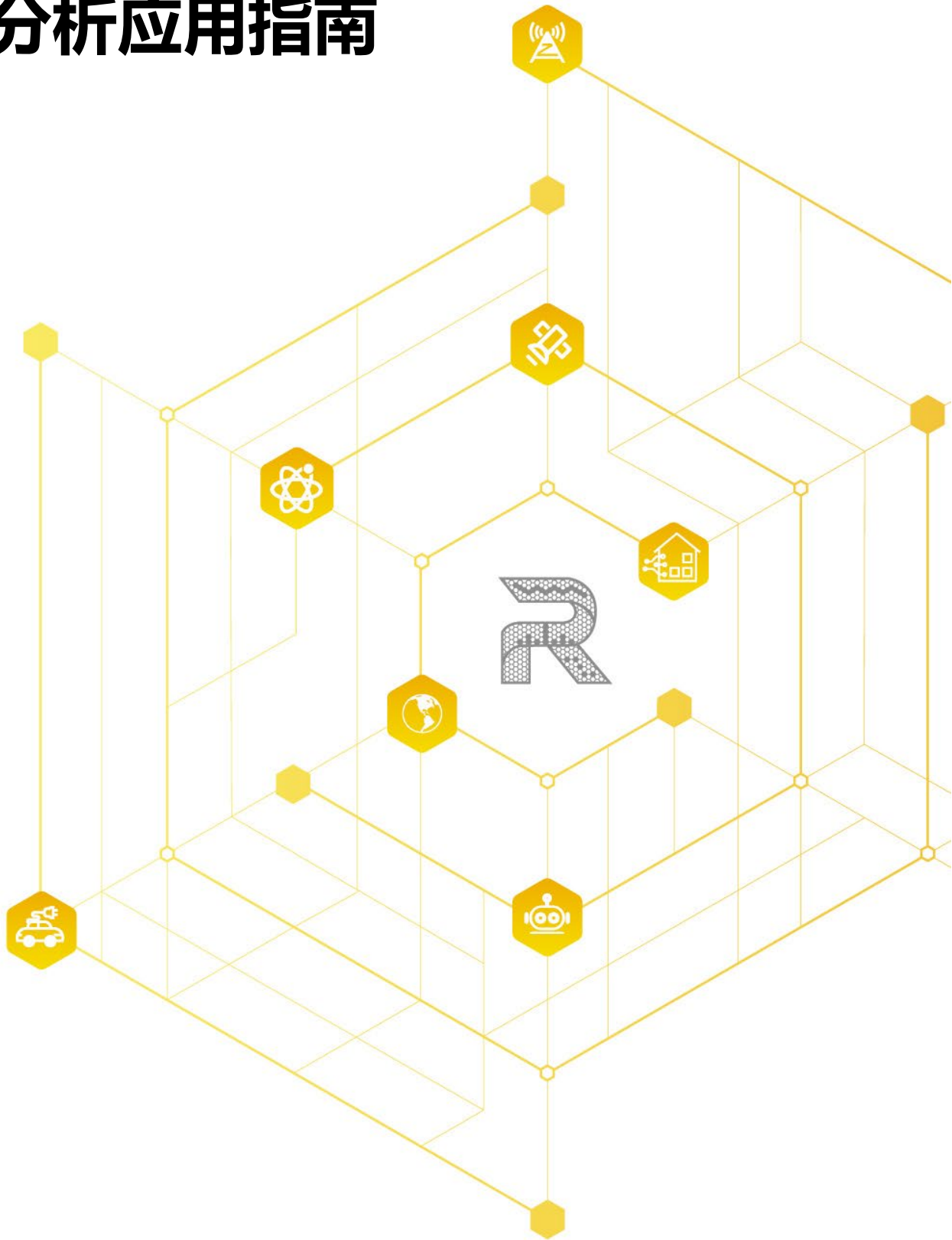


电源分析应用指南



应用案例

ANW01000-1220-0035

1. 文档说明

本应用指南旨在介绍以下内容：

- 说明示波器、探头使用的安全注意事项
- 介绍电源电能质量、电源转换效率及电源输出电压纹波等概念
- 介绍使用示波器的电源分析功能进行电源电能质量、电源转换效率与电源输出电压纹波等项目的测试方法
- 介绍完成测试需要的设备及要求

2. 安全注意事项

电源测试（尤其是市电输入端）涉及高压，风险极高。进行操作前，需仔细阅读以下安全注意事项，保障安全测量：

- 必须使用高压差分探头测量未隔离的交流市电。
- 单端探头接地可能导致的设备损坏、短路甚至人身伤害的严重后果。
- 操作前确保所有设备可靠接地。
- 穿戴适当的个人防护装备（如绝缘手套）。

请仔细阅读以下使用示波器与探头的具体安全注意事项。

2.1 探头使用注意事项

为避免人身伤害，并防止损坏探头或与探头连接的任何设备，使用探头之前，请仔细阅读并遵循如下的安全注意事项。为避免可能的危险，请务必按照规定使用探头。

- 正确对设备进行连接或断开。

在探头连接到被测电路之前，请先将探头输出端连接到测量仪器。在断开探头与测量仪器之间的连接之前，请先将探头输入端与被测电路断开。

- 遵循所有终端额定值。

为避免火灾或电击，请遵守产品所有的额定值和标记，在对产品进行连接之前，请首先查阅产品用户手册，了解有关额定值的详细信息。

- 仅允许在指定的测量类别中使用

探头仅用于不直接连接到主电源的电路（CAT I）。不适用于CAT II、CAT III 或CAT IV 电路的测量。

- 定期检查设备状态。

定期检查探头和配套设备的物理状态，包括线缆、接口以及任何可视的损伤或磨损情况。不要使用损坏、有裂纹或有缺陷导线的探头。如果怀疑有故障，请停止使用。

- 怀疑产品出故障时，请勿进行操作。

如果您怀疑产品出现故障，请联络RIGOL 授权的维修人员进行检测。任何维护、调整或零件更换必须由RIGOL 授权的维修人员执行。

- 避免电路外露。

电源接通后，请勿接触外露的线路和元件。

- 防静电保护。

静电会造成仪器损坏，应尽可能在防静电区进行测试。在连接电缆到仪器前，应将其内外导体短暂接地以释放静电。

- 请勿在潮湿环境下操作。

仅限室内使用。为避免仪器内部电路短路或发生电击的危险，请勿在潮湿环境下使用本产品。

- 请勿在易燃易爆的环境下操作。

避免仪器损坏或人身伤害，请勿在易燃易爆的环境下操作仪器。

- 请保持产品表面的干燥和清洁。

2.2 示波器使用注意事项

了解下列安全性预防措施，以避免受伤，并防止损坏示波器或与示波器连接的任何产品。为避免可能的危险，请务必按照规定使用本产品。

- 使用正确的电源线。

只允许使用所在国家认可的本产品专用电源线。

- 将产品接地。

本产品通过电源电缆的保护接地线接地。为避免电击，在连接本产品的任何输入或输出端子之前，请确保本产品电源电缆的接地端子与保护接地端可靠连接。

- 正确连接探头。

如果使用探头，探头地线必须连接到接地端上。请勿将探头地线连接至高电压，否则，可能会在示波器和探头的连接器、控制设备或其它表面上产生危险电压，进而对操作人员造成伤害。

