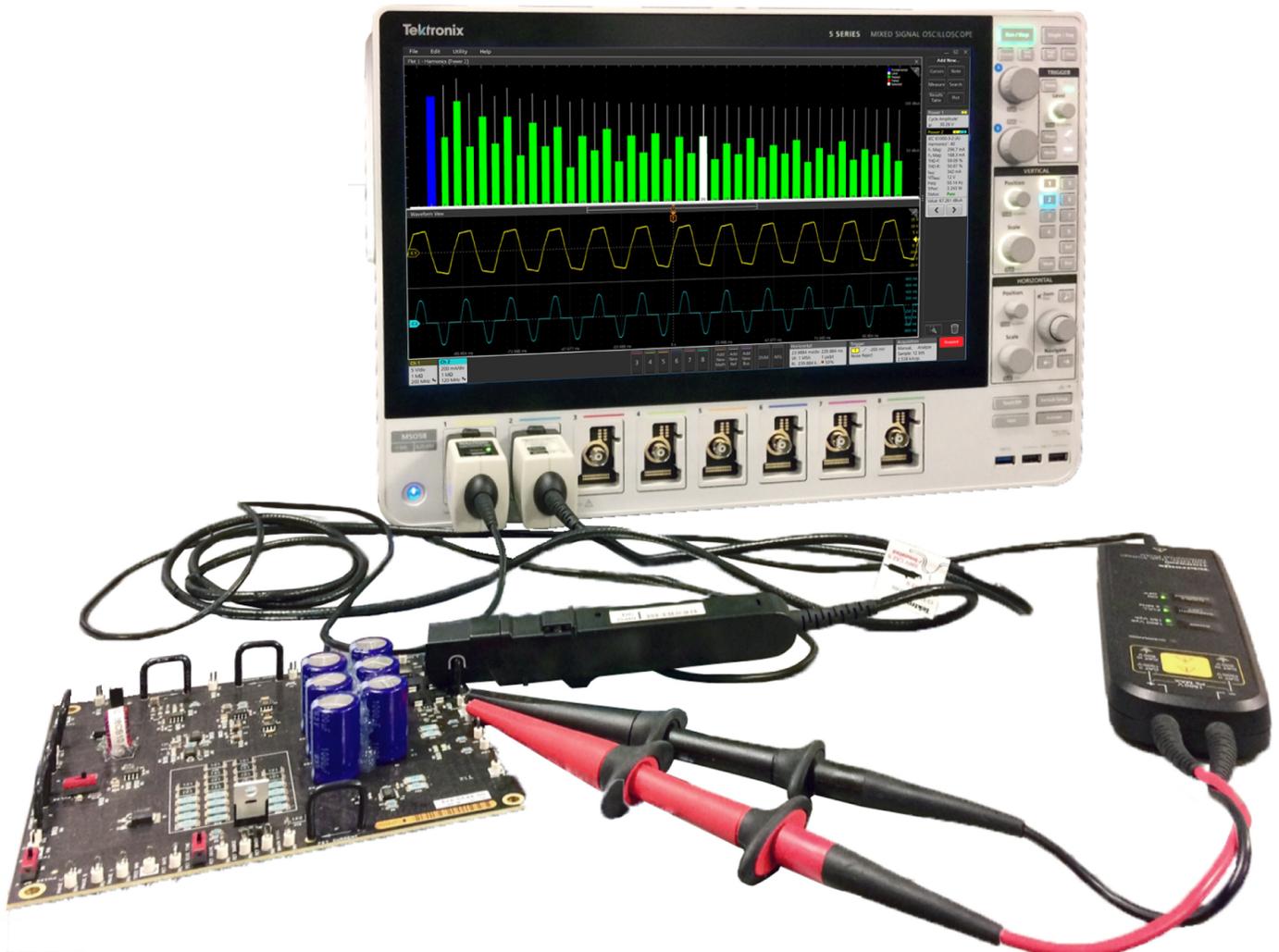


## 高级功率测量和分析

4/5/6 系列 MSO 选项 4-PWR-BAS、5-PWR 和 6-PWR 应用产品技术资料

*Get more visibility into your power supply designs*



通过 4/5/6 系列 B MSO 上的高级功率测量和分析功能，更深入地了解电源系统。示波器、分析软件与各种电压探头和电流探头相结合，即使您不是功率转换专家，也能自动执行精确的功率系统测量。示波器中的 12 位模数转换器提供了高精度测量数据，手势开合/滑动/缩放触控界面则可以简便地管理测量数据。丰富的图形功率分析工具、高通道数和大型高清显示器可提供全面的功率系统视图。这些仪器支持各种电压和电流探头，包括尖端的 IsoVu™ 光隔离电压探头。IsoVu 探头无可比拟的共模抑制比与高级功率测量和分析软件的自动测量功能相结合，可以有效优化最新的 GaN 和 SiC 设计。

## 主要测量

- **输入测量**
  - **功率测量** 真实功率、视在功率、功率因数和相位角
  - **总谐波失真和波峰因数测量**
  - **谐波测量**、柱状图和表格
  - **幅度** 可以简便地测量每个周期的电压或电流，包括最小值、最大值、幅度和峰峰值
  - **输入电容** 使用电压和电流信号测量电容值
  - **涌入电流** 测量峰值电流
- **开关器件测量**
  - **开关损耗** 测量开关器件中的启动损耗、关闭损耗和传导损耗
  - **安全作业区 (SOA)** 提供了可以量身定制的安全作业区模板测试功能。
  - **定时分析** 可以使用脉宽、占空比、频率或周期的趋势图或直方图，简便地分析脉宽调制的开关信号
  - **RDS(on)** 测量开关器件处于 On 状态时的动态电阻
- **磁性分析测量 (仅在 4/5/6-PWR 中提供)**
  - **电感** 测量磁芯的电感
  - **磁性特点** 测量并绘制电感器 B-H 曲线。
  - **磁性损耗** 测量和计算总磁性损耗
  - **I 相对于  $\int V$  关系** 显示了 I 和  $\int V$  波形图
- **输出测量**
  - **工频纹波** 测量与输入工频频率有关的 AC 信号能量。
  - **开关纹波** 测量与开关频率有关的 AC 信号能量。
  - **效率** 把测得的输出功率除以测得的输入功率，来测试电源效率
  - **启动时间** 测量被测器件的输入电压变成“高”到输出电压到达稳定状态之间的时延。
  - **关闭时间** 测量从被测器件的输入电压变成零状态到输出电压变成零状态之间的时延。
- **频响测量 (仅在 4/5/6-PWR 中提供)**
  - **控制环路响应 (博德图)** 绘制闭环电路的频率和相位响应，自动计算增益和相位裕量。

- **电源抑制比 (PSRR)** 分析 DC-DC 转换器的纹波抑制功能。
- **阻抗分析** 通过使用示波器启用对配电网 (PDN) 的 2 端口阻抗测量。

## 主要功能

- 使用 4/5/6 系列 B MSO 的手势开合/滑动/缩放触控界面，增加、配置和删除自动测量
- 自动生成报告，在单个可编辑的 mht 文件或 pdf 文件中简便地存档测试结果，包括测量、测试结果和示图
- 使用选配的集成任意波形/函数发生器进行频响分析 (仅在 4/5/6-PWR 中提供)。还支持外置 AFG31000 系列函数发生器。
- 各种电压探头和电流探头，包括一流的 IsoVu 光隔离电压探头，满足各种应用需求
- 通过远程接口配置任何测量，传送任何结果，实现自动测试
- 支持保存/调出 FRA 测量会话文件的功能
- 频谱视图分析集成功率 FRA 测量

## 输入分析

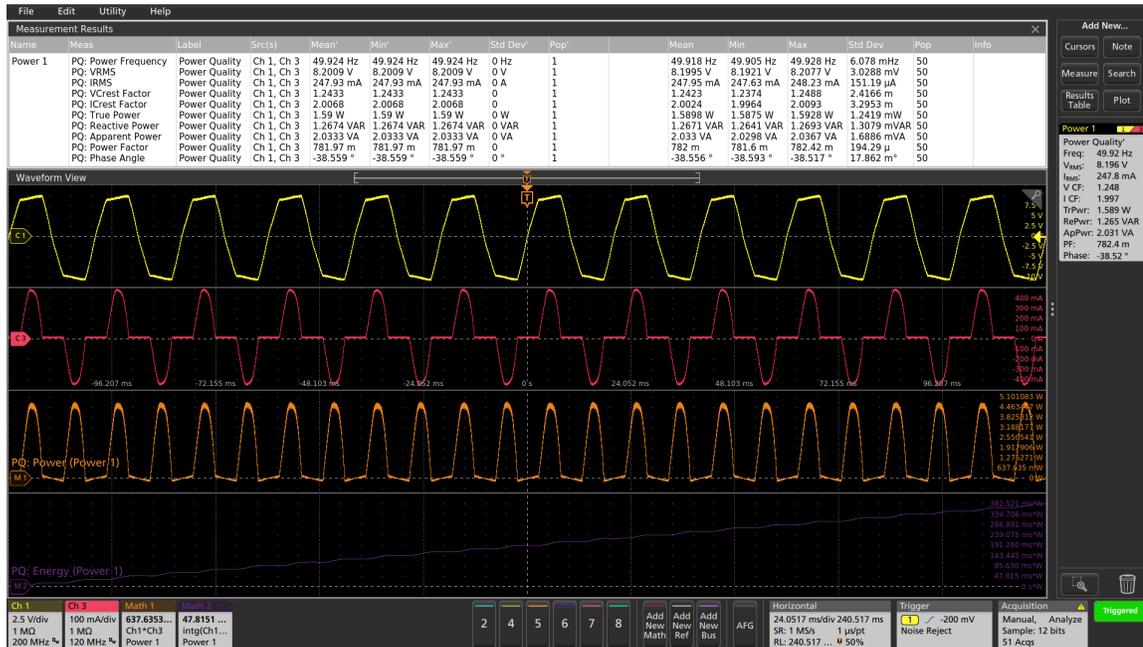
电能质量测量、电流谐波、输入电容和涌入电流是在电源输入部分经常进行的四种测量，以分析电源对电源工频的影响，评估电源在各种工频条件下的性能。

