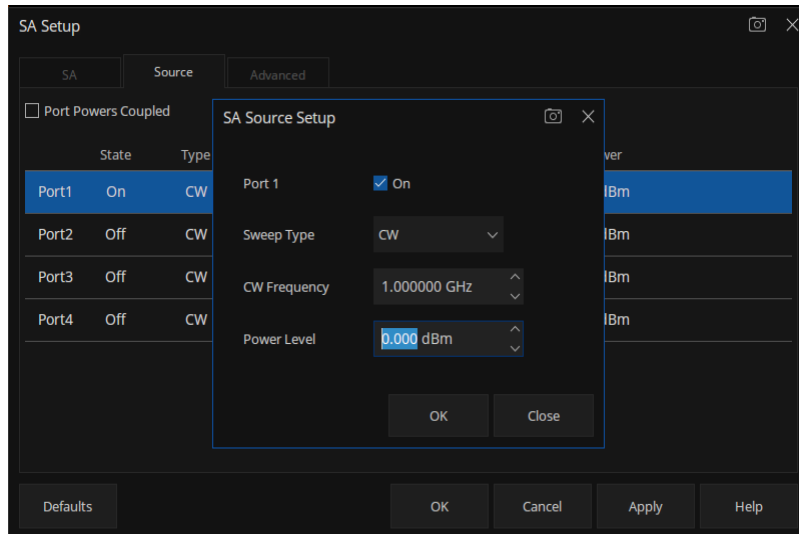


图 4-5 放大器输入端口功率设置界面

17. 观察放大器输入端口的功率电平对输出频谱的影响。当输入功率较低时，放大器处于线性放大区，输出功率随输入信号的增大而线性增大。当输入功率大于 IP1dB 时，放大器进入了非线性饱和区，不仅输出信号中产生了多个高次谐波失真成分，而且输出功率出现了压缩。

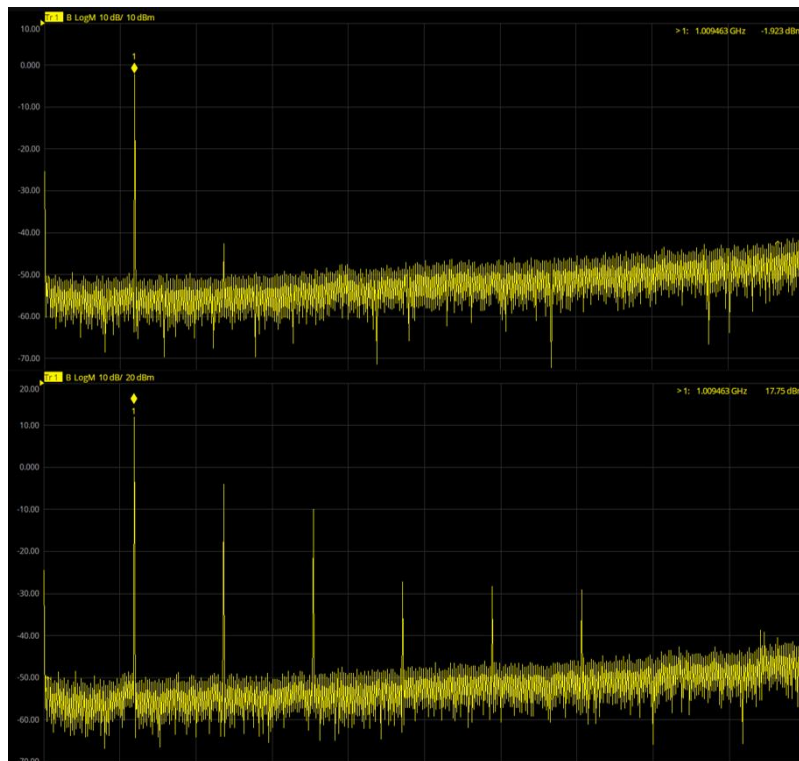




图 4-6 放大器线性区（上）和非线性区（下）频谱测试结果

4.3.4 耦合器

1. 使用 4 端口矢量网络分析仪，仪器预热，然后设置频率范围（3GHz-5GHz）、扫描点数等基本参数，进行全四端口校准。
2. 用线缆连接 VNA 与耦合器，端口 1 连接输入端，端口 2 连接输出端，端口 3 连接耦合端，端口 4 连接隔离端。
3. 点击屏幕顶端活动页的 ，添加五条测量迹线。
4. 点击 **Meas** > **S 参数**，设置四条迹线为 S11、S21、S31、S41。其中，S11 是输入反射，S21 是直通损耗，S31 是耦合度，S41 是隔离度。
5. 选中第五条迹线（Tr5），点击 **Math** > **分析** > **公式编辑器...**，设置方向性公式为 $S_{41}/S_{31}/S_{21}$ ，并打开编辑器开关。
6. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。