- 查看所有终端额定值。

为避免起火和过大电流的冲击，请查看产品上所有的额定值和标记说明，请在连接产品前查阅产品手册以了解额定值的详细信息。

- 使用合适的过压保护。

确保没有过电压（如由雷电造成的电压）到达该产品。否则操作人员可能有遭受电击的危险。

- 请勿开盖操作。

请勿在仪器机箱打开时运行本产品。

- 请勿将异物插入风扇的排风口。

请勿将异物插入风扇的排风口以免损坏仪器。

- 使用合适的保险丝。

只允许使用本产品指定规格的保险丝。

- 避免电路外露。

电源接通后，请勿接触外露的接头和元件。

- 怀疑产品出故障时，请勿进行操作。

如果您怀疑本产品出现故障，请联络 RIGOL 授权的维修人员进行检测。任何维护、调整或零件更换必须由 RIGOL 授权的维修人员执行。

- 保持适当的通风。

通风不良会引起仪器温度升高，进而引起仪器损坏。使用时应保持良好的通风，定期检查通风口和风扇。

- 请勿在潮湿环境下操作。

为避免仪器内部电路短路或发生电击的危险，请勿在潮湿环境下操作仪器。

- 请勿在易燃易爆的环境下操作。

为避免仪器损坏或人身伤害，请勿在易燃易爆的环境下操作仪器。

- 请保持产品表面的清洁和干燥。

为避免灰尘或空气中的水分影响仪器性能，请保持产品表面的清洁和干燥。

- 防静电保护。

静电会造成仪器损坏，应尽可能在防静电区进行测试。在连接电缆到仪器前，应将其内外导体短暂接地以释放静电。

- 正确使用电池。

如果仪器提供电池，严禁将电池暴露于高温或火中。要让儿童远离电池。不正确地更换电池可能造成爆炸（警告：锂离子电池）。必须使用 RIGOL 指定的电池。

- 注意搬运安全。

为避免仪器在搬运过程中滑落，造成仪器面板上的按键、旋钮或接口等部件损坏，请注意搬运安全。

警告

符合 A 类要求的设备可能无法对居住环境中的广播服务提供足够的保护。

3 电源分析简介

随着电子产品对高效、安全、稳定供电的需求日益增长，电源性能的测试变得尤为重要。示波器的电源分析功能，可以帮助工程师快速进行电源相关参数（如开关损耗、效率、纹波等）的测量与分析，提高测试效率，优化电源设计。本指南将介绍如何利用示波器完成常见的电源测试任务。

利用示波器的电源分析功能，主要实现以下目标：

- 评估电源质量，包括输出电压/电流的稳定性和纹波水平；
- 检查谐波、调制和动态瞬态响应，分析电源在各种工作状态下的表现；
- 测量开关损耗、转换速率和功率效率，辅助优化能效与热管理；
- 验证开关器件的安全工作区，监控开启/关闭及浪涌电流，提升系统安全和可靠性；
- 通过偏移校正确保所有测量数据准确可信。

4 电源分析软件功能介绍

RIGOL生产的MHO/DHO5000 系列示波器配备的电源分析功能选件，能够助力用户高效分析开关电源的效率与可靠性等关键指标。该功能选件具备广泛的测量和分析范围，可全面覆盖电源质量、纹波、开关损耗、调制分析、瞬态响应、转换速率、功率效率、开启关闭、浪涌电流、谐波分析和安全工作区测试项目。

为确保用户能够顺利开展各项测试，示波器针对每项测试均提供了可视化的连接提示图，并在测试完成后展示完整测量结果，帮助用户快速和规范的完成电源分析测试操作。

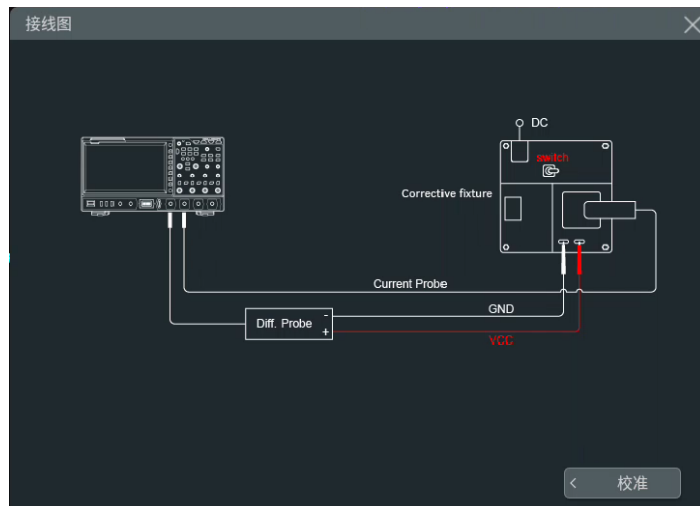
4.1 工作原理介绍

电源分析功能通过同步采集关键点的电压和电流信号，自动进行延迟和偏移校准。示波器内置算法对这些信号进行分析，自动得出纹波、谐波、损耗、效率等多项结果，并通过图表或数值直观显示，帮助用户快速发现和定位电源设计中的问题。

4.2 功能配置



4.3 提供测试连接指导



4.4 测试结果



5 测试前准备

5.1 探头的选择

应选择高压差分探头作为电源质量测试的电压探头，不可以使用单端探头进行测试。因为 AC 电源的零线与负载及火线构成电流回路，而示波器探头地线与电源地线连接。如使用单端探头连接市电，相当于将零线与大地短路，这样会增大共模干扰，而且可能会造成短路导致器件烧损。