## 电能质量

这些测量是为工频频率优化的，通常在电源的 AC 工频输入上执行。它们可以快速查看输入的功率及失真水平。

测量包括：

- RMS 电压和电流
- 频率
- 真实功率、视在功率和无功功率
- 功率因数
- 电压和电流的波峰因数



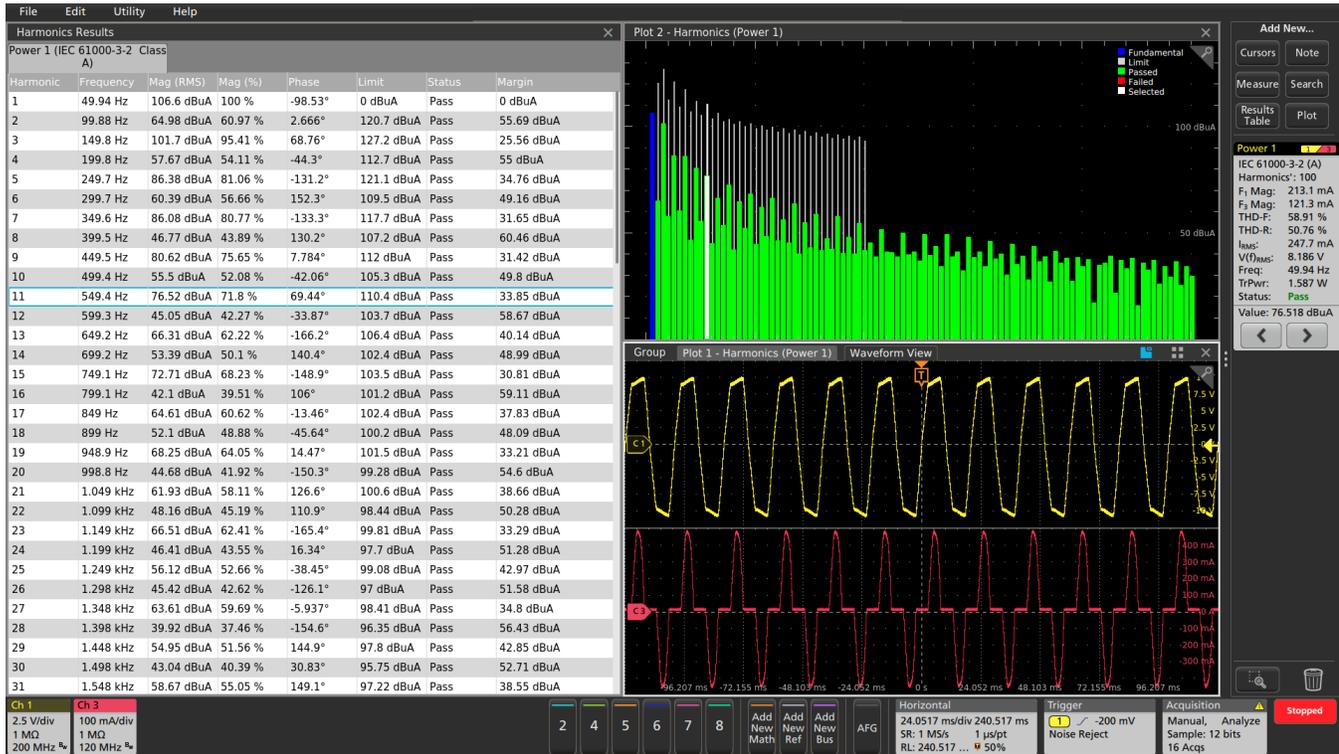
电能质量测量提供了多种格式的信息。数值结果(右上角)、表格(上方)及瞬时功率波形和能量图(下方)

### 谐波

输入上带有非线性器件（如整流器）的任何电源对 AC 线路都会表现为非线性负载。如果没有缓解措施，谐波能量过高会影响与电源线相连的其他设备的运行，提高传送电力的成本。这会导致电源线供电的设备产生标准限制谐波。

高级功率测量和分析包括 IEC61000-3-2、AM 14、MIL-STD-1399、DO-160 和自定义标准的测试限制。这些标准可帮

助您在投资官方符合性测试前执行预符合性测试。当限制仍在进行定义时，自定义限制将为即将推出的新标准和设计提供助益。凭借自定义选项，您可以设置和修改限制。功率谐波可计算高达 400 阶的谐波，并以柱状图和表格形式显示。这样，您就可以在表格结果和柱状图上的单个谐波之间轻松导航，这也是一个功能强大的调试步骤。

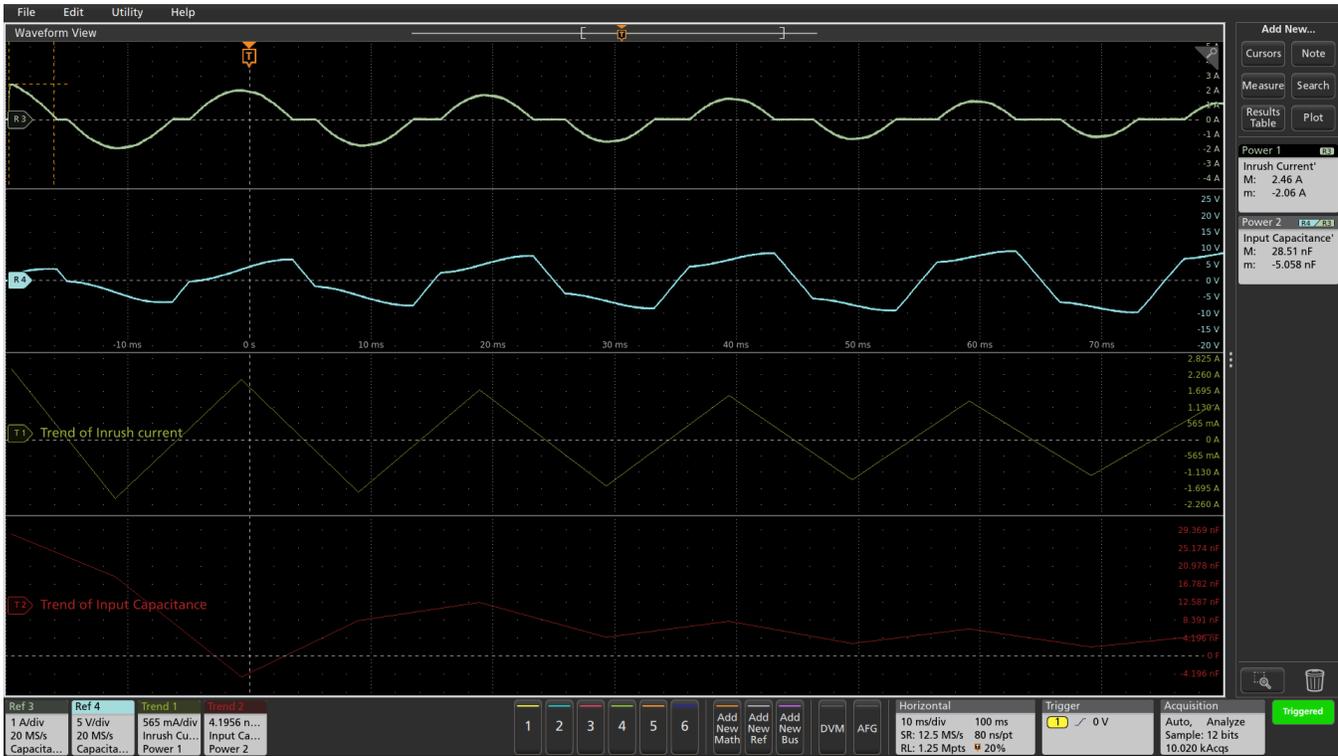


谐波柱状图、谐波结果表、通过结果列表浏览功能(右上方)

## 输入电容和涌入电流测量

4-PWR-BAS、4-PWR、5-PWR 和 6-PWR 提供了峰值涌入电流和电容测量功能，可以测试运行中的开关电源。

涌入电流、输入浪涌电流或开关浪涌是电元件第一次开机时吸收的最大瞬时输入电流。功率转换器和涌入电流要超过其稳态电流，这源于输入电容的充电电流。测量涌入电流和输入电容具有重要意义，以确保设计高效运行。



使用横贯功能测量输入电容和涌入电流

## 开关分量分析

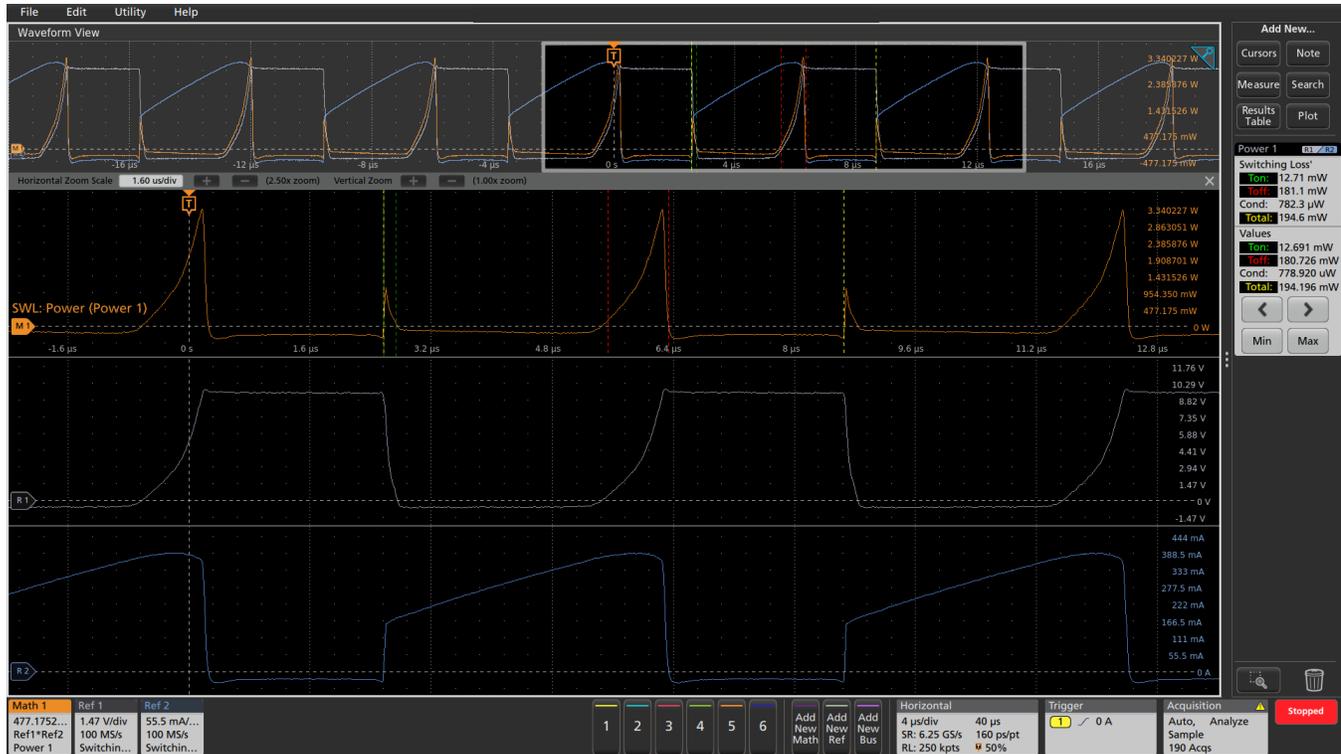
随着人们要求实现更高的功率转换效率和更高的可靠性，准确地计算和评估电源中的能量损耗变得越来越关键。

### 开关损耗测量

尽管电源的大多数组件都会产生能量损耗，但开关式电源 (SMPS) 中明显的能量损耗部分发生在开关晶体管从关闭 ( $T_{off}$ ) 状态变成打开 ( $T_{on}$ ) 状态时或反之 (关闭损耗)。通过测量经过开关器件的电压下跌及流经开关器件的电流，高级电源分析功能自动计算每个周期的开关损耗指标。

直到最近，在半桥开关阶段的高侧进行开关测量几乎是不可能的。任何相对于开关节点的测量，包括高侧  $V_{DS}$  和经过电流并联装置的电压，都会受到施加在差分信号上明显的共模电压信号产生的失真影响。这个问题在宽禁带器件中会更加糟糕，如 GaN 和 SiC 晶体管，因为开关频率会提高，必需优化新的设计。