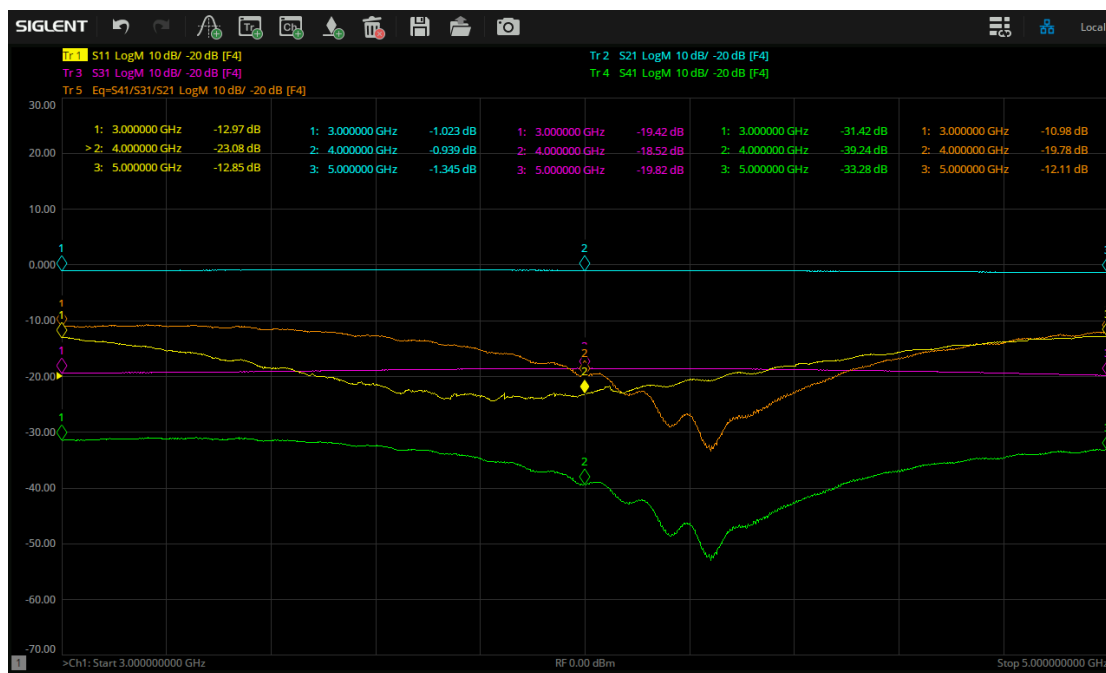





图 4-7 耦合器测试结果



提示：

若使用 2 端口矢量网络分析仪，请将端口 1 连接耦合器输入端，端口 2 分别连接耦合器的输出端、耦合端和隔离端，分步测试每种连接情况的 S 参数即可。测试过程中，耦合器没有接入的 2 个端口需连接 50Ω 的负载。

4.3.5 巴伦

1. 使用 4 端口矢量网络分析仪，仪器预热，然后设置频率范围（4.5MHz-3GHz）、扫描点数等基本参数，进行全四端口校准。
2. 点击 **Meas** > **平衡测量** > **端口拓扑...**，选择 **BAL-BAL**，并设置合适的连接关系，端口 1、2 对应巴伦一侧的两端口，端口 3、4 对应巴伦另一侧的两端口。
3. 按照上步的连接关系，用线缆连接 VNA 与巴伦。
4. 点击屏幕顶端活动页的 ，添加三条测量迹线。
5. 点击 **Meas** > **平衡测量** > **其他...**，分别设置三条迹线为 Sdd11、Sdd21 和 Sdd21/Sc21。其中，Sdd11 是差分回损，Sdd21 是差分插损，Sdd21/Sc21 是共模抑制比。
6. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。

