

SSA5000A

噪声系数功能使用指导

目录

1	噪声系数分析功能.....	1
1.1	噪声系数的基础知识.....	1
1.1.1	什么是噪声系数.....	1
1.1.2	噪声系数的测量方法.....	1
1.2	放大器测量.....	2
1.2.1	噪声系数测量的校准.....	2
1.2.2	噪声系数和增益测量.....	5
1.2.3	增益测量法.....	6

1 噪声系数分析功能

本文将演示如何使用鼎阳科技 SSA5000A 频谱仪的噪声系数分析功能来快速有效地进行高质量的噪声系数测量。

1.1 噪声系数的基础知识

1.1.1 什么是噪声系数

噪声即元件或系统内部产生的干扰，从而导致电路的性能恶化；对噪声的量化主要有 3 个参数：噪声系数(NF)、噪声因子(F)、等效噪声温度(Te)。

噪声因子(F)的定义是输入信号的 SNR(信噪比)除以输出信号的 SNR： $F = (S_{in}/N_{in})/(S_{out}/N_{out})$ ，式中， S_{in} =输入信号的功率； S_{out} =输出信号的功率； N_{in} =输入噪声功率； N_{out} =输出噪声功率。

把噪声因子用分贝(dB)来表示就是噪声系数(NF)： $NF (dB) = 10 \cdot \log (F)$ 。由于微波网络本身会产生噪声，其输出端的 SNR 要比输入端的 SNR 小，即噪声因子 F 要大于 1，或者说噪声系数 NF 要大于 0 dB，噪声系数表征了微波网络使 SNR 降低的程度。

大部分 LNA 用噪声系数来描述，但当 LNA 的噪声系数小于 1 dB 时常用 Te 来描述其噪声特征： $T_e = 290 \cdot (F - 1)$ 。此公式表述了噪声系数与噪声温度的关系： $NF (dB) = 10 \cdot \lg (1 + T_e / 290)$ 。

1.1.2 噪声系数的测量方法

有两种测量噪声系数的主要方法：Y 因子法和冷源法。鼎阳科技 SSA5000A 频谱分析仪使用 Y 因子法测量噪声系数，矢量网络分析仪测量噪声系数常采用冷源法。在本文中我们讨论 Y 因子法。

噪声源是 Y 因子法测量必不可少的设备，噪声源是能产生两种不同噪声功率的噪声发生器，通常需 DC 脉冲电源驱动电压，当 DC 驱动电压供电时相当于噪声源开，称为热态，此时输出大的噪声功率；电源关闭时相当于噪声源关，称为冷态，此时输出常温下的噪声功率。对于一个给定的噪声源，ENR 的值会随着频率而变化。根据内部衰减器的不同，典型噪声源的 ENR 标称值的范围在 6 dB 到 15 dB 之间。使用噪声源可以在被测器件的输出端口得到两个噪声功率的测量结果，这两个测量结果的比值(称为 Y 因子)可用来计算噪声系数： $NF = ENR - 10 \lg (Y - 1)$ ，ENR 一般由噪声源的规格书给出。



图 1-1 NSD28

1.2 放大器测量

本节使用一个频率范围为 DC-10 GHz 的低噪声放大器作为 DUT 和是德科技 346 系列噪声源为例，演示如何使用 SSA5000A 的噪声系数分析功能来快速有效地进行噪声系数测量。

表 1-1 DUT Specifications

Frequency Range	Gain	Noise Figure
DC-10 GHz	26 dB	6 dB

1.2.1 噪声系数测量的校准

为了精确测量噪声系数，在测量 DUT 之前，必须首先对测量系统进行校准，以识别并校正系统的固有噪声系数，从总噪声系数测量值中去除所测量的仪器噪声系数，从而仅显示 DUT 的噪声系数和增益。