4/5/6 系列 B MSO 是为用于 IsoVu 光隔离探头设计的，即使存在高共模信号时，设计人员仍能执行准确的开关测量。

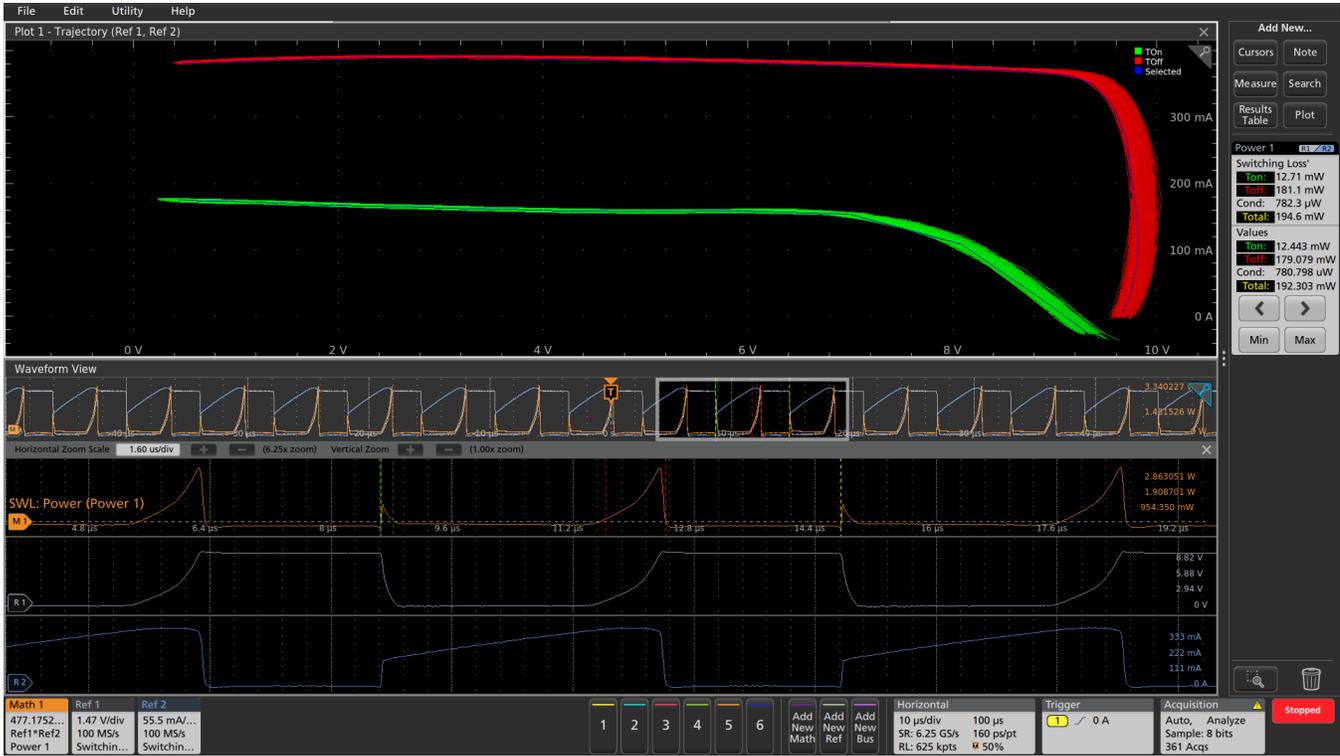


开关损耗显示了 FET 中的功耗。波形可以标上带色码的标记，显示  $T_{on}$ 、 $T_{off}$  和总周期的测量区域，与结果标签中的取值相对应。结果标记中的控件用于轻松切换周期。

开关损耗测量包括专门设置，在有源功率因数校正阶段生成稳定的、可重复的测量，并回扫转换器。

您可以使用轨迹图，概括了解捕获的所有周期的开关损耗。它自动绘制打开和关闭过程中经过开关的电压相对于经过开

关的电流关系图，您可以一目了然地判断所有周期的开关损耗范围。

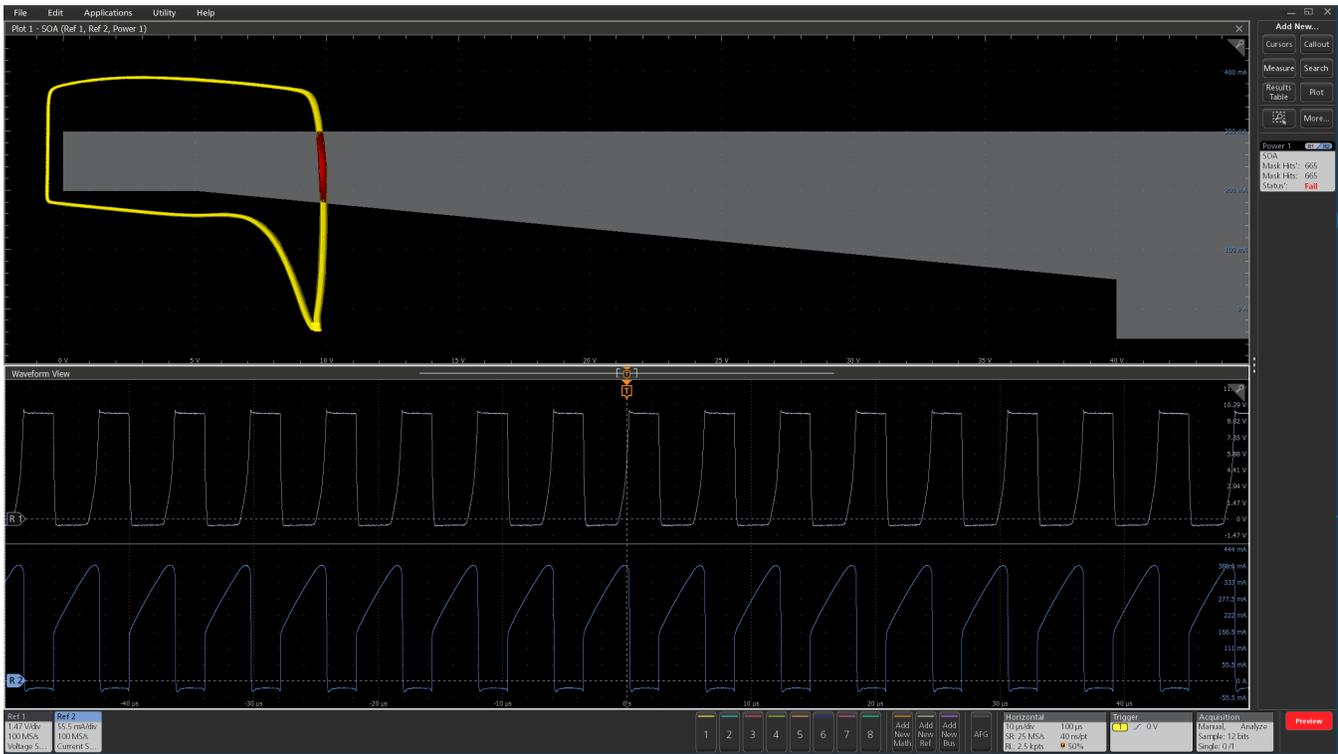


开关损耗轨迹图(上方窗口)在一个示图中显示所有开关周期的  $T_{on}$  损耗和  $T_{off}$  损耗。

## 安全作业区

安全作业区(SOA)为评估开关器件、确保其工作条件不会超出最大指标而提供了一种图形评估技术。可以使用 SOA 测

试, 验证各种工作条件下的性能, 包括负载变化、温度变化以及输入电压变化。模板测试还可以与 SOA 示图一起使用, 自动完成验证。

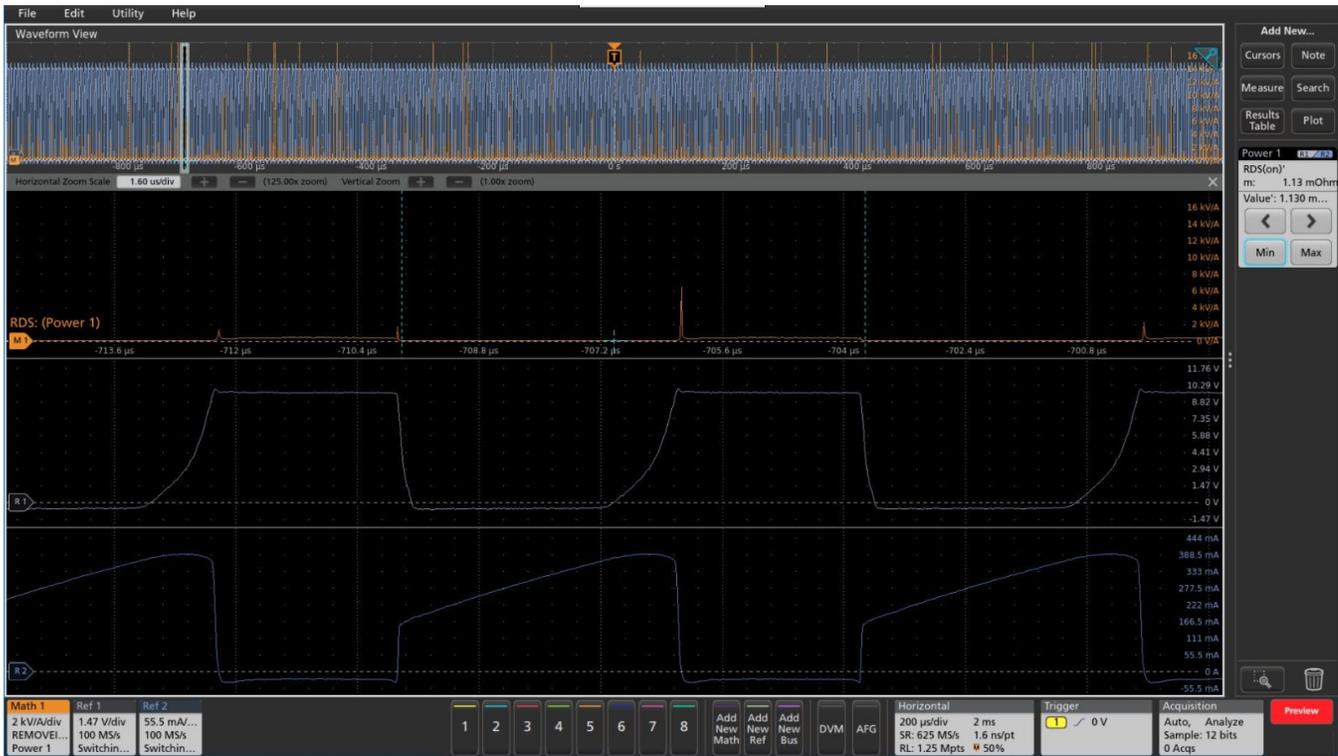


安全作业区 (SOA) 示图及模板帮助检验开关器件在变化的工作条件下是否保持在 SOA 范围内。

**RDS<sub>(on)</sub>**

这一测量表征开关器件启动并传导电流的传导过程中的电阻。动态开关电阻是启动时经过器件的电压与流经器件的电

流之比。该软件确保高亮显示及放大采集中的最小 RDS<sub>on</sub> 值，以便查看。此外，横贯功能帮助您从周期间值移动到各自的 RDS<sub>on</sub> 值。



RDS<sub>(on)</sub> 测量

## 磁性分析 (仅在 4/5/6-PWR 中提供)

支持以下测量:

- 电感
- 磁性特点包括 BH 曲线
- 磁损耗
- I 相对于  $\int V$  关系图

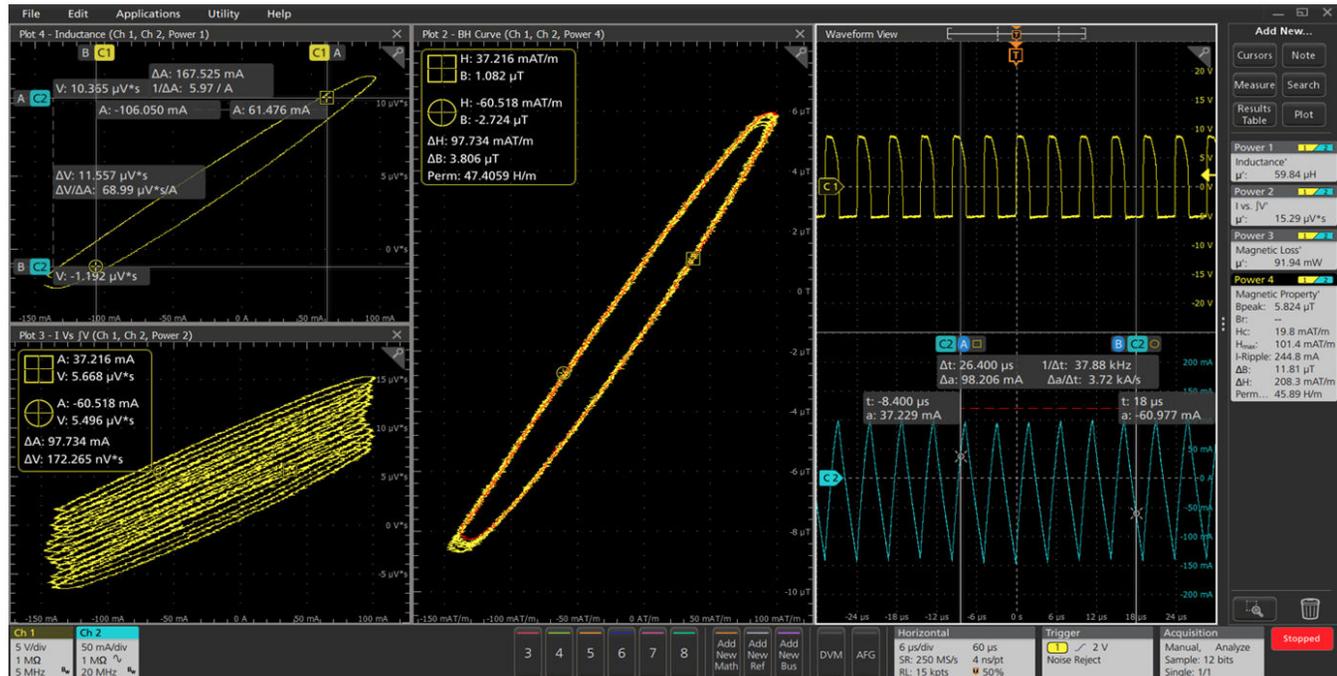
磁性器件是任何电源系统的重要组成部分。电感器和变压器在开关式电源和线性电源中都作为能量贮存设备使用。某些电源还在输出阶段的滤波器中使用电感器。考虑到其在系统中发挥着重要作用, 必须表征这些磁性器件, 确定电源的稳定性和整体效率。

### 电感

电感器的阻抗会随着频率提高而提高, 频率越高, 阻抗越高。这种特点称为电感, 用亨利为单位。可以使用高级功率测量和分析软件, 自动测量电感。

### 磁损耗

分析磁功率损耗对准确地表征开关电源的效率、可靠性和性能至关重要。高级功率测量和分析软件测量感性总磁性功率损耗, 如下图所示。



B-H 曲线、I 相对于  $\int V$  关系及电感图, 进行磁性分析测量

## 磁性能

此测量计算磁性组件的属性, 包括磁通密度 (B)、磁场强度 (H), 以及各种损耗组件的属性, 包括迟滞损耗和总损耗。此测量还支持基于范围通道计数的多个辅助信号源配置。

### B-H 图

磁性材料的特点用磁通量密度(B)、磁场强度(H)和材料的磁导率( $\mu$ )来描述。B-H 图通常用来检验开关电源中磁元素的饱和度和(或缺失度), 用来衡量磁芯材料中单位体积损失的能量。高级功率测量和分析软件测量经过磁元素的电压及流经磁元素的电流, 绘制 B 相对于 H 关系图, 如下图所示。您可以同时测试变压器中多个二级线圈, 从而确保更快的验证/测试时间, 进而加快产品开发周期。

### I 相对于 $\int V$ 关系图

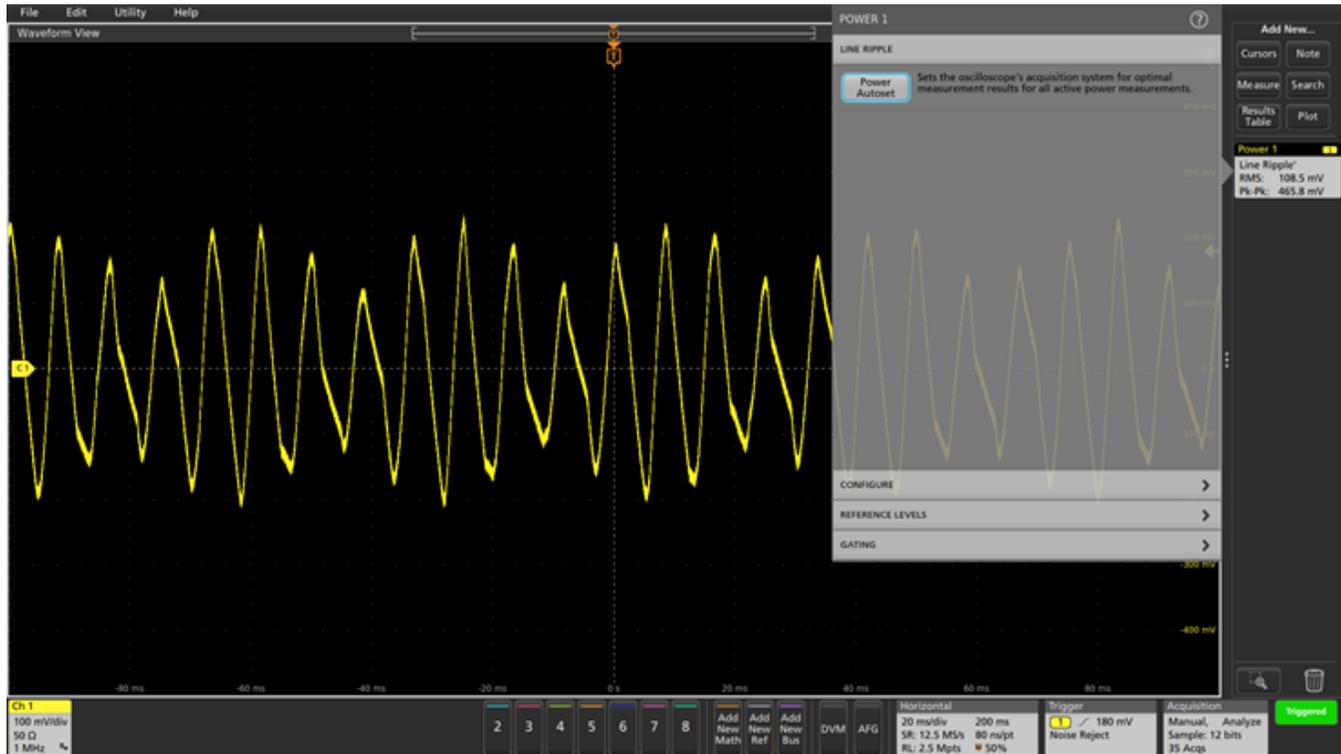
I 相对于  $\int V$  关系图可以了解与电压和电流成正比的 B 和 H 值。这是电压和电流波形的积分, 采用 X-Y 示图格式, 如下图所示。