5.2 探头消磁和调零

电流探头需要进行消磁和调零，避免初始数值误差对实际电流测量结果造成的影响。

操作步骤：

1. 预热探头

接通示波器和电流探头电源，让探头预热15分钟。

2. 连接探头

将电流探头正确连接到示波器接口，并保持未夹住导线（探头开口悬空）。

3. 消磁（去磁）

按下探头上的“DEGAUSS”（消磁）或“DEMAG”按钮，等待指示灯或进度结束。

4. 调零

按下“ZERO”或“调零”按钮，确保示波器读数接近零。

5. 开始测量

夹取被测导线，进行电流测量。

5.3 消除探头之间的时延

在正式测量前须对电流探头进行时延校准，以此消除探头间的传播误差。由于电压和电流探头内部传输路径不同，会产生纳秒级的延迟差异。在功率测量中，该微小的延迟会造成瞬时功率 ($V \cdot I$) 计算的巨大误差，尤其是在分析开关损耗时，因此必须进行精确校准。

操作步骤：

1. 准备探头

将电流探头和电压探头分别连接到示波器指定通道，并各自完成以下准备工作：

对于电流探头：

- 消磁 (Degauss): 按下探头上的“Degauss”按钮，消除磁芯中因地磁或前次测量残留的剩磁，这是保证直流和低频交流测量准确性的基础。
- 调零 (Zero): 在探头充分预热后（推荐15-20分钟），不夹任何导线的情况下，按下探头

上的“Zero”按钮，补偿探头内部电路的直流偏置，确保没有电流输入时读数为零。

- 设置单位与比率: 在示波器对应的通道菜单中，确保探头单位设置为安培 (A)，并选择正确的转换比率 (例如 100mV/A 或 10mV/A)。

对于电压探头:

- 探头补偿校准 (Probe Compensation): 将探头连接到示波器前面板的方波校准信号输出端，在示波器上观察该方波。调整探头上的低频补偿电容，直到示波器上显示的方波顶部完全平坦，没有过冲 (尖峰) 或滚降 (圆角)。这是保证电压探头在全带宽内频率响应一致的关键。
- 设置衰减比率 (Set Attenuation Ratio): 在示波器对应的通道菜单中，设置与您使用的探头档位相匹配的电压衰减比率 (例如 10:1 或 1:1)。

2. 连接校准源

将电流探头和电压探头同时夹/接到同一个标准校准信号源 (如示波器随机附带的 Deskew 校准信号输出端口，或用一根短导线将两个探头同时测量同一个方波信号)。

3. 观察波形

在示波器上观察电流和电压波形，缩放时间基准，确保两路波形沿 (如上升沿) 对齐。

4. 调整延迟

进入示波器的探头设置菜单，找到“Deskew”或“延迟校准”选项，对电流探头 (或电压探头) 通道微调时延，使两个波形的相应边沿重叠。

5. 校正完成

保存设置，时延校准完成，可正常进行功率、开关损耗等高精度分析测量。

5.4 探头衰减比的选择

RIGOL PHA2150 电压探头的典型衰减比如下:

- 50:1
- 500:1

探头本身带有物理挡位开关，可以选择 50:1 或 500:1 两种衰减比，具体的选择需根据示波器的最大输入电压与输入电压的情况进行分析。

使用探头时，需要在示波器菜单对应通道设置成 50:1 或 500:1，与实际探头档位相匹配，确保示波器显示的电压是实际电压值。

5.5 通道间延迟校正

在进行电源的电压与电流测试前，一定要进行通道校正。

操作步骤：

1. 按下 Aquire 键，设置获取方式为平均，次数设置为 16
2. 按下 Auto 键使波形在屏幕正常显示
3. 按下电源分析按钮，按下自校正
4. 在校准弹框中选择对应的电压和电流通道
5. 点击开始校准按钮
6. 待进度条刷完，得到校正结果
7. 如果结果正常，按下应用按钮，将校正结果进行应用，否则重新返回到步骤 3



通道延迟校正

6. 典型应用测试

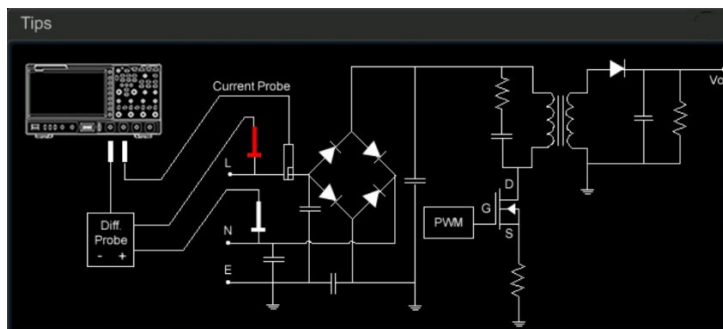
本文档介绍了以下11种电源测试场景，包括测试的场景搭建及操作步骤。所需测试工具如下：

测试设备	描述
示波器	支持电源分析功能 推荐：MHO/DHO5000 系列
探头	高压差分有源探头：PHA2150 电流探头：RP1000C或PCA系列电流探头 无源高阻探头：RP3500A
校准夹具	通道延迟校正夹具RPA246

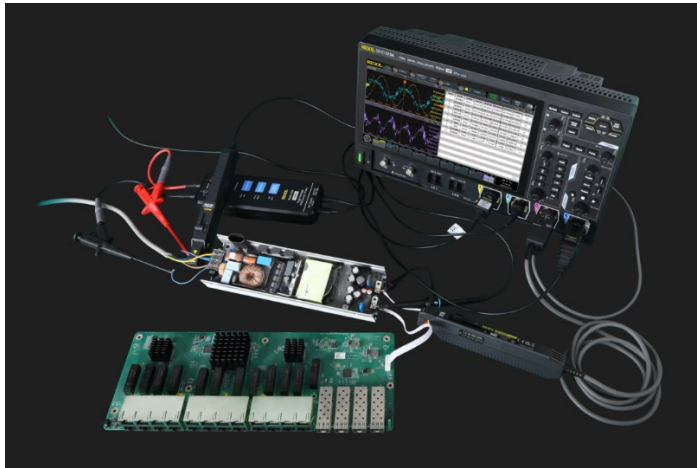
6.1 电源质量分析

分析电源质量可以测试交流输入线的质量，通过对电源输入端功率、相位角、阻抗、波峰因数等参数的计算可以了解到电源输入端电压与电流的情况，反映输入端的电源能量的消耗的状况。

6.1.1 测试连接图



电源电能质量测试连接示意图



电源质量测试连接图

6.1.2 测试步骤

电源质量分析：

1. 选定了主菜单中的"电源应用"后,将类型选择为电源质量分析,按下接线图
2. 如连接示意图中所示,将探头连接到被测设备以及示波器。
将电压探头的D+连接到AC输入端的火线。
将电压探头的D-连接到AC输入端的零线。
在电压探头上,选择适当的衰减率。
将电流探头连接到AC输入端的火线,箭头方向指向电流流动方向。
将电压和电流探头连接到示波器输入通道。
3. 选择正确的电压电流通道的,并启动电子负载拉载
4. 按下Auto键自动设置电压通道的时基与档位是屏幕呈现完整波形。
5. 点击开关,进行分析,查看显示结果。

