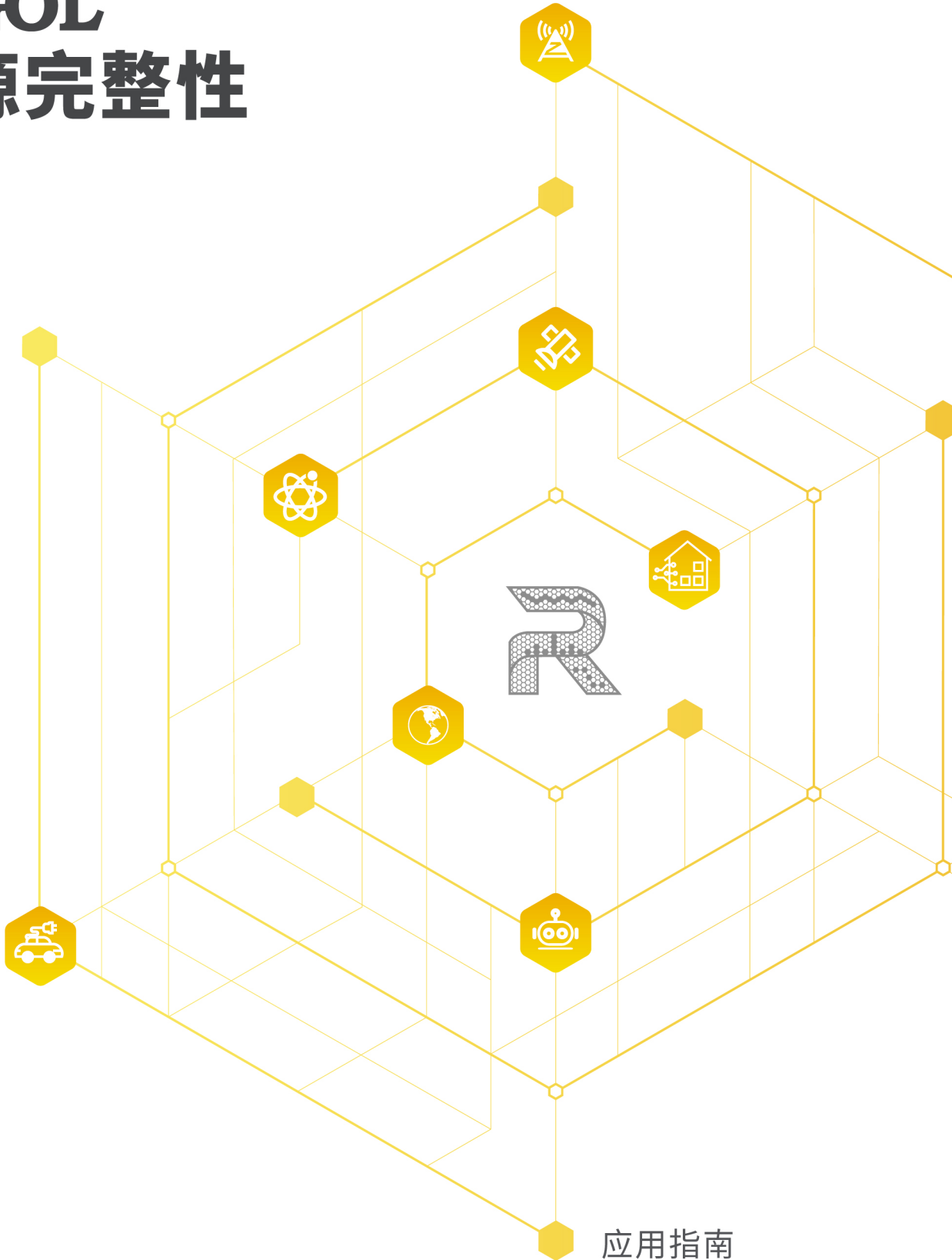




RIGOL

RIGOL

电源完整性 测试



应用指南

ANW01000-1220-0009

1 引言

在过去数十年间，电子行业飞速发展，产品功能不断强大，特性日益丰富，为我们的生活带来了现代化的便利与享受。然而，随着越来越多的产品依赖微控制器来提供优异性能和多样特性，设计人员面临着一个重要挑战：确保产品中的器件和电路获得高质量的电力供应。为了解决这一问题，设计人员需专注于设计配电网络(PDN)，并利用实时示波器等工具来测量和分析直流电源。本文将介绍直流电源测量的实用技巧，并探讨如何选择和评估适用于直流电源测量的工具。通过这些方法，设计人员可以更好地优化产品的性能和稳定性，实现电子产品的最佳表现。