## 输出分析

DC 输出电源的最终目标是把输入功率转换成一个或多个 DC 输出电压。开关电源最重要的输出测量是工频纹波和开关纹波。

### 工频和开关纹波

电源的 DC 输出质量应该干净，拥有最小的 AC 噪声和纹波。高级功率测量和分析软件测量纹波，帮助您隔离原因。

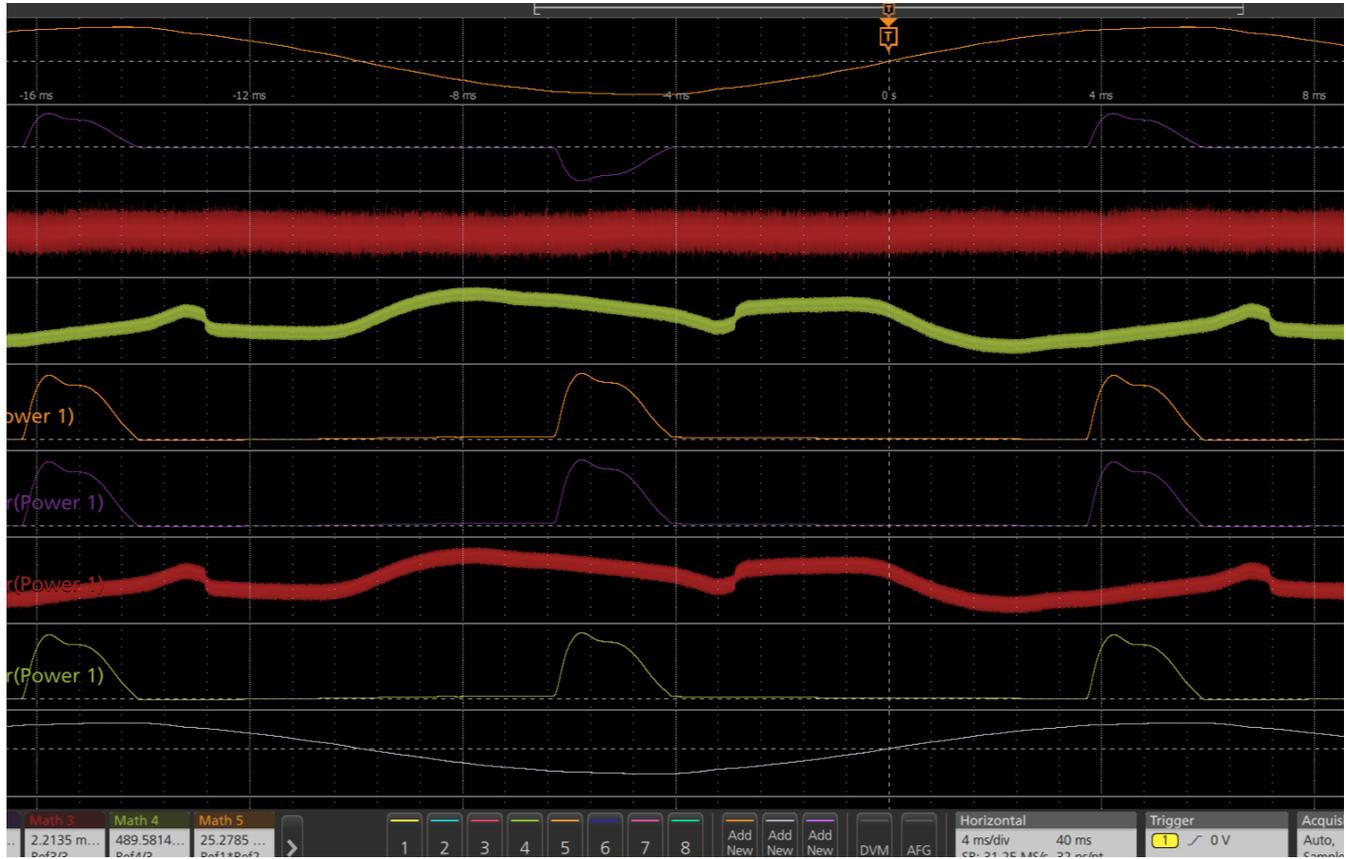


纹波分析帮助把工频纹波与更高频的开关噪声区分开来。

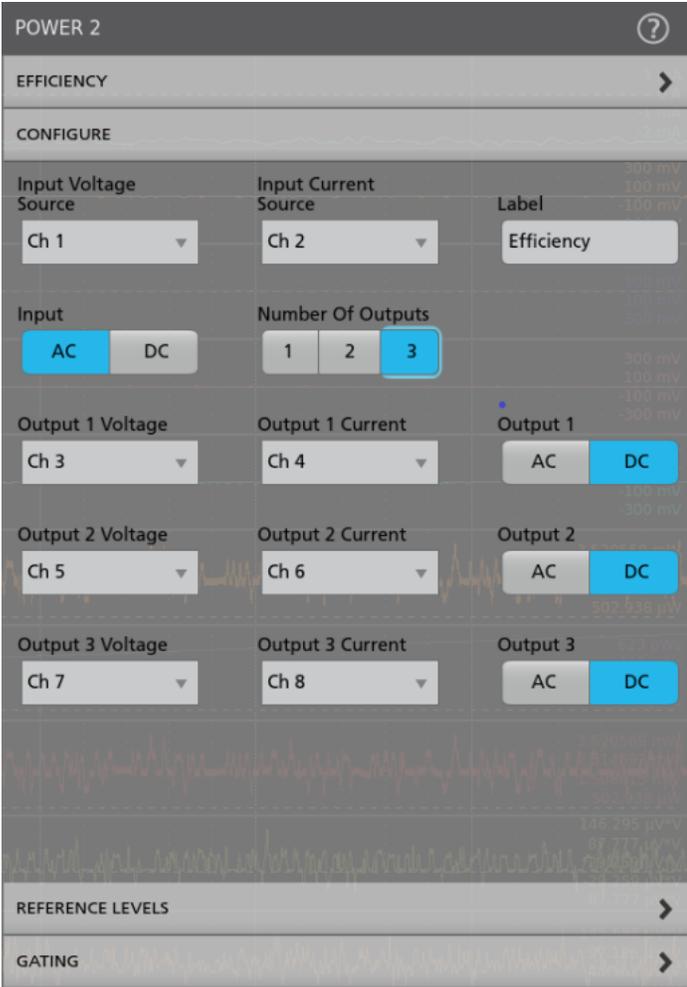
## 效率

在当今激烈竞争的环境中，器件或产品效率是一个关键的差异化指标。高级功率测量和分析软件可以简便地测量产品的功率转换效率(AC-DC, AC-AC, DC-DC, DC-AC)。

它可以一次测试多个输出上的功率效率，加快测试和验证速度。您可以独立配置每个输出。



效率测量



效率测量配置可以测试新一代多输出功率转换器件 (AC-DC、AC-AC、DC-DC 和 DC-AC)

## 启动时间和关闭时间

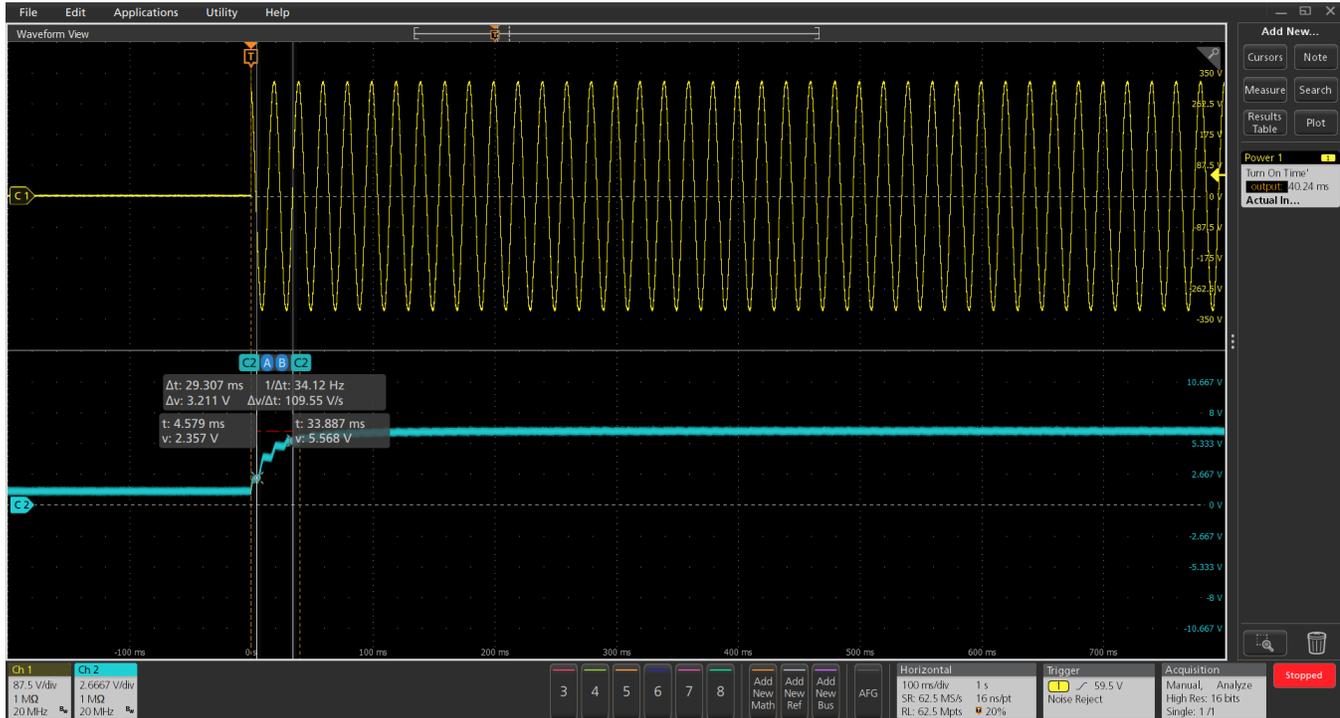
启动时间是指在启动输入电压后，输出电压到达稳定状态所用的时间。

关闭时间是指关闭输入电压后，输出到达零状态所用的时间。

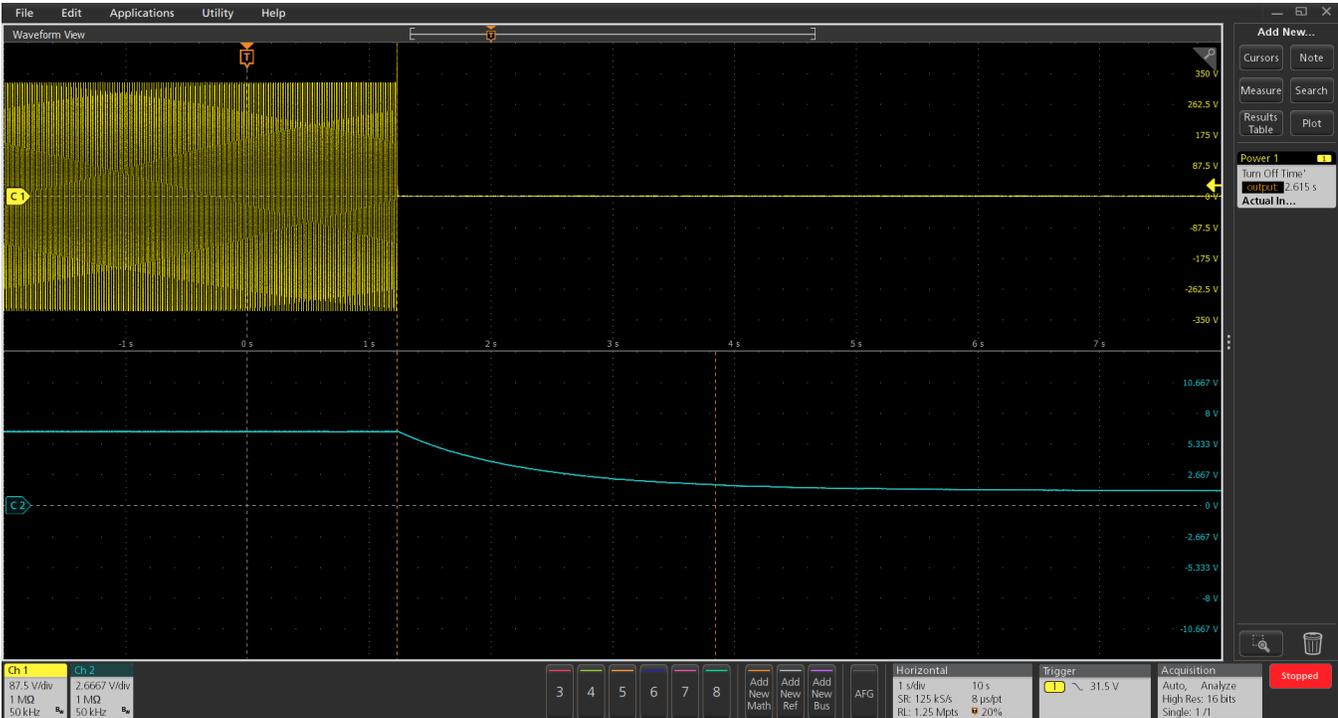
SMPS 应在规定的启动时间和关闭时间上运行，这一点非常重要。如果市电与 SMPS 启动之间的时延与设计（一般为 1

ms）不符，那么它可能会扰乱某些灵敏负载的运行。大多数嵌入式系统使用不止一个电源，许多嵌入式系统使用多个输出。

4-PWR-BAS、4-PWR、5-PWR 和 6-PWR 自动进行这一测量，同时支持最多 5 个输出（4 系列 MSO）或最多 7 个输出（5 系列 MSO 或 6 系列 B MSO），或最多 3 个输出（6 系列 MSO）。



启动时间测量



关闭时间测量

POWER 1

TURN ON TIME

CONFIGURE

Input Source	Type	Label
Ch 1	DC-DC	Turn On Time

Maximum Voltage	Input Trigger	Maximum Time
12 V	12 V	2 s

Number of Outputs	Output Source	Output Voltage
1	Output 1 Ch 2	50 V
1		42 V
2		46 V
3		50 V
4		54 V
5		58 V
6		62 V
7		66 V

GATING

启动时间测量配置支持多个输出设备

POWER 1

TURN OFF TIME

CONFIGURE

Input Source	Type	Label
Ch 1	DC-DC	Turn Off Time

Maximum Voltage	Input Trigger	Maximum Time
12 V	10 V	2 s

Number of Outputs	Output Source	Output Voltage
1	Output 1 Ch 2	30 V
1		12 V
2		12 V
3		12 V
4		12 V
5		12 V
6		12 V
7		12 V