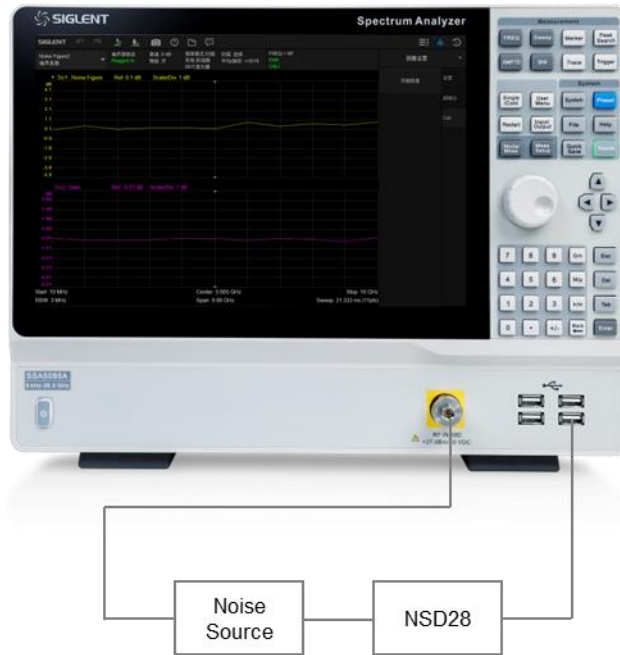


图 1-2 噪声系数测量校准的连接设置

操作步骤：

1. 开机预热 30 分钟后点击左上角的 Spectrum Analyzer 频谱分析，进入窗口管理页面，点击 **噪声系数** > **噪声系数** 添加噪声系数分析的窗口，此时频谱仪工作在噪声系数测量的模式。
2. 连接噪声源：按照图 1-2 中的校准设置，连接噪声源和频谱分析仪。分析仪通过 USB 连接控制噪声源，将噪声源的输出直接接入到分析仪的射频信号输入端。
3. 设置幅度：选择 **AMPTD**，当进入噪声系数模式时，内部前置放大器会自动开启，自动模式下输入衰减固定为 0。
4. 设置频率：选择 **FREQ**，设置起始频率为 10 MHz，终止频率为 10 GHz，扫描点数为 11。
5. ENR 设置：选择 **Meas Setup** > **超噪比** > **编辑超噪比** 填入 ENR 表，为一系列频率和频率对应的 ENR 值。
6. 保存 ENR 表：选择 **Meas Setup** > **超噪比** > **保存** 保存填入的 ENR 值并在界面上显示 **ENR** 验证数据已正确传输。



图 1-3 ENR table

7. 设置平均：选择 **Meas Setup** > **设置**，平均次数为 10 并按**平均**切换到开。
8. 执行校准：选择 **Meas Setup** > **Cal** > **开始校准** > **Enter**。