6.1.3 电源质量测试结果

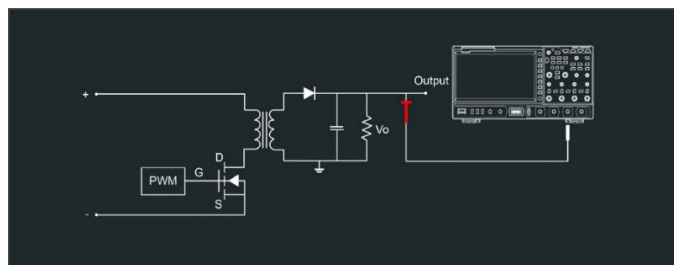


电源质量分析结果图

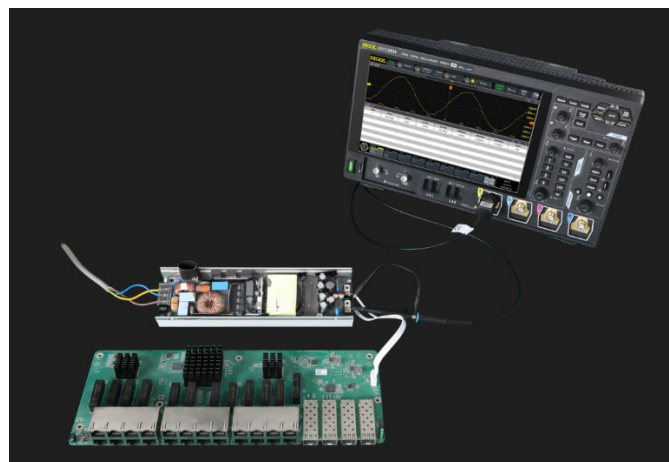
6.2 电源纹波测量

电源纹波是评价直流电源的重要参数，表示输出直流电压的波动量。主要指输出的直流中的交流成分，在电路的频率和开关的频率都有可能产生纹波。纹波分析能够测量电源输出端纹波的当前值、平均值、最小值、最大值、标准差和计数值。

6.2.1 测试连接图



纹波分析接线图



纹波分析测试环境接线图

6.2.2 操作步骤

1. 选定了主菜单中的"电源应用"后,将类型选择为纹波分析,按下接线图
2. 如连接示意图中所示,将探头连接到被测设备以及示波器: 将电压探头(无源或差分)连接到电源的DC输出端。
3. 选择正确的电压变比
4. 按下Auto键自动设置电压通道的时基与档位屏幕呈现完整波形。
5. 点击开关, 进行分析, 查看显示结果。

6.2.3 纹波测试结果

Index	Name	Source	Current	Average	Maximum	Minimum	Deviation	Count
1	Meas_Vpp	Chan1	500.00uV	483.33uV	913.33uV	360.00uV	55.887uV	500

纹波分析测试结果图

6.3 谐波分析

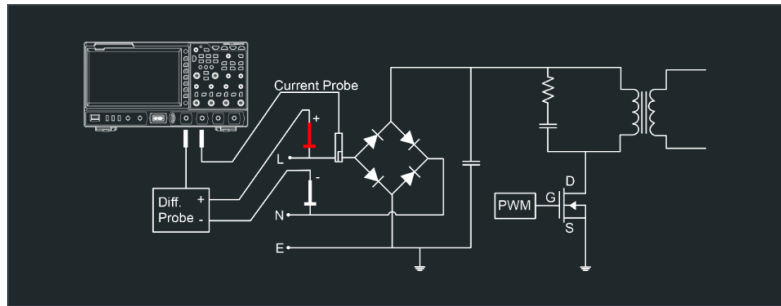
由于电源谐波的产生会增大电源系统的谐波损耗, 降低电源利用率, 使电源端负载等设备过载运行, 缩短使用寿命, 也有可能发生谐振现象, 导致各个器件因电流过大或电压过大而损坏等, 因此对谐波的参数测试和分析至关重要。

谐波标准如下:

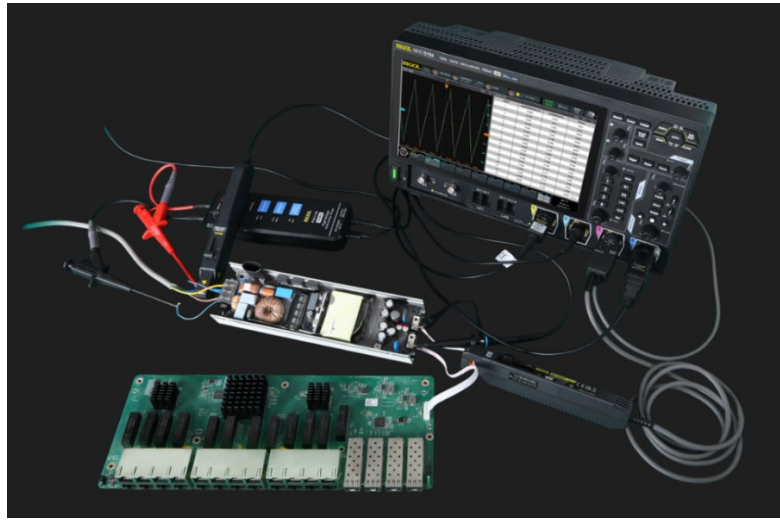
IEC 64000-3-2 (Class A、Class B、Class C、Class D)

- IEC 61000-3-2 A类-适用于平衡三相设备、家用电器(除D类设备外)、工具(除便携式工具外)、白炽灯调光器及音频设备。
- IEC 61000-3-2 B类—适用于便携式工具。
- IEC 61000-3-2 C类—适用于照明设备。
- IEC 61000-3-2 D类—适用于额定功率小于或等于6600 W的设备, 类型如下: 个人计算机、个人计算机显示器和电视接收机。

6.3.1 测试连接图



谐波分析接线图



谐波分析测试环境接线图

6.3.2 操作步骤

1. 选定了"电源应用"主菜单中的谐波分析后,按下接线图
2. 如连接示意图中所示,将探头连接到被测设备以及示波器。
将电压探头的D+连接到AC输入端的火线。
将电压探头的D-连接到AC输入端的零线。
在电压探头上,选择适当的衰减率。
将电流探头连接到AC输入端的火线,箭头方向指向电流流动方向。
将电压和电流探头连接到示波器输入通道。
3. 选择正确的电压电流通道
4. 按下Auto键自动设置电压通道的时基与档位是屏幕呈现完整波形。
5. 点击开关,进行分析,查看显示结果。