GATING

关闭时间测量配置支持多个输出

## 频响分析（仅在 4/5/6-PWR 中提供）

控制环路响应分析（博德图）、电源抑制比 (PSRR) 和阻抗测量提供关键测量，确保实现稳定的低噪声电源设计。虽然使用矢量网络分析仪或专用频响分析仪可以实现这种分析，但这些仪器要求大量的设置时间和很长的学习周期。高级功率测量和分析功能可以直接在 4/5/6 系列 B MSO 上进行频响分析，利用选配的内置或外部任意波形/函数发生器的优势。

这些测量利用 4/5/6 系列 B MSO 的内置频谱视图工具，在用户可配置的各种频段上获得更精细的频率分辨率，并通过分析频域中的测量提高测试结果的准确性。

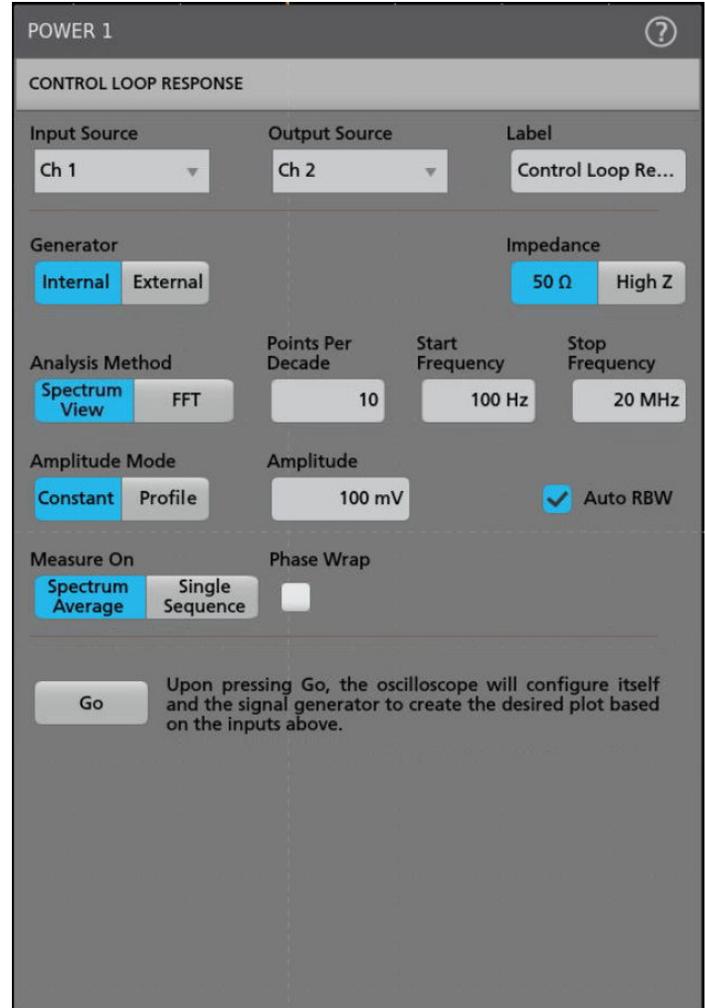
### 控制环路响应（博德图）

通过博德图和增益/相位裕量测量，设计人员可以确定电源控制环路的稳定性。控制环路不稳定，会导致振动和效率下降。滤波器设计人员还使用幅度和相位示图测试滤波器设计。

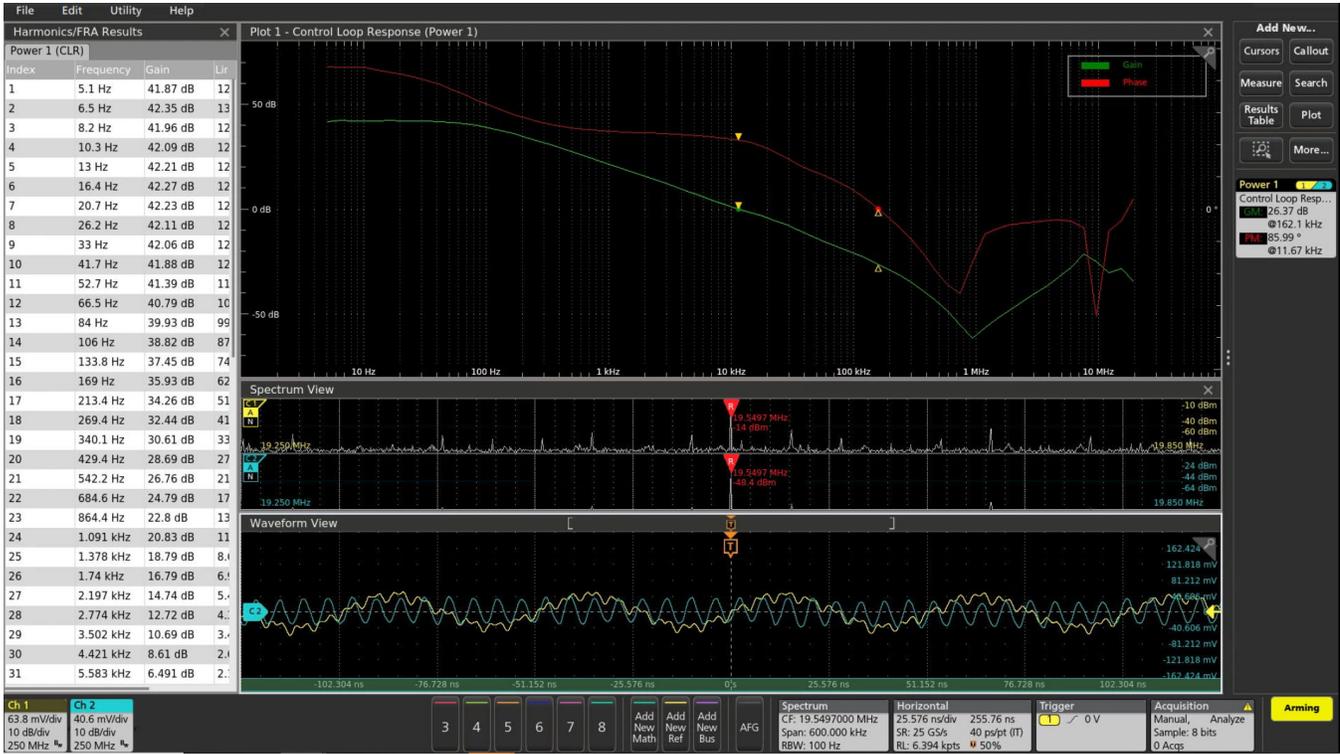
自动控制环路响应测量使用内置 AFG，为扫描指定频率范围提供了单一来源，并绘制每个点上的幅度和相位图。信号使用注入变压器引入到控制环路中，比如 Picotest 的 J21xxA 型变压器。得到的增益和相位图（博德图）用来自动计算增益和相位裕量。光标可以查看曲线中任意频率上的增益和相位值。

通过控制环路响应测量配置，用户可以设置 START 和 STOP 频率，选择恒定/幅度特点、阻抗、相位卷绕和每 10 倍频程的点数，以获得最佳的绘图渲染效果。

凭借相位卷绕配置，您可以在谱线跳跃值超过相邻字段中设置的度数时展开相位谱线。默认相位设置为 180°。



通过测量控制回路响应，您能够设置默认内部 AFG 或外部 AFG31000 系列的 START（开始）和 STOP（停止）频率。它还使您能够选择常数幅度轮廓、阻抗、相位卷绕和每 10 倍频程的点数，以获得最佳的绘图渲染效果。



控制环路响应 (博德图) 绘制增益和相位相对于频率关系图, 并计算增益裕量和相位裕量。

## 电源抑制比 (PSRR)

通过 PSRR 测量，DC-DC 转换器和稳压器设计人员可以量化器件在规定频率范围内衰减 AC 的能力。这项测试使用 4/5/6 系列 B MSO 选配的内置函数发生器或外部 Tektronix AFG31000 函数发生器，及注入变压器（如 Picotest J2120A Line Injector）来调制稳压器输入。系统自动测量被调制的输入和输出上的 AC 电压。它使用下述公式计算扫描的频带内每个频率上的抑制比： $20\text{Log}(V_{in}/V_{out})$ ，用示图表示结果。

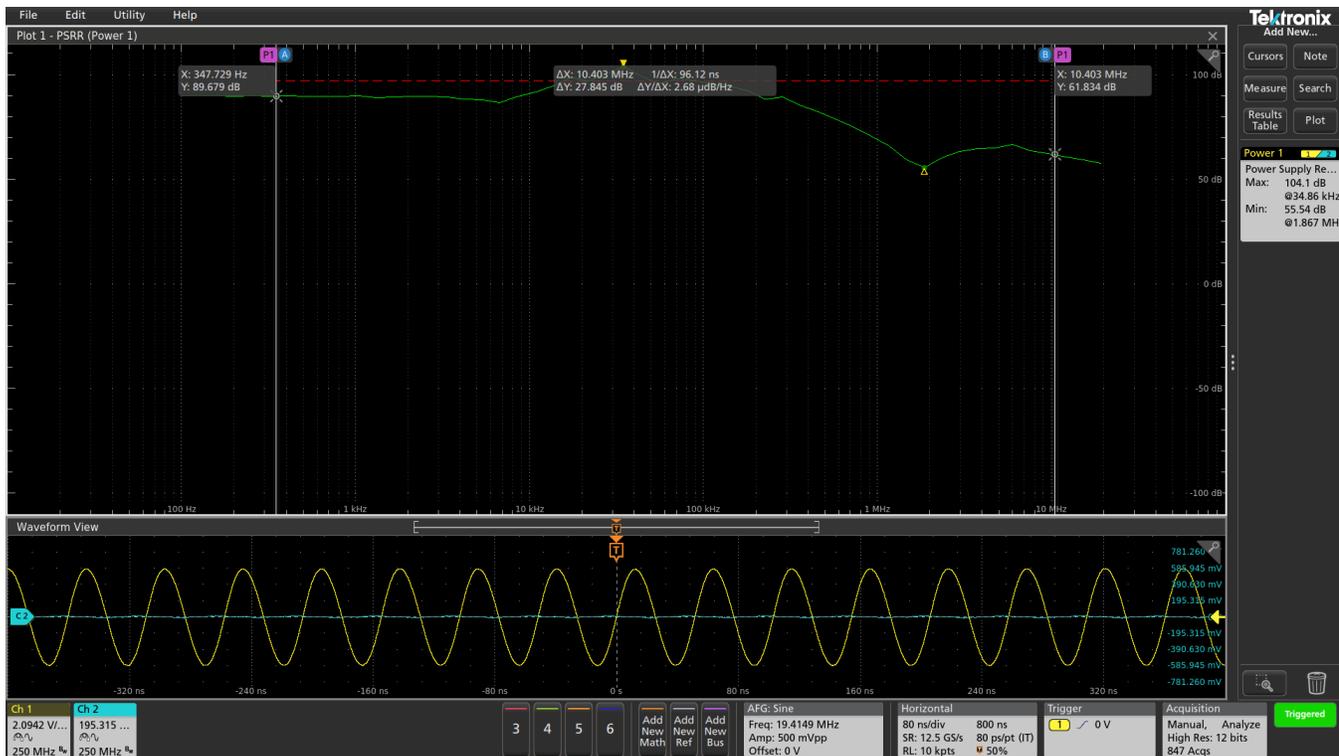
**POWER 1** ?