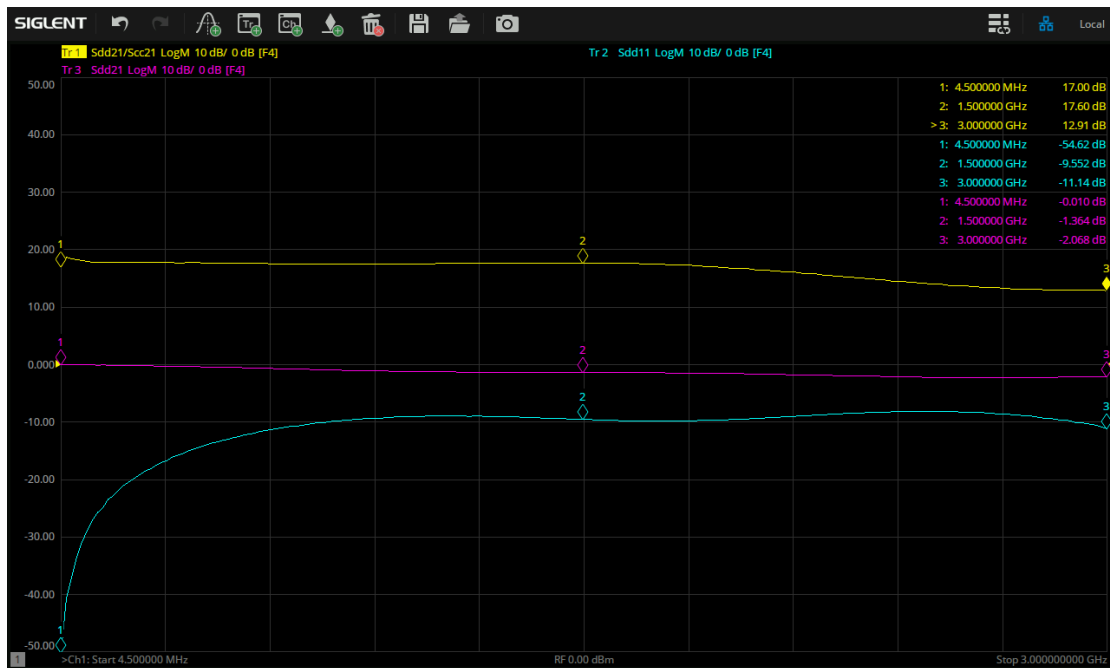





图 4-8 巴伦测试结果



提示：

若使用 2 端口矢量网络分析仪，只能测试差分回损。将端口 1 和端口 2 连接至巴伦的同一侧，参照上述步骤，测试端口拓扑为 BAL 时的 Sdd11 即可。测试过程中，巴伦另一侧没有接入的 2 个端口都需要接入 50Ω 的负载。

4.3.6 滤波器

1. 仪器预热，设置频率范围、扫描点数等基本参数，进行全二端口校准。
2. 用线缆连接 VNA 至滤波器的两个端口。
3. 点击屏幕顶端活动页的 ，设置四条测量迹线，分别为 S11、S21、S21 Delay 和 S22。其中，S11 为输入反射，S21 为插入损耗，S21 Dealy 为群延时（对 S21 迹线点击 **Format** > **群延时** 即可查看），S22 为输出反射。
4. 点击 **Scale**，调整合适的显示刻度，使所有迹线都能够被观察到。
5. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。标记点 1 设置为通带内的点。
6. 对 S21 迹线，点击 **Search** > **带宽搜索** > **打开**，带宽参考选择 **光标**。对于带通滤波器，可显示通带带宽 BW、中心频率 Center、高/低截止频率 High/Low、品质因素 Q 值和插入损耗 Loss。对于低通滤波器，可显示高截止频率 High。
7. 选中 S21 和 S21 Delay 迹线，点击 **Math** > **分析** > **统计数据** > **打开**，然后点击 **统计范围**，设置 User Span 的范围为滤波器的通带范围，即可通过 Peak to Peak 查看所选迹线在通带范围内的纹波。