6.3.3 谐波测试结果

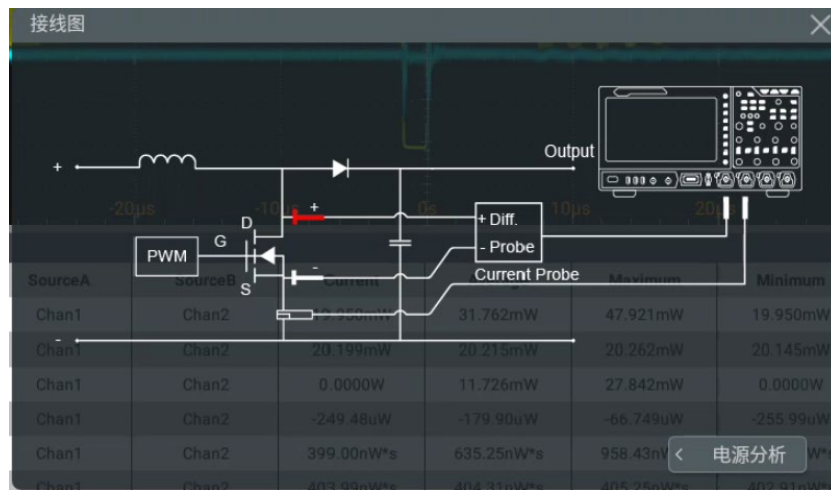


谐波分析测试结果图

6.4 开关损耗

开关电源的核心功率器件（如MOSFET、IGBT）凭借其纳秒级开关速度与瞬态电压耐受能力，成为高频能量转换的关键。然而，开关过程中产生的动态损耗（包括开通损耗(Eon)、关断损耗(Eoff)及导通损耗(Econd)）直接影响系统效率与器件寿命，因此需要测量开关损耗。

6.4.1 测试连接图



开关损耗测试连接示意图

6.4.2 操作步骤

1. 选定了"电源应用"主菜单中的开关损耗后,按下接线图
2. 如连接示意图中所示,将探头连接到被测设备以及示波器。
将电压探头的D+连接到MOSFET的漏极。
将电压探头的D-连接到MOSFET的源。

在电压探头上,选择适当的衰减率。

将电流探头连接到MOSFET的源极,箭头方向指向电流流动方向。

将电压和电流探头连接到示波器输入通道。

3. 选择正确的电压电流通道
4. 如需偏移校准, 请点击偏移校准纠正偏移错误。
5. 按下Auto键自动设置电压通道的时基与档位是屏幕呈现完整波形。
6. 点击开关, 进行分析, 查看显示结果。

6.4.3 电源开关损耗测试结果

Index	Name	SourceA	SourceB	Current	Average	Maximum	Minimum	Deviation	Count
1	总功率损耗	Chan1	Chan2	99.951mW	130.10mW	291.97mW	3.3076mW	74.798mW	500
2	开启区功率损耗	Chan1	Chan2	96.685mW	92.249mW	134.17mW	0.0000W	37.260mW	500
3	关闭区功率损耗	Chan1	Chan2	0.0000W	27.508mW	139.58mW	0.0000W	50.922mW	500
4	导通区功率损耗	Chan1	Chan2	3.2655mW	10.350mW	38.044mW	-426.80uW	10.400mW	500
5	总能量损耗	Chan1	Chan2	9.9951uW*s	12.948uW*s	29.197uW*s	330.76nW*s	7.4903uW*s	500
6	开启区能量损耗	Chan1	Chan2	9.6685uW*s	9.1893uW*s	13.417uW*s	0.0000W*s	3.7501uW*s	500
7	关闭区能量损耗	Chan1	Chan2	0.0000W*s	2.7270uW*s	13.958uW*s	0.0000W*s	5.0841uW*s	500
8	导通区能量损耗	Chan1	Chan2	326.55nW*s	1.0319uW*s	3.8044uW*s	-42.680nW*s	1.0414uW*s	500

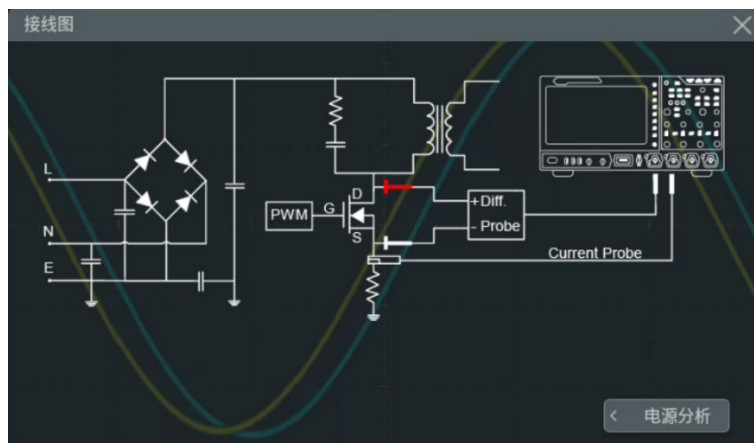
开关损耗测试结果图

6.5 安全工作区

SOA (Safe Operating Area) 是功率开关管 (如MOSFET、IGBT) 在特定条件下可安全工作的电压-电流组合区域, 用于避免因瞬时功率超限导致的器件失效。其核心作用是为设计者提供电应力边界参考, 确保器件在开关过程中不超出热与电的耐受极限。