**POWER SUPPLY REJECTION RATIO**

Input Source Ch 1	Output Source Ch 2	Label PSRR
Generator Internal External		Impedance 50 Ω High Z
Analysis Method Spectrum View FFT	Points Per Decade 10	Start Frequency 100 Hz
		Stop Frequency 20 MHz
Amplitude Mode Constant Profile	Amplitude 100 mV	
		<input checked="" type="checkbox"/> Auto RBW
Measure On Spectrum Average Single Sequence		

Upon pressing Go, the oscilloscope will configure itself and the signal generator to create the desired plot based on the inputs above.

通过测量电源抑制比，您能够设置默认内部 AFG 或外部 AFG31000 系列的 START（开始）和 STOP（停止）频率。还使您能够选择常数幅度轮廓、阻抗和每 10 倍频率范围内的测试点数，以获得更好的绘图渲染效果。



电源抑制比 (PSRR) 绘制抑制比随频率变化, 并标出最小值和最大值。

## 阻抗

2 端口阻抗测量使设计人员能够在指定的频率范围内验证其配电网 (PDN) 的阻抗。这项测试使用 4/5/6 系列 B MSO 的可选内置函数发生器或外部 Tektronix AFG31000 系列函数发生器，及有源分路器 J2161A 和电源 J2170B、注入变压器（如 Picotest J2102B 或 J2113A Line Injector）来测量 PDN 网络的阻抗。系统自动计算扫频带各频率的阻抗，并绘制结果图。推荐使用 BNC 或 SMA 连接。

**POWER 1** ?

---

**IMPEDANCE**

Input Source Ch 1	Output Source Ch 2	Label Impedance
----------------------	-----------------------	--------------------

---

Splitter  
Active  Passive

---

Generator  
Internal  External  Impedance  
50  $\Omega$   High Z

---

Analysis Method Spectrum View <input checked="" type="checkbox"/> FFT <input type="checkbox"/>	Points Per Decade 10	Start Frequency 100 Hz	Stop Frequency 20 MHz
---	-------------------------	---------------------------	--------------------------

---

Amplitude Mode  
Constant  Profile  Amplitude  
100 mV  Auto RBW

---

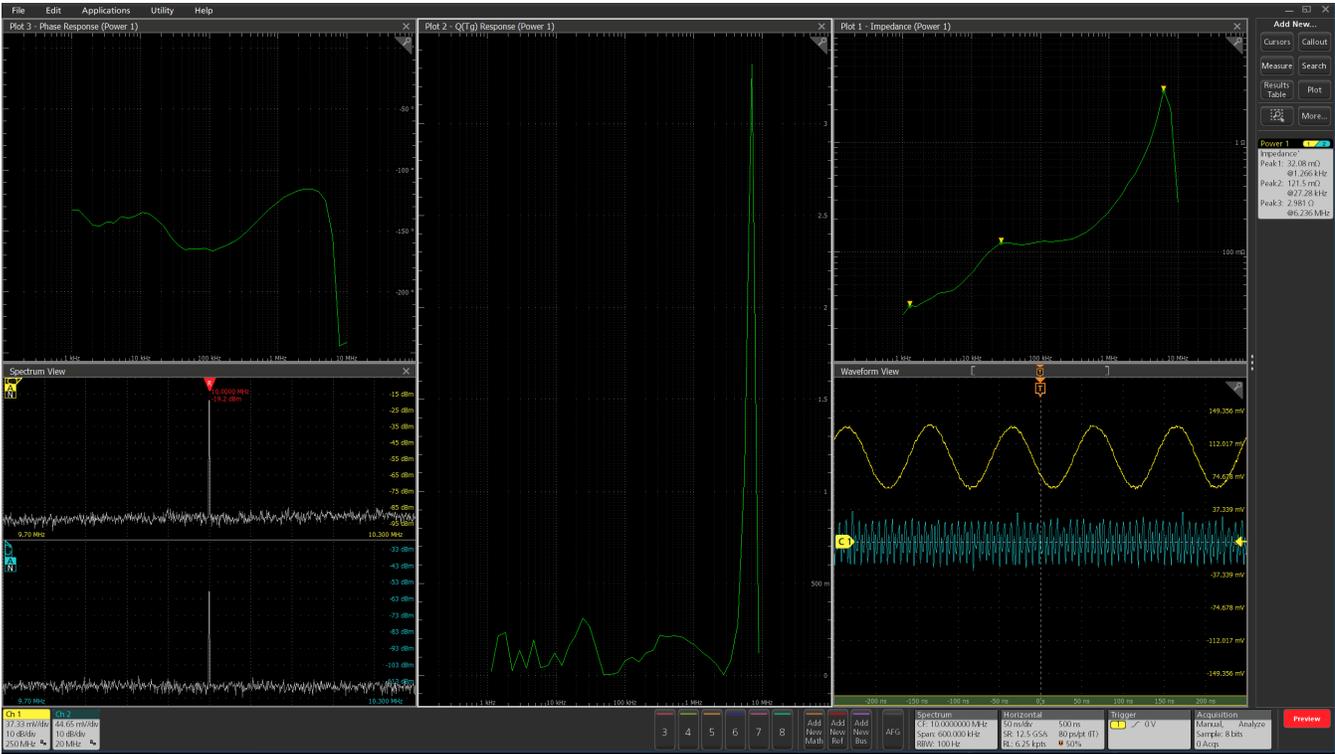
Measure On  
Spectrum Average  Single Sequence  Phase Wrap

---

**Go** Upon pressing Go, the oscilloscope will configure itself and the signal generator to create the desired plot based on the inputs above.

---

Plots  
  
Transient Response



显示峰值阻抗点值的阻抗测量（包括结果表和结果标记）。也会显示相应的阻抗图、组延迟图和相位图。

### 智能探头提供了准确的结果

降低噪声和消除探测误差，是改善功率系统测量精度的最佳途径之一。4/5/6 系列 B MSO 及高级功率测量和分析软件支持各种探头，帮助满足不同的测量需求，并包括多种专门设计的功能，帮助最大限度地减少探测问题。

系统使用拥有 TekVPI 接口的电压探头和电流探头，支持在探头和示波器之间通信。探头可以把标度设置自动传送给示波器。在相应的探头上，可以控制距示波器前面板的距离，探头可以传送错误状况，如下巴部分张开或电流探头需要消磁。

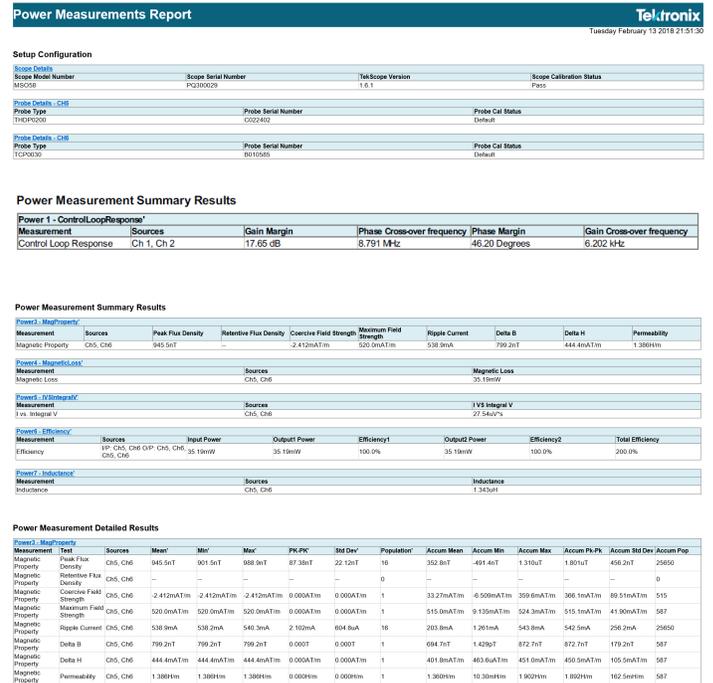
对关键定时测量，如开关损耗，分析软件可以查询电压或电流探头，使用标称时延值，消除时延，同步电压波形和电流波形，获得准确的可重复的结果。

系统兼容 IsoVu 隔离测量系统。这些差分探测系统提供了全面光隔离功能、高达 1 GHz 的带宽及超高共模抑制比，特别适合功率系统中的  $V_{GS}$ ,  $V_{DS}$  或  $V_{SHUNT}$  测量。在优化采用宽带隙开关器件的设计方面，如 GaN 或 SiC 晶体管，IsoVu 探头无人能敌。

### 自动生成报告

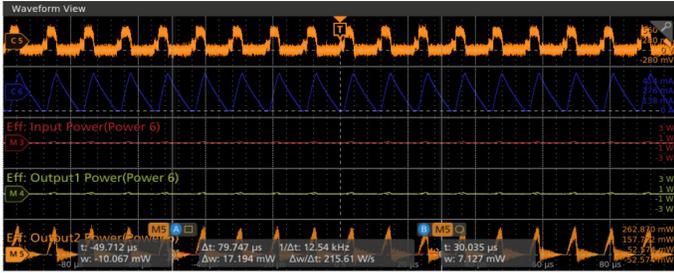
数据采集、归档和文档管理可能会非常繁琐，但在设计开发流程中非常关键。4-PWR-BAS、4-PWR、5-PWR 和 6-PWR 分析软件包括一个自动报告生成器，可以方便地进行通信和保留记录。只需按几个按钮，就可以生成一份报告，显示所有

有效的测量。增加图示或追加额外测试，量身定制报告。报告以可编辑的 .mht 文件提供，或以 .pdf 文件提供。下面显示了报告样本。



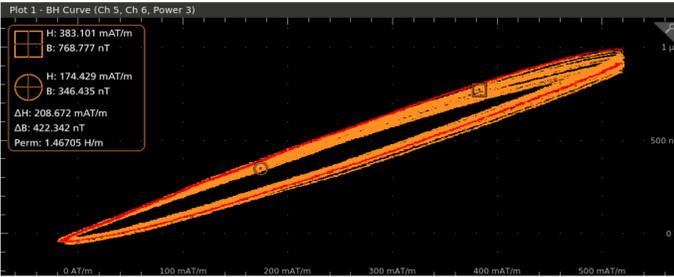
Power Efficiency												
Measurement	Test	Source	Meas1	Meas2	Meas3	PK:PK	Std Dev	Population	Accum Min	Accum Max	Accum Pk:Pk	Accum Std Dev
Efficiency	Input Power	CH5, CH6	35.19mW	35.19mW	35.19mW	0.000W	0.000W	1	35.19mW	777.7uW	39.01mW	38.23mW
Efficiency	Output Power	CH5, CH6	35.19mW	35.19mW	35.19mW	0.000W	0.000W	1	35.79mW	777.7uW	39.01mW	38.23mW
Efficiency	Efficiency1	BP, CH5, CH6	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%	0.000%	1	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%
Efficiency	Output2 Power	CH5, CH6	35.19mW	35.19mW	35.19mW	0.000W	0.000W	1	35.79mW	777.7uW	39.01mW	38.23mW
Efficiency	Efficiency2	BP, CH5, CH6	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%	0.000%	1	100.0%	100.0%	100.0%	0.000%
Efficiency	Total Efficiency	BP, CH5, CH6	200.0%	200.0%	200.0%	0.000%	0.000%	1	200.0%	200.0%	200.0%	0.000%