2 电源完整性测试

电源完整性(PI)是电子行业中的一个常用术语，它指的是对系统中的电源如何有效地为负载供应和转换电力进行分析。是一种用于评估电子设备或系统中电源供应的稳定性、质量和可靠性的测试方法。在电子设备中，电源完整性测试旨在确保设备在各种工作条件下都能正常运行，不受电源干扰、波动或其他问题的影响。

电源完整性分析通常包括从直流到数千兆赫的测量。常见的电源完整性测量有：

表 2.1 常见电源性能测量项目

测试项目	定义	测试关键需求
纹波与噪声	纹波：信号中的周期性抖动 噪声：随机耦合到信号中的高频成分	高精度高带宽示波器、电源轨探头
FRA 频率响应分析 (伯德图)	一种用于评估系统或设备对不同频率信号的响应特性的分析方法	示波器、信号源、隔离变压器、分析软件
电源质量分析	交流输入线的质量，包括电源输入端的参考频率、电压有效值、电流有效值、有功功率、视在功率、无功功率、功率因数、相角、阻抗、电压波峰因数和电流波峰因数等电量参数	示波器、电压探头、电流探头、分析软件

3 测试挑战

1. 频率响应测试

- a. 伯德图测试需要在一定频率范围内每个频率点的数据，记录数据要花费较长的时间。
- b. 除示波器外还需要搭配一台信号源来给电源提供一个干扰信号，传统方式需要同时操作两台仪器，不仅需要较长的操作时间还需要工程师拥有一定使用经验。