故需要测量功率开关管 (如MOSFET、IGBT) 是否工作在SOA区, 评估在硬开关/软开关场景下的可靠性, 是电源与电机驱动设计的核心验证环节。

6.5.1 测试连接图



安全工作区测试连接示意图

6.5.2 测试步骤

1. 如下图显示，将参数配置完毕。



2. 如接线图所示：

- 电压：电压探头正极连接D，负极连接S；
- 电流：电流探头连接S极的电流输出。

3. 通道1和2分别接入电压探头、电流探头，设置合适探头比，点击使能即可开启测试。

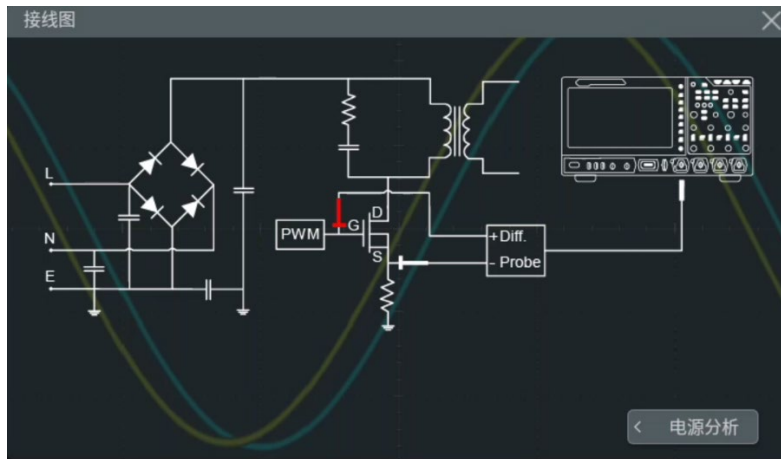
6.5.3 测试结果



6.6 调制测量分析

测量用于电源控制环路的PWM控制信号。调制分析通常分析开关电源MOS管的驱动信号(PWM)的各项参数，用于电源闭环控制环路的各类分析。调制分析主要涉及以下几个方面：脉冲分析、占空比、周期、频率、上升时间和下降时间。

6.6.1 测试连接图



6.6.2 测试步骤

1. 如接线图所示：电压探头正极连接 G，负极连接 S。
2. 将探头连接通道 1，设置合适探头比，点击使能即可开始测量。

6.6.3 测试结果

- 12V,10A



- 12V, 5A



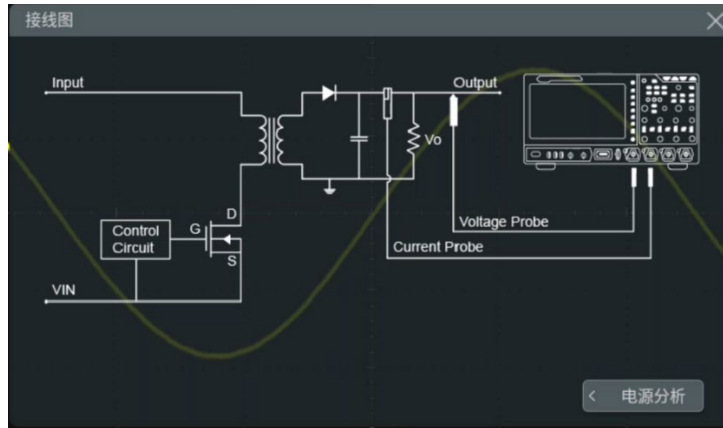
- 12V, 1A



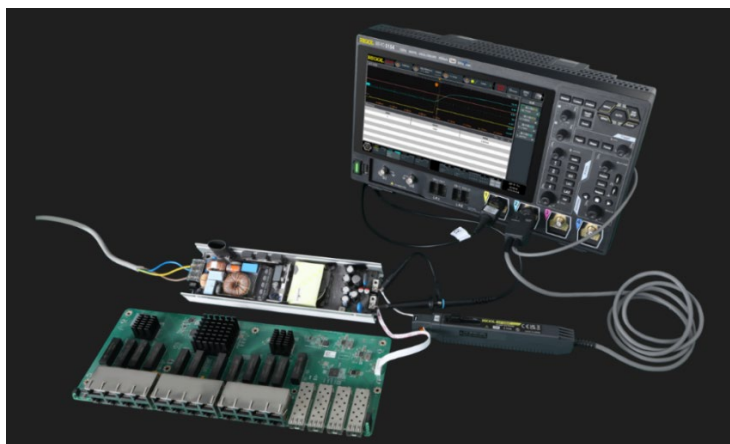
6.7 瞬态响应分析

瞬态响应分析主要用于测量输出直流电压/电流在负载突变工况下恢复至稳定状态的时间特性，具体指当输出负载发生加载（电流增大）或抛载（电流减小）时，电压/电流从波动状态恢复至初始稳定值所需的过渡时间。

6.7.1 测试连接图



瞬态响应分析测试连接示意图



瞬态响应测试环境接线图

6.7.2 测试步骤

1. 如下图显示，将参数配置完毕。



2. 通道 1 接入电压探头，通道 2 接入电流探头，设置合适探头比。
3. 将被测电源断电，在示波器电源分析界面，分析类型选择瞬态响应后，打开使能开关。并将触发设置为 single，再次给被测电源上电即可开启测试。

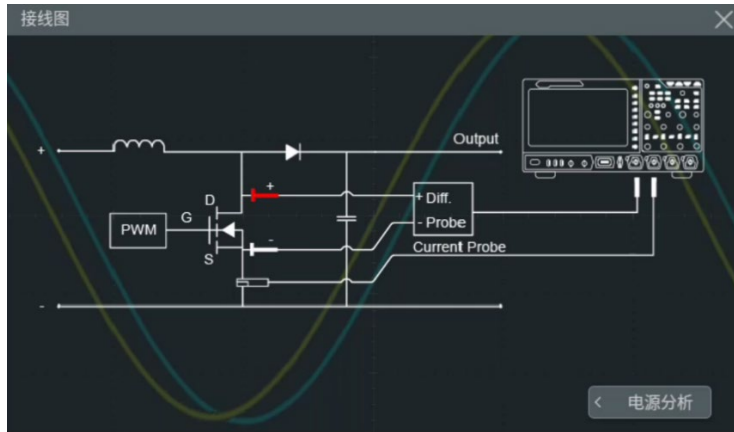
6.7.3 测试结果



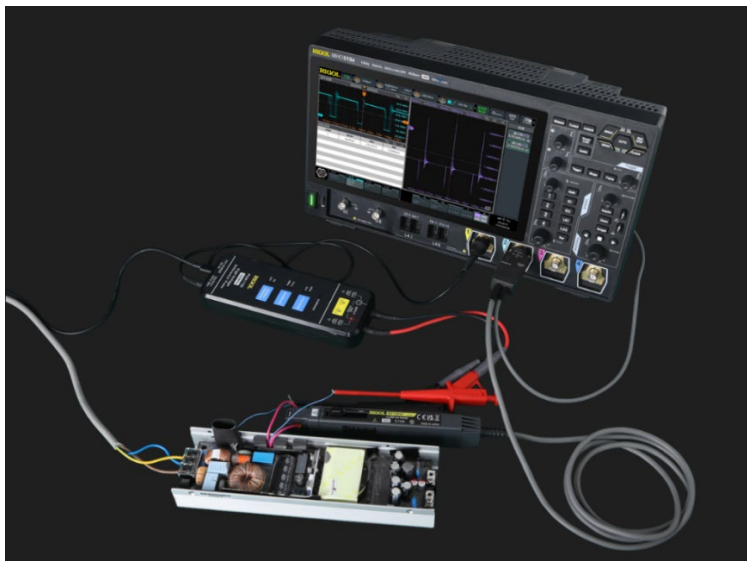
6.8 电流电压斜率

转换速率 (Slew Rate) 用于量化MOS管开关过程中**电压/电流的瞬态变化能力**，其核心测试方法为：对器件栅极施加PWM驱动信号，通过示波器捕获漏源极电压 (V(DS)) 与漏极电流 (I(D)) 的波形，计算单位时间内的最大变化量。