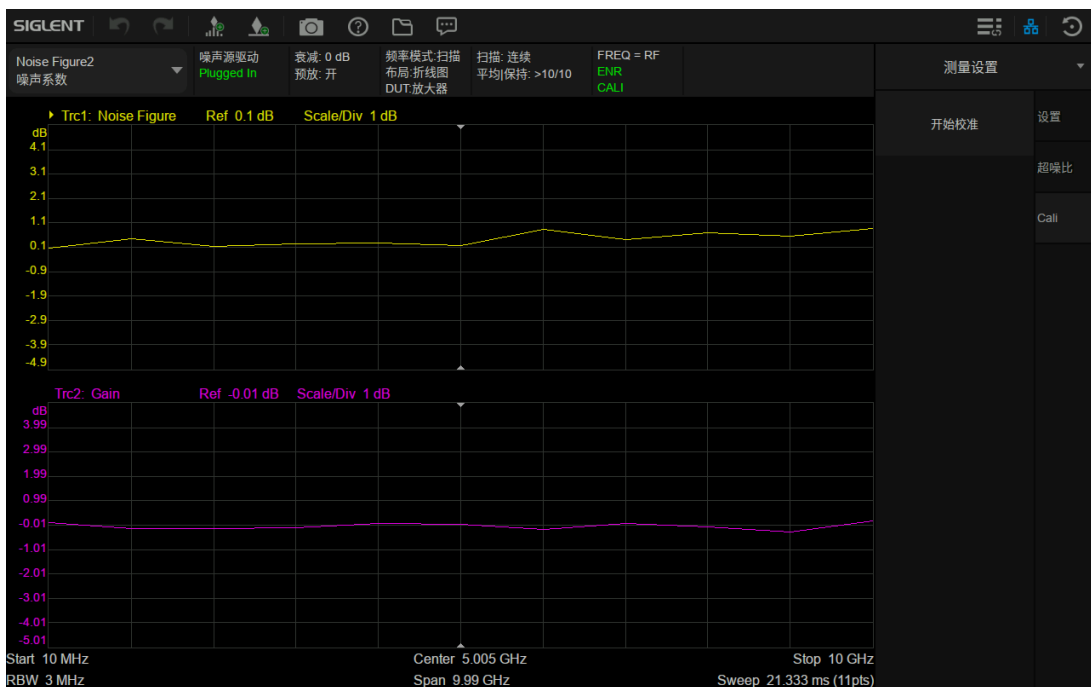


图 1-4 噪声系数测量校准

9. 在表格中查看结果：选择 **Trace** > **Format** > **布局** > **表格**，校准完成且未插入待测器件时，

增益和噪声系数均接近 0 dB，这表明分析仪已经从测量系统中去除了噪声成分，使用表格布局模式可以更好地查看结果。

频率	Noise Figure	Gain
10 MHz	0.09 dB	0.06 dB
1.009 GHz	0.41 dB	-0.12 dB
2.008 GHz	0.09 dB	0.07 dB
3.007 GHz	0.31 dB	0.02 dB
4.006 GHz	0.35 dB	0.01 dB
5.005 GHz	0.29 dB	0.13 dB
6.004 GHz	1.03 dB	-0.26 dB
7.003 GHz	0.57 dB	0.16 dB
8.002 GHz	0.7 dB	0.16 dB
9.001 GHz	0.63 dB	-0.16 dB
10 GHz	0.87 dB	-0.04 dB

图 1-5 噪声系数测量校准

1.2.2 噪声系数和增益测量

校准完成之后，保持分析仪对噪声源的控制，将噪声源的输出接入 DUT 的输入，DUT 的输出接入到分析仪的射频信号输入口。

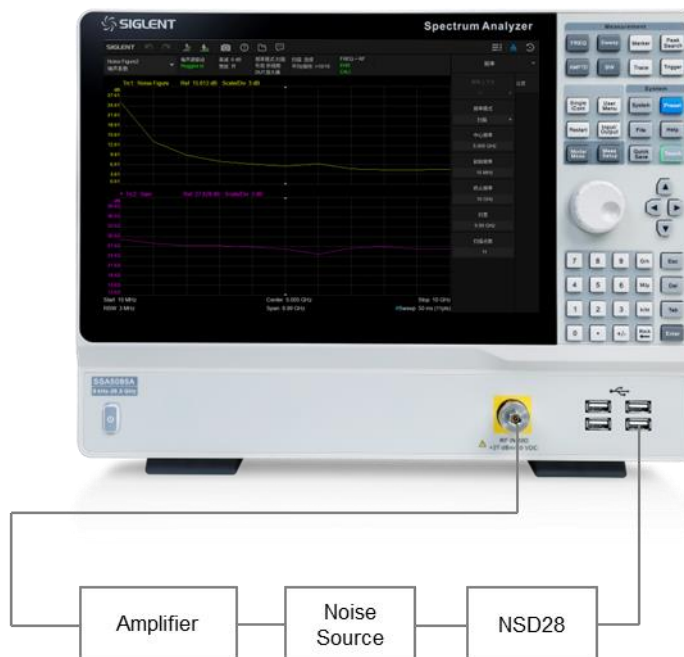


图 1-6 噪声系数测量的连接设置

连接 DUT 和噪声源后,测量结果出现在分析仪的显示屏上。结果表明,DUT 的噪声系数为 6.12 dB,增益为 26.69 dB。因此被测器件在目标频率范围内符合制造商的规格。