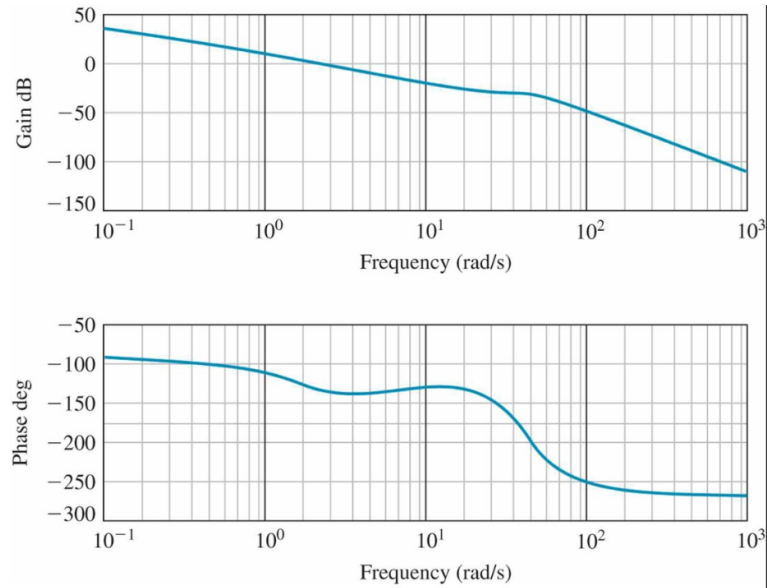


图 3.1 伯德图曲线

2. 电源质量分析

电源质量分析需要对 11 项指标采集多组数据，传统的方式需要不断的改变电路和接线方式，操作难度比较高且时间成本很大。

3. 电源纹波分析

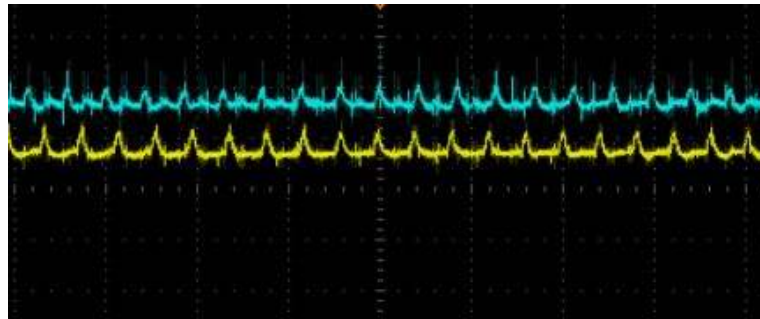


图 3.2 纹波测试

纹波通常会在一个较高的直流上，我们在操作时需要调制耦合方式，垂直档位，带宽限制等等设置，需要工程师拥有足够的测试经验和时间成本。

4 解决方案

1. 频率响应测试

主要构成包括 RIGOL MSO5000 系列多功能示波器、标配探头、伯德图分析软件（开通 25MHz 信号源选件）、隔离变压器。

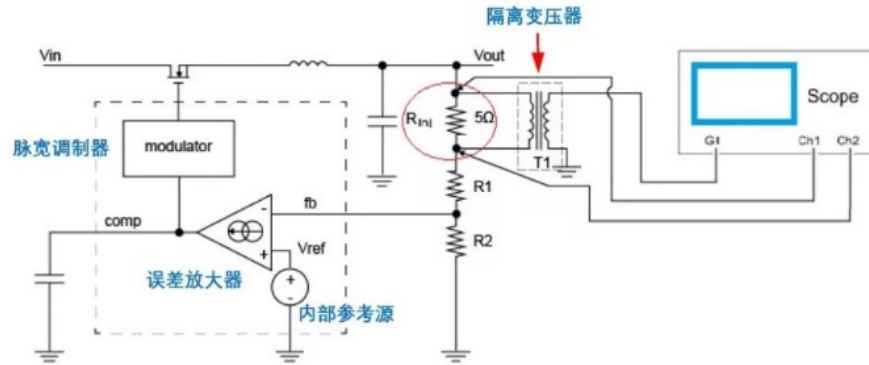


图 4.1 接线图

该方案的主要优点在于采用 MSO5000 系列示波器进行伯德图测试，覆盖 10Hz 至 25MHz 范围，且自带信号发生器，相较于国内友商需连接外部信号源进行测试，节省时间和仪器成本；同时，可以在扫频期间查看输入和输出的时域波形，提供了待测电路工作状态的视觉反馈，监视波形形状，实时了解由于过驱动有源电路可能出现的非线性行为，这是独立的单箱频率响应分析仪所无法实现的。