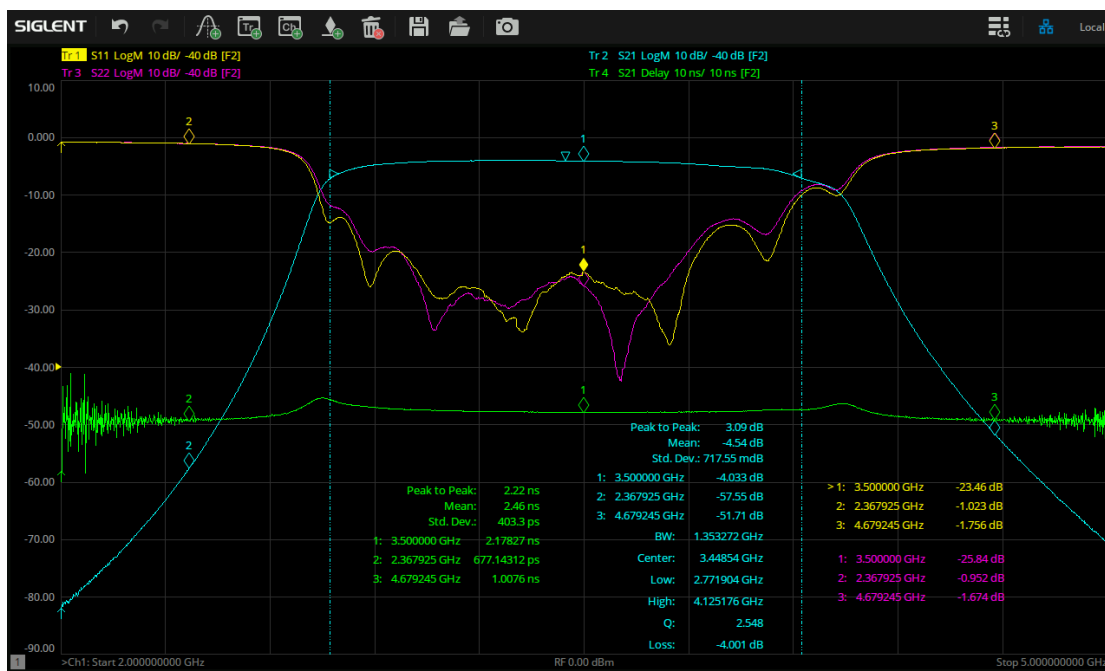


图 4-9 带通滤波器测试结果

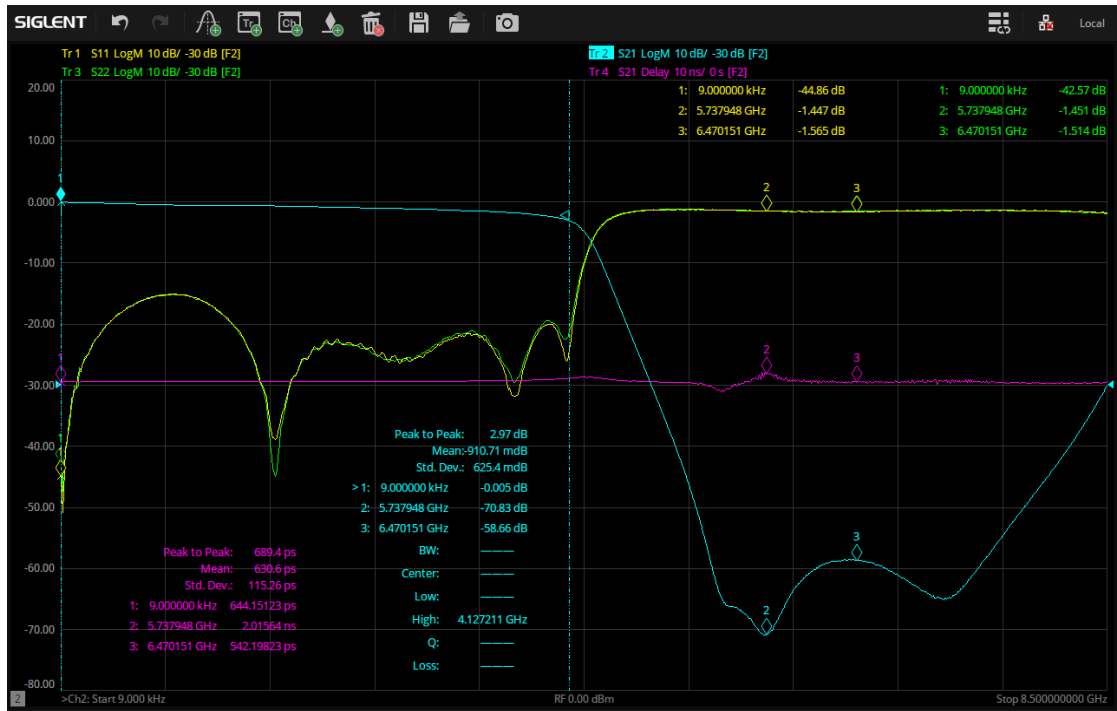


图 4-10 低通滤波器测试结果

8. 为了得到更精确的结果，又不降低扫描速度，可针对滤波器的通带和阻带采用不同的基本参数设置。点击 **Sweep** > **扫描类型** > **段扫描**，将 VNA 的扫描方式更改为分段扫描。

在 **Sweep** > **段扫描表** 中，增加扫描分段，滤波器通带可采用较宽的中频带宽（如 10kHz）和较多的扫描点数（如 1001），阻带可使用稍窄的中频带宽（如 100Hz 或 1kHz）和较少的扫描点数（如 201）。



+	State	Start	Stop	Points	IF Bandwidth
1	On	2.000000000 GHz	2.700000000 GHz	201	100 Hz
2	On	2.700000000 GHz	4.200000000 GHz	1001	10 kHz
> 3	On	4.200000000 GHz	5.000000000 GHz	201	100 Hz

+	State	Start	Stop	Points	IF Bandwidth
1	On	9.000 kHz	4.200000000 GHz	1001	10 kHz
> 2	On	4.200000000 GHz	8.500000000 GHz	201	100 Hz

图 4-11 带通滤波器（上）和低通滤波器（下）的段扫描表

4.3.7 长直通线和阻抗变换线

S 参数测试：

1. 仪器预热，设置频率范围、扫描点数等基本参数，进行全二端口校准。
2. 用线缆连接 VNA 至长直通线/阻抗变换线的两个端口。
3. 点击屏幕顶端活动页的 ，添加四条测量迹线。
4. 点击 **Meas** > **S 参数**，分别设置四条迹线为 S11、S21、S12 和 S22。其中，S11 是输入回波损耗，S21 是正向传输损耗，S12 是反向传输损耗，S22 是输出回波损耗。
5. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。