6.8.1 测试连接图



转换速率测试连接示意图



转换速率测试环境接线图

6.8.2 测试步骤

设备接线准备：按接线示意图完成线路连接：

1. 电压探头选择合适量程（如 DC 0-100V），其红色正极探针需精准接触被测 MOS 管漏极（D）金属触点，黑色负极探针可靠连接至源极（S）参考地；
2. 电流探头选择匹配量程（如 DC 0-50A），闭合钳口后轻夹被测 MOS 管源极（S）引脚，确保探头与引脚接触良好无松动；
3. 接线完成后需再次核对图纸，确认电压、电流探头信号端与被测器件引脚一一对应，避免极性接反或信号短路。

通道配置与测试启动：

1. 开启测试设备电源，进入信号采集主界面；
2. 将通道 1 (CH1) 信号输入接口与电压探头输出线连接，通道 2 (CH2) 信号输入接口与电流探头输出线连接；
3. 根据探头规格设置衰减比 (如电压探头 100:1、电流探头 1000:1)，在设备参数设置界面输入对应比例值并保存
4. 观察设备屏幕信号预览窗口，确认电压、电流波形无异常跳变或失真后，点击“**AUTO**”系统自动进入数据采集状态。

6.8.3 测试结果

- 电压：



- 电流：



6.9 功率效率

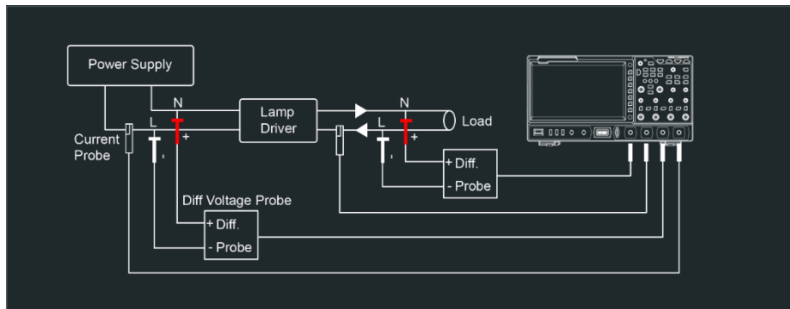
功率测试是通过测量电源DUT的输入功率与输出功率，评估其能量利用效率及性能稳定性的技术手段：

获取有功功率（实际做功能力）、无功功率（磁场/电场能量交换）和视在功率（电压电流乘积）的测试结果，同步采集电压、电流、相位角等参数，依据公式

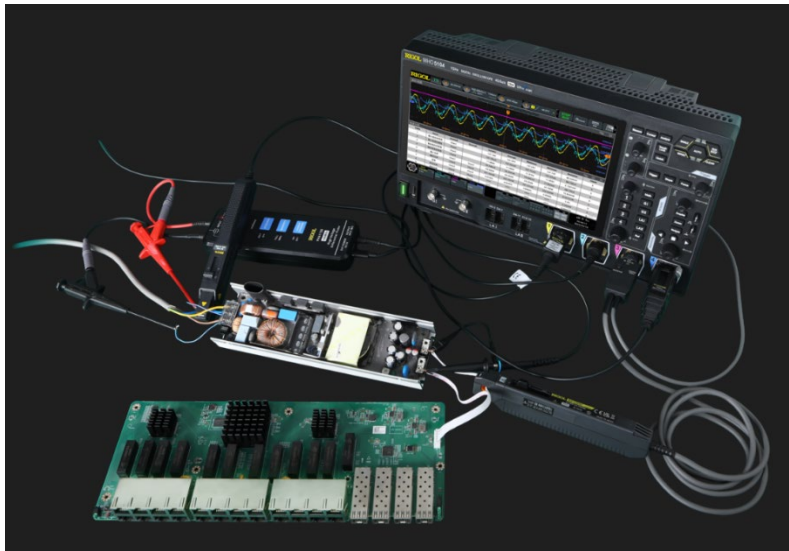
$$\eta = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\%$$

计算效率值。

6.9.1 测试连接图



功率效率接线图



功率效率测试环境接线图

6.9.2 操作步骤

1. 通道配置

- 输入端：电压探头并联电源输入端，电流探头串联输入回路（箭头指向电源）
- 输出端：电压探头并联负载端，电流探头串联负载回路（箭头指向负载）

2. **类型设置** - 输入类型选AC（交流）或DC（直流），输出类型与负载匹配。

3. **启动测量** - 闭合电源开关，逐步加载至目标功率

注意：

- AC 测试需同步监测频率/谐波，DC 测试关注纹波；
- 极性反接会导致功率计算结果的符号错误（尤其在直流测试中），需严格校准探头；
- 若输出含感性/容性负载（如电机、电容滤波电路），建议在负载侧并联 **电压缓冲电路**，避免反电动势损坏探头；

6.9.3 功率效率测试结果



6.10 启动/关机时间测试

启动时间测试

启动时间（Turn-On Time）定义为从输入电压达到额定值10%的初始时刻开始，至输出电压稳定在额定值的90%所需的时间。该参数反映电源模块在启动阶段的瞬态响应能力，需通过示波器同步监测输入电压与输出电压波形，设置双通道触发条件：

- 输入通道触发源选择电压上升沿，阈值设为额定输入电压的 10%
- 输出通道触发源选择电压上升沿，阈值设为额定输出电压的 90%

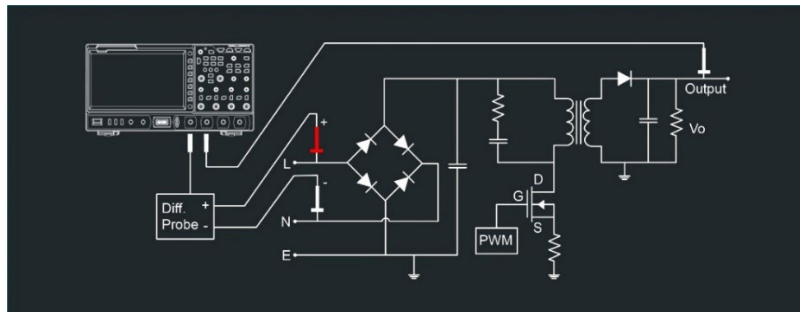
- 测试过程中需确保负载恒定（建议采用电子负载的恒功率模式，或者使用真实电阻），并记录波形拐点处的时间差，单位精确至毫秒级。