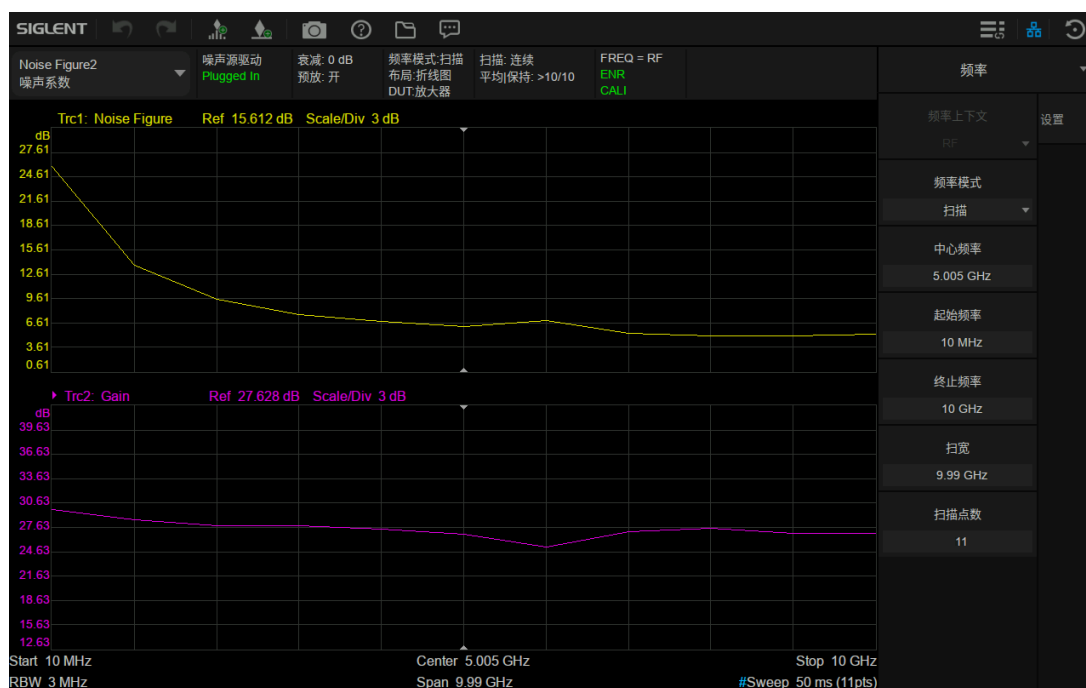


图 1-7 噪声系数测量结果

1.2.3 增益测量法

在先进的噪声系数测量应用出现以前,工程师们就想到了很多简易的噪声系数测量方法,其特点是所需要的设备少,操作简单,但测量精度不高,应用范围比较窄,虽然如此,过去被广泛使用的简易测量方法在今天的部分领域仍有一定的应用价值。我们用增益法对测量结果进行一个简单的验算,这种方法的精度低于需要经噪声源校准的 Y 因子法,与分析仪幅度精度相当。

DANL 反映了分析仪能够测量到的最小电平,也反映了分析仪内部噪声的高低。在分析仪的输入端连接一个 50Ω 的匹配负载或者直接将输入接口悬空,测得 DANL 为 -161.92 dBm/Hz。然后将放大器的输出接入到分析仪的输入,放大器的输入端连接一个 50Ω 的匹配负载或者直接悬空,不接电源测得噪声功率谱密度为 -161.97 dBm/Hz,接上电源测得噪声功率谱密度为 -142.05 dBm/Hz。

操作步骤:

1. 选择 **FREQ**, 设置中心频率为 5 GHz, 扫宽为 10 MHz。
2. 选择 **AMPTD**, 设置衰减为 0 dB, 打开预置放大器。
3. 选择 **BW**, 设置分辨率带宽为 3 MHz。
4. 选择 **Trace** > **检波** > **平均**。
5. 选择 **Marker** > **光标功能** > **噪声光标**。