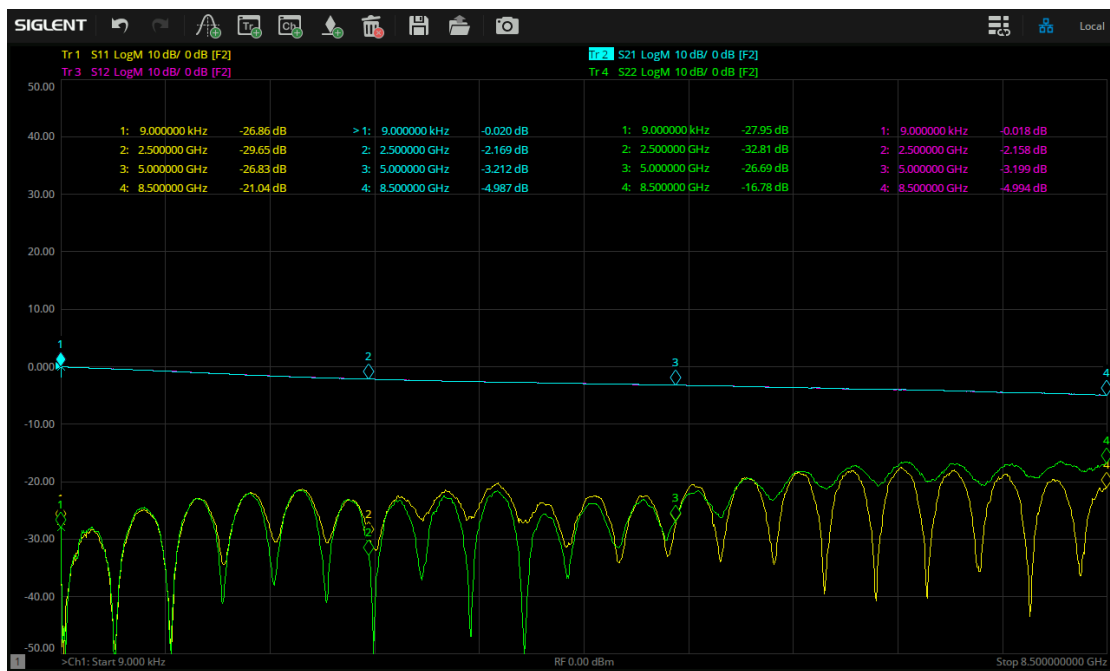


图 4-12 长直通线 S 参数测试结果

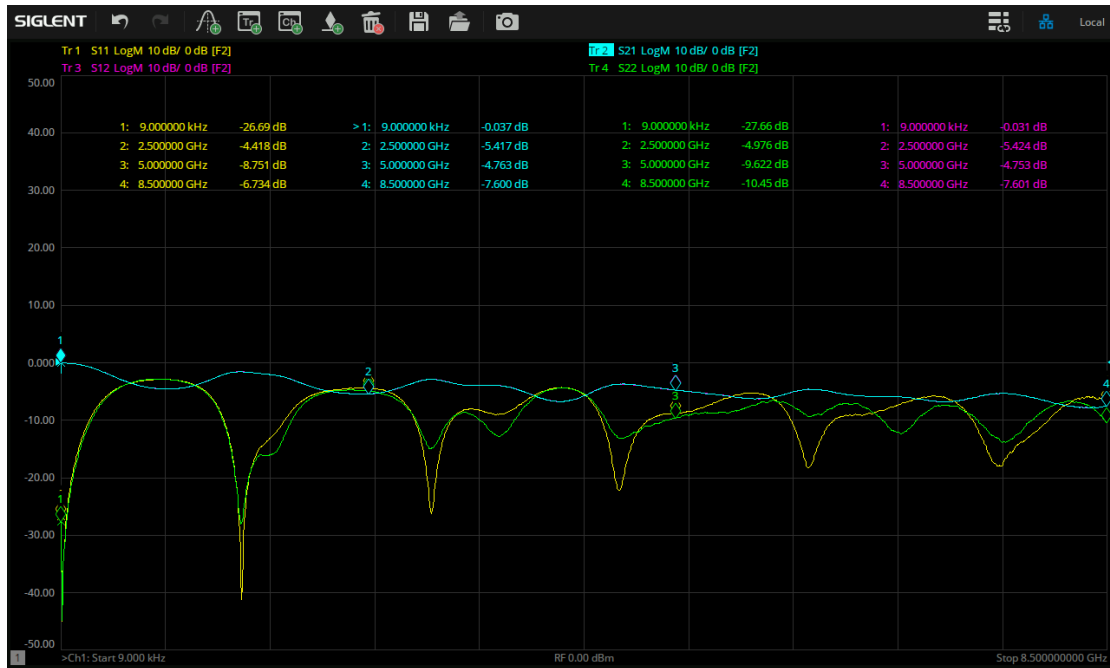


图 4-13 阻抗变换线 S 参数测试结果

TDR 阻抗测试：

1. 若 VNA 具有 TDR 选项，可以查看阻抗随距离的变换曲线。
2. 点击 **Math** > **TDR** > **打开**，进入 TDR 模式。
3. 进入 TDR 模式后，系统会自动弹出 TDR 设置向导（TDR Setup Wizard），用户也可以点击底部工具栏 **Setup** > **Setup Wizard...** 进入。
 - Overview 窗口中，选择延时补偿（Deskew）校准。
 - DUT Topology 窗口中，端口拓扑选择 Single-Ended 1-Port。
 - Deskew 窗口中，使线缆终端开路，然后点击 **Deskew**。
 - DUT Length 窗口中，将线缆连上长直通线/阻抗变换线，然后点击 **Measure**，进行 DUT 长度自动测量。
 - Rise Time 窗口无需操作。
4. TDR 底部工具栏中，点击 **Setup** > **Dielectric Const.**，输入介电常数 3.48。
5. 双击放大 T11 的迹线窗口，便于观察阻抗随距离的变化趋势。TDR 底部工具栏中，点击 **TDR/DTT** > **Scale**，调整合适的 X 和 Y 坐标轴范围。