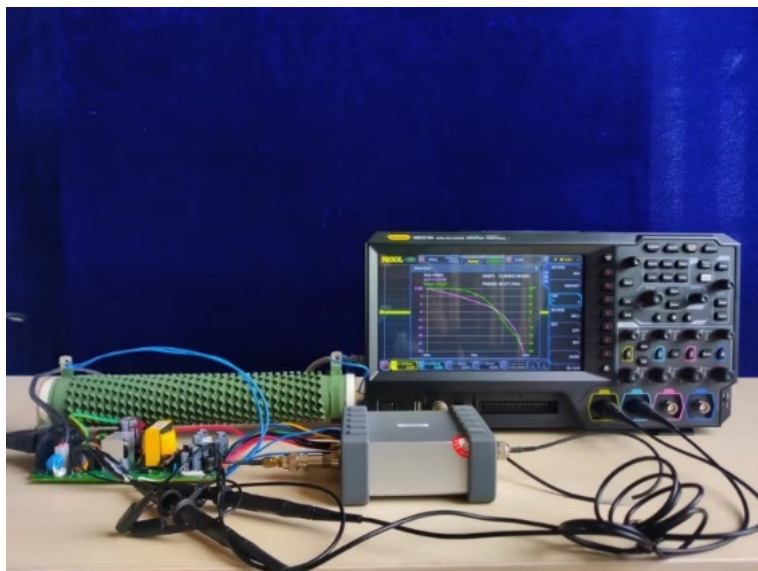


图 4.2 实际测量图



图 4.3 实际测量结果图

2. 电源质量分析

主要构成包括 MSO5000 示波器、内部开通的电源质量分析软件、电压探头、电流探头。

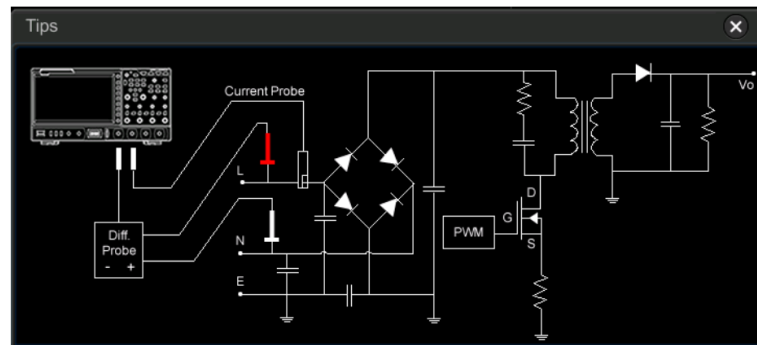


图 4.4 电源质量分析图

Power Quality						
	Curr	Avg	Max	Min	Dev	Cnt
V_RMS(1)	2.607V	1.794V	2.688V	0.000V	572.4mV	1000
I_RMS(2)	2.561A	1.713A	2.625A	0.000A	563.2mA	1000
Real Power(1)	-3.558W	-1.598W	2.166W	-3.586W	694.8mW	1000
Apparent Power(1-2)	6.679VA	3.394VA	7.052VA	0.000VA	1.514VA	1000
Reactive Power(1-2)	5.652VAR	6.029VAR	6.869VAR	3.323VAR	840.9mVAR	135
Power Factor(1-2)	-532.8m	-320.4m	436.4m	-536.0m	218.7m	135
Frequency(1)	20.00kHz	20.00kHz	20.16kHz	19.97kHz	21.16Hz	137
Phase Angle(1-2)	2.132°	1.903°	2.136°	1.119°	231.6m°	135
Impedance(1-2)	1.017Ω	1.004Ω	1.025Ω	720.1mΩ	61.68mΩ	135
V Crest Factor(1)	1.112	1.147	1.457	1.077	96.94m	135
I Crest Factor(2)	1.114	1.130	1.461	1.098	72.76m	135

图 4.5 电源质量分析结果图

该方案的优点在于在传统的电源性能测试中，需依次测量各个相关指标，调整仪器和电路会耗费大量时间，导致工作效率低下。而 MSO5000 示波器配备内置电源质量分析软件，涵盖多项电源质量指标，能够节省逐个调整和观察的时间。此外，如上图所示，该软件还能实时监测屏幕波形，直接导出相关指标数据。

3. 纹波测试

主要构成包括 MSO5000 示波器，电源质量分析软件，标配探头以及接地弹簧。接地弹簧能够减少地线较长可能带来的寄生问题，在测试纹波时是必不可少的。

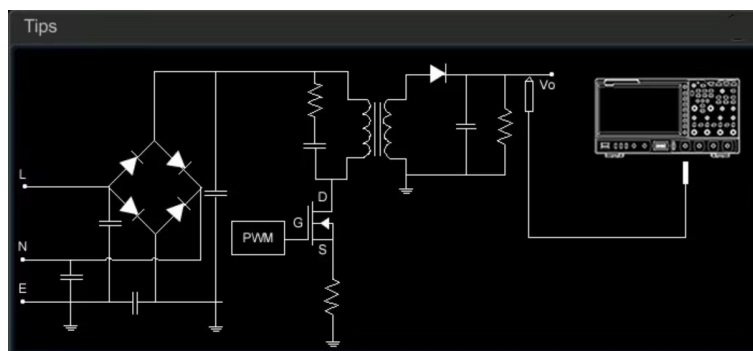


图 4.6 纹波测试模拟连接图

纹波(1)						
	当前值	平均值	最小值	最大值	标准差	计数
纹波	6.113V	6.160V	6.113V	6.192V	38.37mV	25

图 4.7 纹波测试模拟结果图

该方案的主要优点在于相比传统测试方法或其他竞争对手的示波器，MSO5000 示波器配备了纹波分析软件，可以通过软件一键进行测试，从而提高了工作效率。纹波会根据每次触发进行计数，统计得出当前值，平均值，最大值，最小值，标准差，计数这些结果，帮助我们综合分析数据。

5 总结

MSO5000 示波器是一台集成度很高的示波器，在测试电源完整性测试中，通过伯德图，电源质量分析软件可以减少手动操作和学习使用的过程、节省仪器成本和时间成本。除此之外，MSO5000 还具有逻辑分析、电压表测量、频率计测量、信号发生器等功能，集 7 种独立仪器于一体，拥有足够丰富的测试软件，帮助工程师高效进行测试工作。

全面助力智慧世界和科技创新



- 蜂窝-5G/WIFI
- UWB/RFID/ ZIGBEE
- 数字总线/以太网
- 光通信

- 数字/模拟/射频芯片
- 存储器及MCU芯片
- 第三代半导体
- 太阳能光伏电池

- 新能源汽车
- 光伏/逆变器
- 电源测试
- 汽车电子

为行业客户提供测试测量产品和解决方案

RIGOL开放实验室

地址：北京、苏州、深圳、西安
开放时间：工作日 9:00 am~6:00 pm
预约方式：实验室工程师小源 18061921901
实验室微信号 18061921901
RIGOL客服热线：400-620-0002
官网预约网址：
<https://www.rigol.com/quote/Lab-appoint.html>

RIGOL®是普源精电科技股份有限公司的英文名称和商标。
本文档中的产品信息可不经通知而变更，有关RIGOL最新的产品、应用、服务等方面的信息，请访问RIGOL官方网站：

www.rigol.com



RIGOL开放实验室微信号



RIGOL实验室视频号



RIGOL官方微信



RIGOL官网