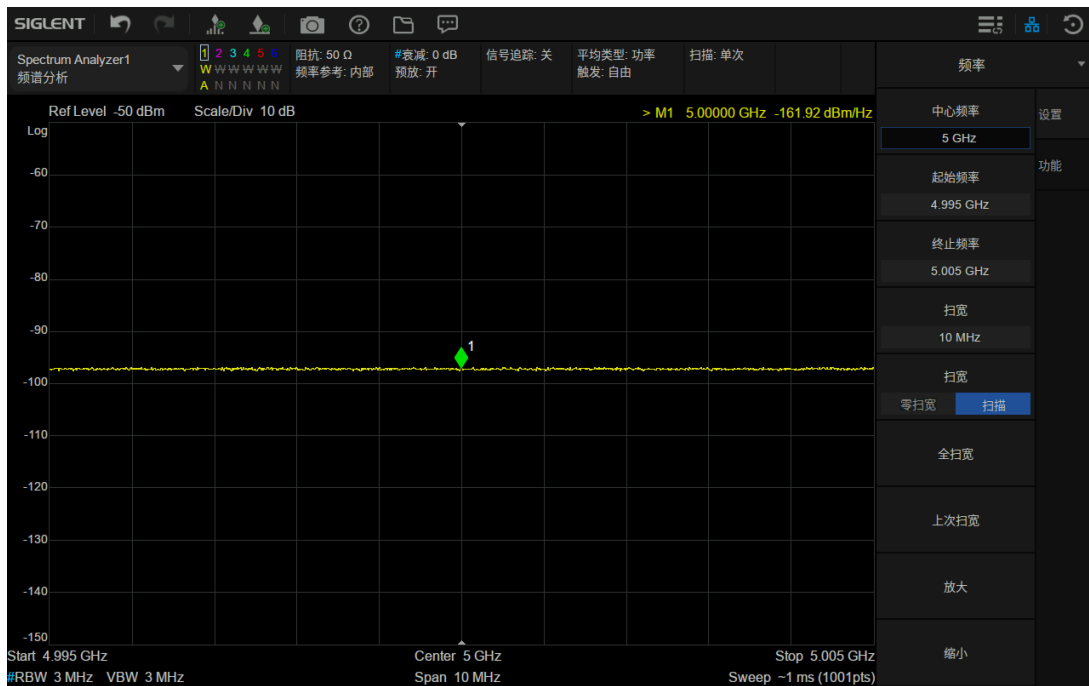


图 1-8 分析仪的噪声功率谱密度

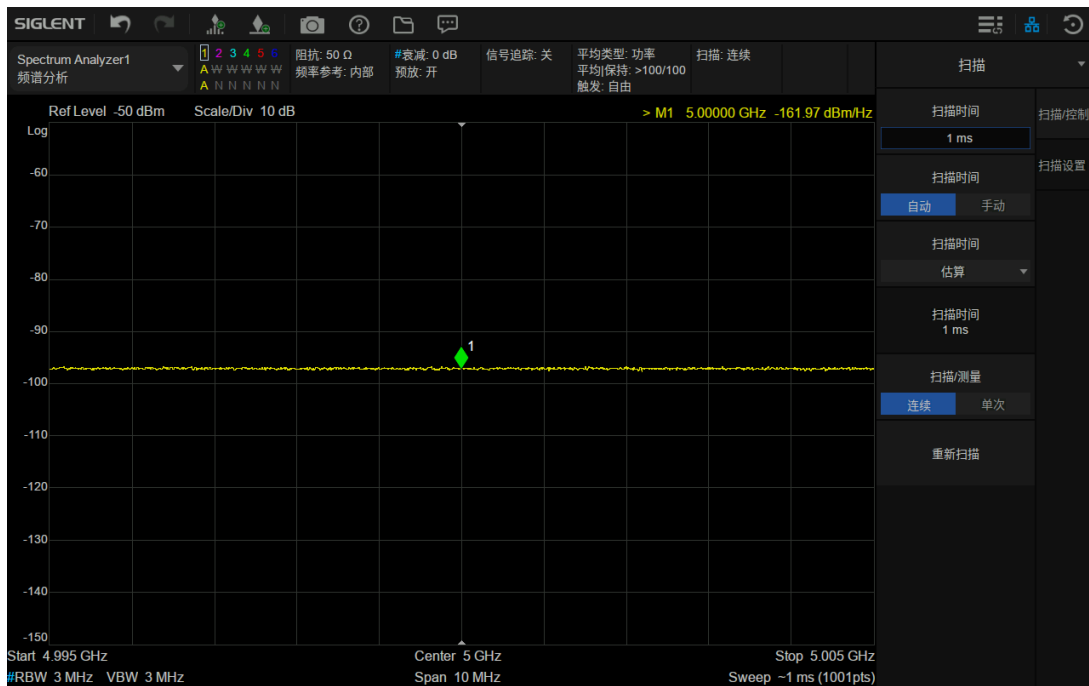


图 1-9 未接电源的噪声功率谱密度

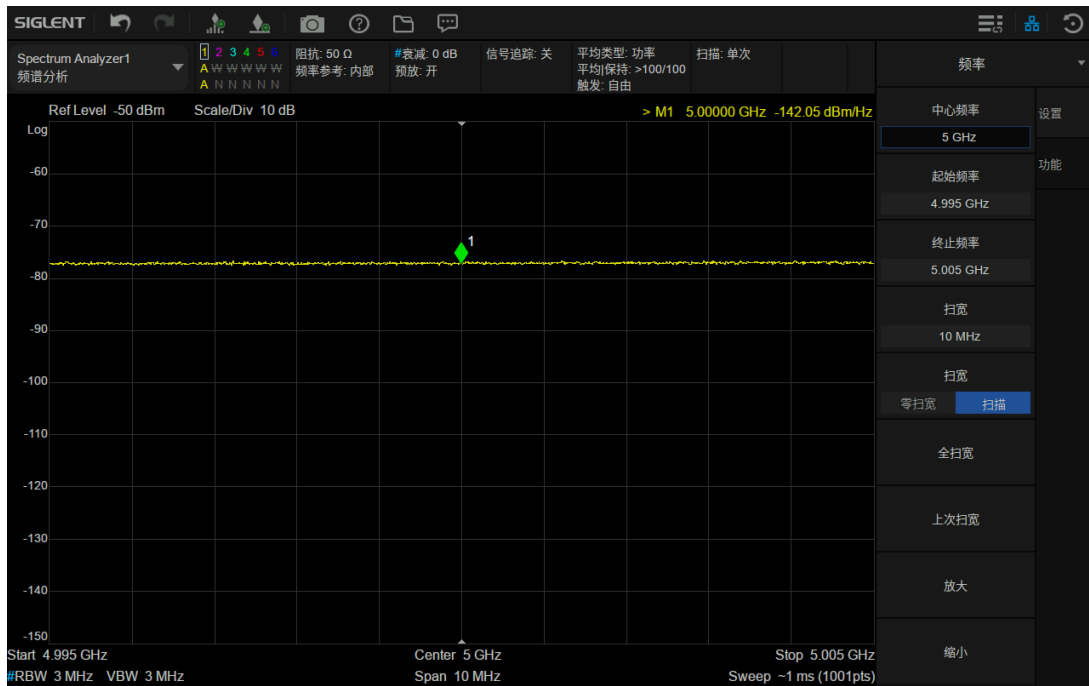


图 1-10 接上电源的噪声功率谱密度

噪声系数换算成对数形式为:

$$\begin{aligned} \text{NF(dB)} &= 10\lg F = 10\lg \frac{P_{\text{out}}}{(GkT_0 B)} = 10\lg P_{\text{out}} - 10\lg G - 10\lg B - 10\lg kT_0 \\ &= P_{\text{out}} ((\text{dBm})/\text{Hz}) + 174((\text{dBm})/\text{Hz}) - \text{Gain(dB)} = -142 + 174 - 26 = 6 \end{aligned}$$

因此增益测量法需要得到 DUT 的增益和 DUT 输入端接物理温度为 290K 电阻时其输出端的噪声功率谱密度，室温环境的热噪声是 -174 dBm/Hz（常温下 DANL 的理论最小值），功率谱密度的测量可由分析仪测得，测量的最大局限性来自分析仪的底噪。因为低增益、小噪声系数的 DUT，其输出端的 $P_{\text{out}} ((\text{dBm})/\text{Hz})$ 很小，往往远小于一般分析仪的底噪，所以增益测量法只适用于高增益、大噪声系数的 DUT。



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。