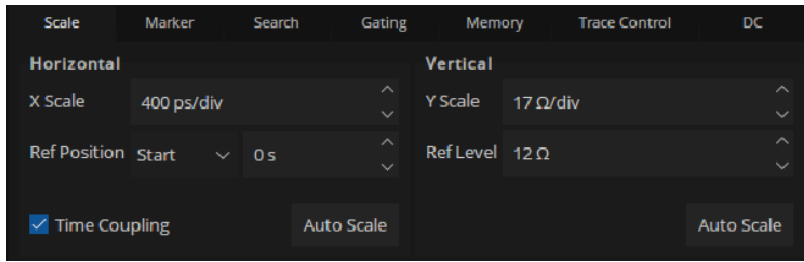


图 4-14 TDR 坐标轴刻度调整


6. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。



图 4-15 长直通线 TDR 测试结果

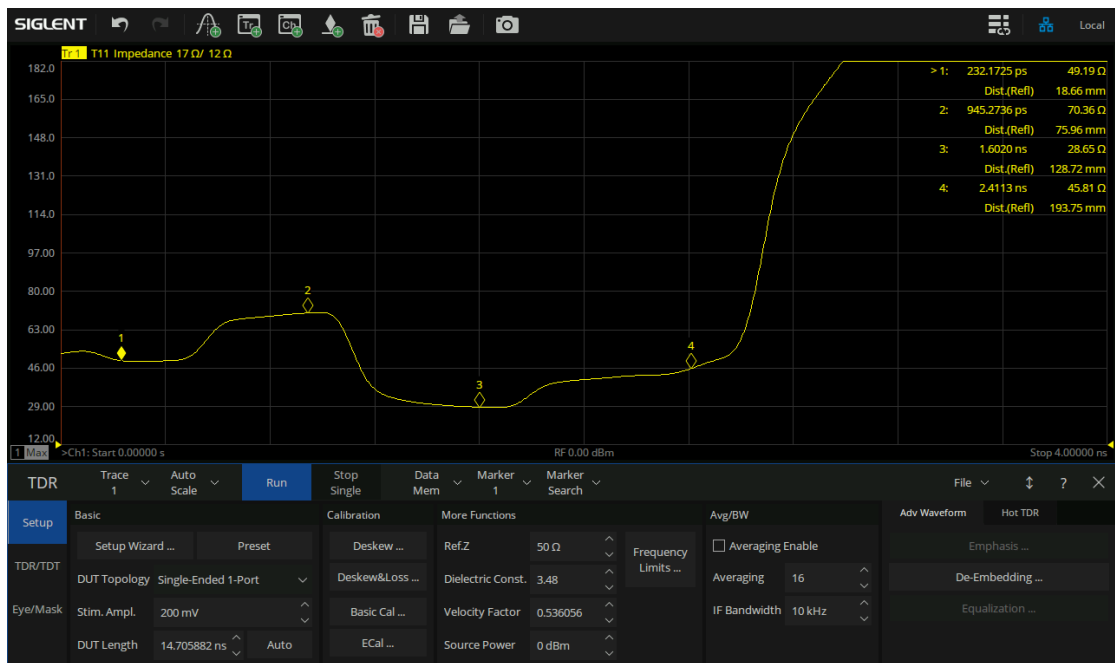





图 4-16 阻抗变换线 TDR 测试结果

4.3.8 差分线和差分阻抗变换线

平衡 S 参数测试：

1. 仪器预热，设置频率范围、扫描点数等基本参数，进行全四端口校准。
2. 点击 **Meas** > **平衡测量** > **端口拓扑...**，选择 **BAL-BAL**，并设置合适的连接关系，端口 1、2 对应差分线/差分阻抗变换线一侧的两个端口，端口 3、4 对应差分线/差分阻抗变换线另一侧的两个端口。
3. 按照上步的连接关系，用线缆连接 VNA 与差分线/差分阻抗变换线。
4. 点击屏幕顶端活动页的 ，添加三条测量迹线。
5. 点击 **Meas** > **平衡测量** > **其他...**，分别设置三条迹线为 Sdd11、Sdd21 和 Sdd22。其中，Sdd11 是输入差分回损，Sdd21 是差分插损，Sdd22 是输出差分回损。
6. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。



提示：

若使用 2 端口矢量网络分析仪，只能测试差分回损。将端口 1 和端口 2 连接至差分线/差分阻抗变换线的同一侧，参照上述步骤，测试端口拓扑为 BAL 的 Sdd11、Sdd22 即可。测试过程中，差分线/差分阻抗变换线另一侧没有接入的 2 个端口，都需要接入 50Ω 的负载。