关机时间测试

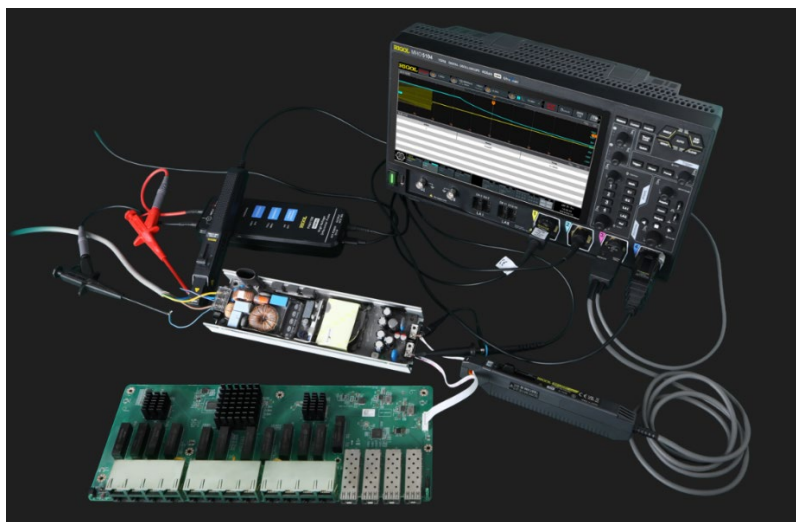
关机时间 (Turn-Off Time) 指从输入电压跌落至额定值20%的起始时刻起，至输出电压衰减至额定值的10%所需的时间。该测试需重点关注电源模块的关断特性：

- 输入通道触发源选择电压下降沿，阈值设为额定输入电压的 10%
- 输出通道触发源选择电压下降沿，阈值设为额定输出电压的 10%

6.10.1 测试连接图



开启关闭接线图



开启关闭测试环境接线图

6.10.2 操作步骤

1. 设置输入电压通道边沿触发（默认设置即可）
2. 设置输入电压通道、输出电压通道
3. 参数配置设置为开启或关闭

4. 设置最大输入电压和稳定输出电压
5. 开启时设置输入阈值一般设为 10%，输出阈值一般设为 90%；关闭时设置输入阈值一般设为 10%，输出阈值一般设为 10%
6. 开启时扭动旋钮设置合适的时基，开启时 ms 数量级（100~200ms），关闭时 s 数量级（1~2s,电容放电很慢）
7. 打开使能开关
8. 按下 Single 键
9. 测量开启时间开启电源；测量关闭时间关闭电源

6.10.3 开启关闭测试结果

开启：（采集到波形后可以扭动通道旋钮使波形显示更加便于观察）



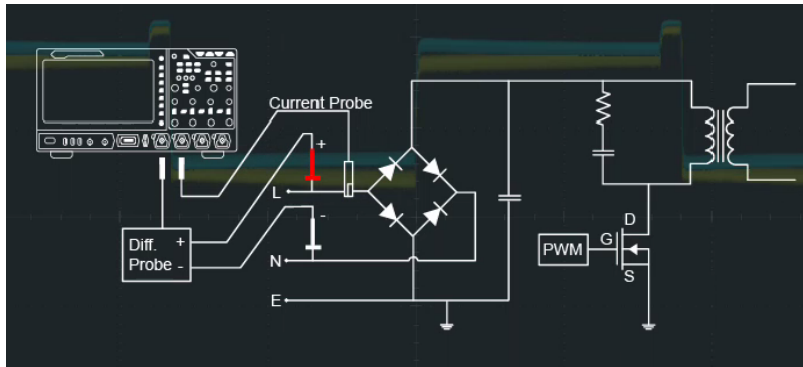
关闭：（采集到波形后可以扭动通道旋钮使波形显示更加便于观察）



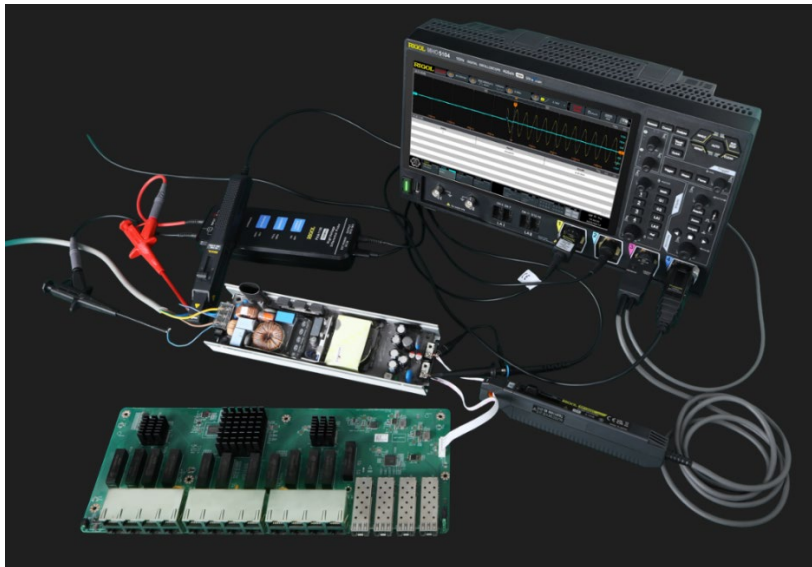
6.11 浪涌电流

空载状态下接通电源模块接入输入端电源时，在接通的瞬间可能会流过远远大于稳定电流的电流尖峰，该电流即为浪涌电流，浪涌电流分析可测量初次开启电源时电源的峰值突入电流。

6.11.1 测试连接图



浪涌电流接线图



浪涌电流测试环境接线图

6.11.2 操作步骤

1. 设置电压通道、电流通道的
2. 设置最大输入电压
3. 设置预期电流
4. 扭动时基旋钮，设置合适的时基
5. 打开使能开关

6. 按下 Single 键
7. 打开电源

6.11.3 浪涌电流测试结果



7. 总结

RIGOL的MHO/DHO5000系列数字示波器支持开关电源电能质量、电源转换效率及纹波的影响等多种电源分析。使用示波器与直流电子负载即可快速完成电源产品的质量测试，替代了之前使用功率分析仪及复杂软件操作才能进行的电源质量测试方法，大大节省测试的成本。关于MHO/DHO5000系列数字示波器详细信息，可前往官网 (<https://www.rigol.com>) 查看。

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