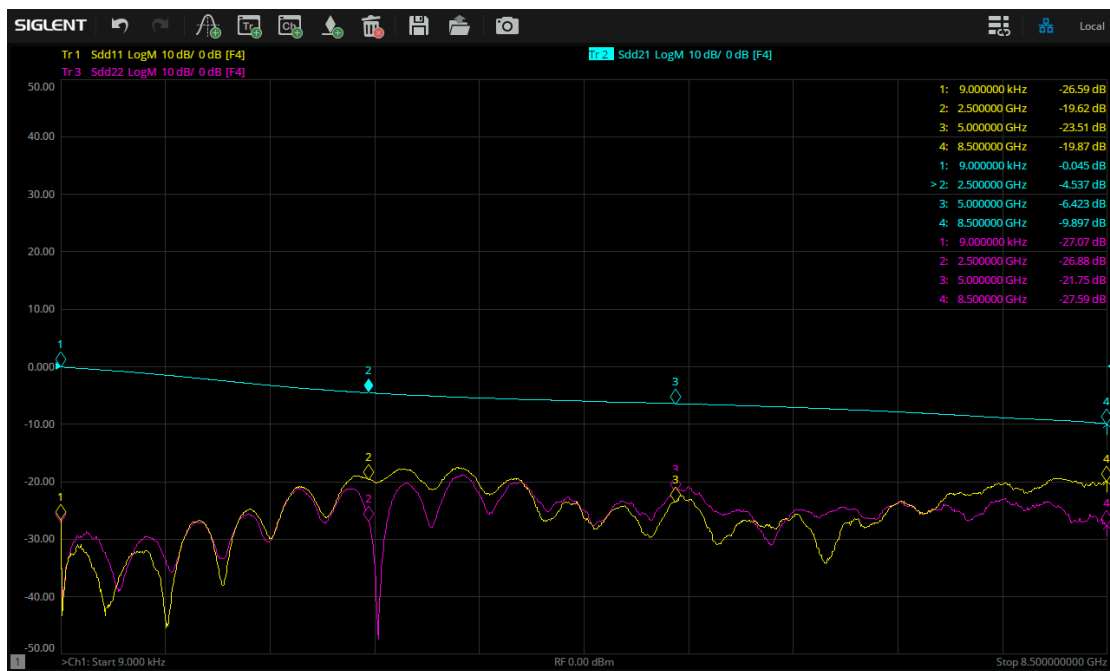


图 4-17 差分线平衡 S 参数测试结果

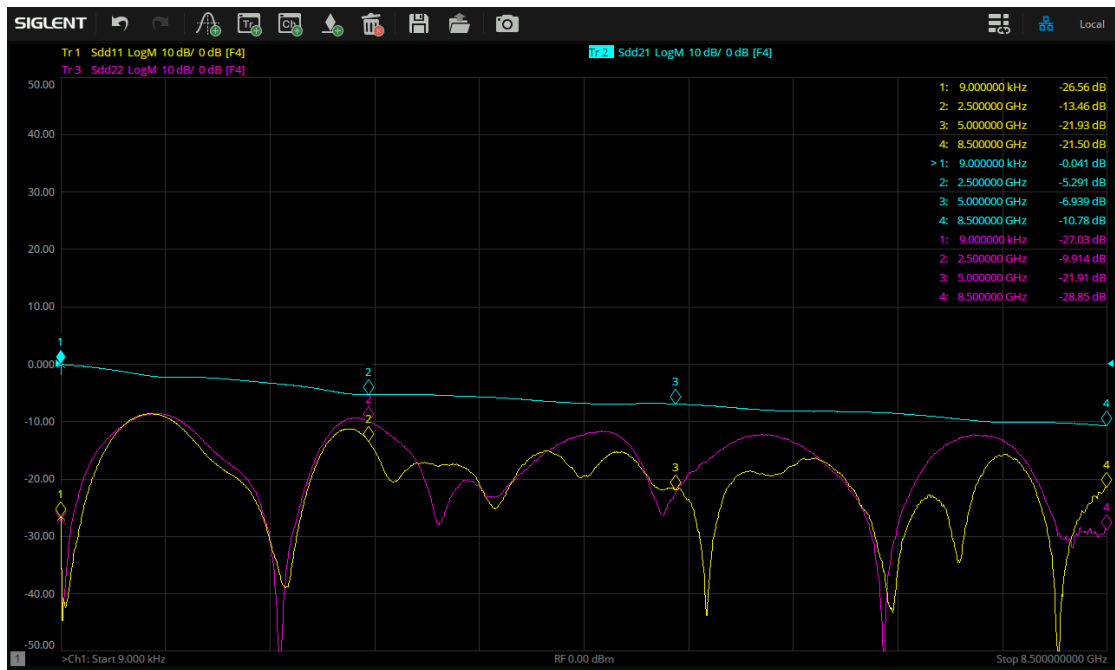



图 4-18 差分阻抗变换线平衡 S 参数测试结果

TDR 差分阻抗测试：

1. 若 VNA 具有 TDR 选项，可以查看差分阻抗随距离的变换曲线。
2. 点击 **Math** > **TDR** > **打开**，进入 TDR 模式。
3. 进入 TDR 模式后，系统会自动弹出 TDR 设置向导 (TDR Setup Wizard)，用户也可以点击底部工具栏 **Setup** > **Setup Wizard...** 进入。
 - Overview 窗口中，选择延时补偿 (Deskew) 校准。
 - DUT Topology 窗口中，端口拓扑选择 Differential 1-Port。
 - Deskew 窗口中，使线缆终端开路，然后点击 **Deskew**。
 - DUT Length 窗口中，将线缆连上差分线/差分阻抗变换线，然后点击 **Measure**，进行 DUT 长度自动测量。
 - Rise Time 窗口无需操作。
4. TDR 底部工具栏中，点击 **Setup** > **Dielectric Const.**，输入介电常数 3.48。
5. 双击放大 Tdd11 的迹线窗口，便于观察阻抗随距离的变化趋势。TDR 底部工具栏中，点击 **TDR/TDT** > **Scale**，调整合适的 X 和 Y 坐标轴范围。
6. 点击屏幕顶端活动页的 ，增加标记点。

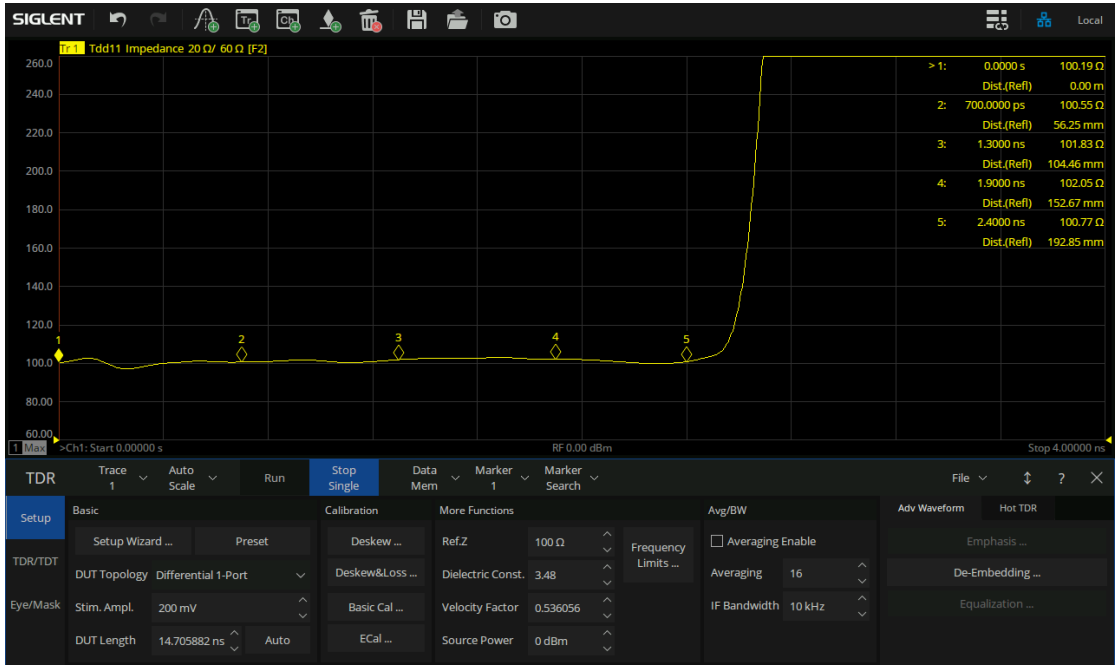


图 4-19 差分线 TDR 测试结果



图 4-20 差分阻抗变换线 TDR 测试结果



请用户务必填写后沿虚线剪下寄回

感谢您购买鼎阳科技的产品，请妥善保管此产品保修卡及销售专用发票

客户信息反馈登记表

公司名称: _____

联系人名称: _____

联系电话: _____

电子邮箱: _____

通讯地址: _____

购买日期: _____

产品型号: _____

产品序列号: _____

硬件版本: _____

软件版本: _____

故障现象描述

产品合格证明

Quality Certificate

制造商名称: 深圳市鼎阳科技股份有限公司

检验合格

Certified



产品型号

Model

序列号

Serial No.

售后服务中心:

服务中心地址: 广东省深圳市宝安区 68 区留仙三路安通达工业园五栋一楼

服务与支持热线: 400-878-0807

邮箱: Service@siglent.com

维修登记卡

维修记录一	故障现象	
	接收日期	
	故障处理情况	
	维修工程师	
	返回日期	
维修记录二	故障现象	
	接收日期	
	故障处理情况	
	维修工程师	
	返回日期	

保修概要

深圳市鼎阳科技股份有限公司 (SIGLENT TECHNOLOGIES CO., LTD) 承诺其产品
在保修期内正常使用发生故障, SIGLENT 将为用户免费维修或更换部件。本保修适
用于中国大陆地区用户从大陆正规渠道所购买的 SIGLENT 产品。SIGLENT 厂家直
销渠道, 授权代理销售渠道及授权网络销售渠道, 用户在购买 SIGLENT 产品时有
权要求商家提供 SIGLENT 授权证明文件以保证自身利益。

标准保修承诺

SIGLENT 承诺本产品主机保修期三年, 模块类、探头类、电池类产品保修一年。
SIGLENT 产品保修起始日期默认为客户有效购机凭证 (税务发票) 上的日期。无法
提供有效购机凭证的, 则将产品的出厂日期延后 7 天 (默认货运时间) 作为保修起
始日期。

维修承诺

对于免费维修的产品, SIGLENT 承诺在收到故障产品后 10 个工作日内维修完毕。
对于有偿维修的产品, SIGLENT 将在用户付费后 10 个工作日内将故障产品维修完
毕。若用户确认不维修, SIGLENT 将故障产品返回客户。

以下情况不包含在 SIGLENT 免费维修范围内:


- 1.因错误安装或在非产品规定的工作环境下使用造成的仪器故障或损坏;
- 2.产品外观损坏 (如烧伤、挤压变形等);
- 3.产品保修封条被撕毁或有揭开痕迹;
- 4.使用未经 SIGLENT 认可的电源或电源适配器造成的意外损坏;
- 5.因不可抗拒因素 (如地震、雷击等) 造成的故障或损坏;

本保修卡代替先前发布的保修卡版本, 其他任何形式的保修条款应以上述的保修说
明为准, SIGLENT 拥有对维修事宜的最终解释权。

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，事先未经过允许，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。