Views  
Time Domain View

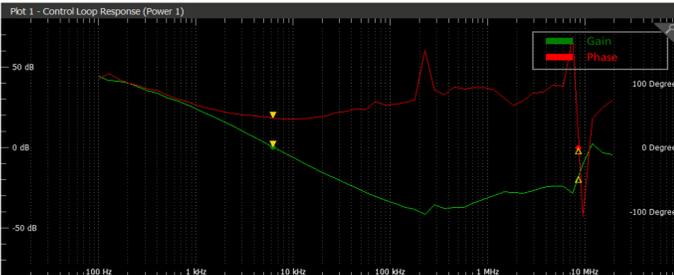


Plots

Plot 1 - BH Curve (Ch 5, Ch 6, Power 3)



Plot 1 - Control Loop Response (Power 1)



Individual Measurement Configuration

Power2: MagProperty	Voltage Source Ref Levels	Current Source Ref Levels	Configurations	Clamping	General				
Clamp Enable	True	Global Enable	True	RawWaveform	math2	Clamp Type	None	Custom Measurement Name	Magnetic Property
Base Top Method	Automatic	Base Top Method	Automatic	RawWaveform	Zero				
RiseHigh	90%	RiseHigh	90%	Measure	SI				
RiseLow	50%	RiseLow	50%	EdgeSense	Voltage				
FallHigh	10%	FallHigh	10%	PrimarySense	1m				
FallLow	90%	FallLow	90%	MagLength	1m				
PreSense	50%	PreSense	50%	Conduction	1mA				
PostSense	10%	PostSense	10%						

## 技术规格

输入分析	真实功率, 视在功率, 功率因数, 无功功率, 波峰因数, 相位角, THD, 谐波, 输入电容, 涌入电流, D0-160G, EN61000-3-2, EN61000-3-2 AM14 和 MIL-STD-1399 (400 Hz) 标准预一致性测试
幅度测量	周期幅度, 周期顶部, 周期底部, 周期最小值, 周期最大值, 周期峰峰值
定时分析	脉宽、占空比、周期和频率变化相对于时间关系
开关分析	开关损耗, 启动( $T_{on}$ ), 关闭( $T_{off}$ ), 电感损耗 (cond), 安全作业区(SOA), SOA 及模板测试, $di/dt$ , $dv/dt$ , 和 $RDS_{(on)}$
磁性分析	磁性分析 (仅在 4/5/6-PWR 中提供) <sup>1</sup> 电感、磁性能、磁性损耗 (迟滞损耗、总损耗) 以及 $I$ 与 $\int V$ 的关系
输出分析	纹波 (工频频率, 开关频率), 效率, 启动时间, 关闭时间
频响分析 (仅在 4/5/6-PWR 中提供) <sup>1</sup>	<p><b>博德图和 PSSR</b></p> <p>控制环路响应 (博德图) 和电源抑制比 (PSRR)。</p> <p>PSRR 图抑制比相对于频率关系。控制环路响应 (博德图) 计算增益和相位裕量。</p> <p>需要并建议使用 TPP0502, 两个探头。使用示波器内置发生器或外部 Tektronix AFG 31000 系列。</p> <p>可使用 TDP 探头进行测量。</p> <p>动态范围: 博德图通常为 55 dB, PSRR 通常为 85 dB。</p> <p>频率: 10 Hz 至 50 MHz (带 AFG 选项)。</p> <p>采用频谱视图方法时为 1 Hz。</p> <p>10 Hz 至最大正弦频率 (带 AFG31000 系列)</p> <p>幅度: 最高为 5 V (需要 AFG 选项或外部 AFG31000 系列 10V p-p)。</p> <p>需要 Picotest 隔离和注入变压器。</p> <p><b>阻抗测量</b></p> <p>阻抗: 需要带有直流模块的 BNC 或直连 SMA 电缆。</p> <p>频率: 对于内部 AFG, 为 10 Hz 至 50 MHz; 对于外部 AFG, 为 10Hz 至 AFG31000 系列最大值。</p> <p>可测量的最小阻抗为 10 毫欧, 最大阻抗为 47 欧姆</p>
绘图	时间趋势, 轨迹图, 直方图, 柱状图, B-H 曲线, 电感图, $I$ 相对于 $\int V$ 关系, 相位, 增益 和抑制比图。

<sup>1</sup> 4-PWR-BAS 选项不支持

报告 MHT 和 PDF 格式，数据导出到 CSV 格式

---

消磁/时延校正（静态） 自动检测探头，自动调零。用户可以从菜单中为每条通道校正时延

---

源支持 实时模拟信号，基准波形，数学波形

---

## 订购信息

### 型号

产品	选项	支持的仪器
新仪器订购选项	4-PWR-BAS、4-PWR、4-PS2	4 系列 MSO (MSO44、MSO46) 4 系列 B MSO (MSO44B、MSO46B)
	5-PWR、5-PS2、5-PS2FRA 6-PWR、6-PS2、6-PS2FRA	5 系列 MSO (MSO54、MSO56、MSO58、MSO58LP) 5 系列 B MSO (MSO54B、MSO56B、MSO58B)
产品升级选项	SUP4-PWR-BAS、SUP4-PWR	6 系列 MSO (MSO64) 6 系列 B MSO (MSO64B、MSO66B、MSO68B)
	SUP5-PWR	
	SUP6-PWR	
浮动许可证	SUP4-PWR-BAS-FL、SUP4-PWR-FL	4 系列 B MSO (MSO44B、MSO46B) 浮动许可证可以从任何一台 4 系列示波器转移到任何其他 4 系列示波器上，一次使用一台仪器。
	SUP5-PWR-FL	5 系列 B MSO (MSO54B、MSO56B、MSO58B、MSO58LP) 浮动许可证可以从任何一台 5 系列示波器转移到任何其他 5 系列示波器上，一次使用一台仪器。
	SUP6-PWR-FL	6 系列 B MSO (MSO64B、MSO66B、MSO68B) 浮动许可证可以从任何一台 6 系列示波器转移到任何其他 6 系列示波器上，一次使用一台仪器。

与电源分析有关的其他信息参见 [www.tek.com/application/power-supply-measurement-and-analysis](http://www.tek.com/application/power-supply-measurement-and-analysis)。

### 软件捆绑套件

捆绑选项	支持的仪器	说明
4-PRO-POWER-1Y	4 系列 B MSO	4 系列 B MSO 专业版电源捆绑套件 1 年期许可证
4-PRO-POWER-PER		4 系列 B MSO 专业版电源捆绑套件永久许可证
4-ULTIMATE-1Y		4 系列 B MSO 旗舰版捆绑套件 1 年期许可证
4-ULTIMATE-PER		4 系列 B MSO 旗舰版捆绑套件永久许可证
5-PRO-POWER-1Y	5 系列 B MSO	5 系列 B MSO 专业版电源捆绑套件 1 年期许可证
5-PRO-POWER-PER		5 系列 B MSO 专业版电源捆绑套件永久许可证
5-ULTIMATE-1Y		5 系列 B MSO 旗舰版捆绑套件 1 年期许可证
5-ULTIMATE-PER		5 系列 B MSO 旗舰版捆绑套件永久许可证
6-PRO-POWER-1Y	6 系列 B MSO	6 系列 B MSO 专业版电源捆绑套件 1 年期许可证
6-PRO-POWER-PER		6 系列 B MSO 专业版电源捆绑套件永久许可证
6-ULTIMATE-1Y		6 系列 B MSO 旗舰版捆绑套件 1 年期许可证
6-ULTIMATE-PER		6 系列 B MSO 旗舰版捆绑套件永久许可证

## 推荐的探头和附件

附件类型	推荐
AC/DC 电流探头	TCP0020, TCP0030A, TCP0150
AC 电流探头	TRCP0300、TRCP0600、TRCP3000
中压差分探头	TDP0500, TDP1000
高压差分探头	THDP0200, THDP0100, TMDP0200
IsoVu 隔离差分探头	TIVM1/L, TIVH08/L, TIVH05/L, TIVH02/L
高压无源探头	P5100A, P6015A
时延校正脉冲发生器	TEK-DPG
电源分析解决方案捆绑套件	4-PS2 5-PS2, 5-PS2FRA 6-PS2, 6-PS2FRA
相差校正夹具	067-1686-xx
用于频响分析的探头 (仅在 4/5/6-PWR 中受支持)	TPP0502: 两个探头 (用于控制环路响应以及 PSSR 测量) 用于阻抗测量 • 两个 BNC 或直连 SMA
用于频响分析的附件 (仅在 4/5/6-PWR 中受支持)	Picotest Line 注入器 J2120A, 用于 PSRR (10 Hz ~ 10 MHz) Picotest 隔离变压器 (用于博德图) <a href="http://picotest.com">picotest.com</a> : • J2100A (1 Hz ~ 5 MHz) • J2101A (10 Hz ~ 45 MHz) Picotest 变压器 (用于阻抗): • 有源分路器: J2161A 带电源 J2170B • 共模变压器: J2012B/J2113A 用于差分放大器 • BNC 或 SMA 电缆设置需要一个 P2130A DC 模块。 • Picotest 有源分路器 (J2161A)

## 电源分析解决方案捆绑套件

4/5/6 系列 B MSO PS 捆绑选项	说明
4-PS2	4-PWR、TCP0030A、THDP0200、067-1686-xx 相差校正夹具
5-PS2	5-PWR, TCP0030A, THDP0200, 067-1686-xx 相差校正夹具
6-PS2	6-PWR, TCP0030A, THDP0200, 067-1686-xx 相差校正夹具
5-PS2FRA	5-PS2, 两个 TPP0502 探头

续表

4/5/6 系列 B MSO PS 捆绑选项	说明
6-PS2FRA	6-PS2, 两个 TPP0502 探头

## 完整的功率探测产品组合

使用下面列表中的电源纹波探头及选项 4-PWR-BAS、4-PWR/5-PWR/6-PWR 功率应用，确保在 4/5/6 系列 B MSO 示波器上实现完整的功率测量解决方案。

探头类型	说明	
高压差分探头	THDP0100/THDP0200/TMDP0200 高压差分探头是进行非参考地电平测量、浮动测量的最佳选择。这些探头提供了 200 MHz 的带宽及高达 6000 V 的电压。	
	P5200A/P5202A/P5205A/P5210A 高压差分探头是进行非参考地电平测量、浮动测量或隔离测量的最佳选择。这些探头提供了 100 MHz 的带宽及高达 5600 V 的电压。	
光隔离差分探头	TIVM1、TIVH08、TIVH05 和 TIVH02 光隔离差分探头是精确解析高带宽差分信号的最佳选择，特别适合测试宽禁带设计。探头长度分为 3 m 和 10 m 两种。  TIVM1 提供了 1 GHz 带宽，在有最高 60 kV 的共模电压时能够测量最高 $\pm 50$ Vpk 的差分信号。TIVH08、TIVH05 和 TIVH02 分别提供了 800 MHz、500 MHz 和 200 MHz 带宽，在有最高 60 kV 的共模电压时能够测量最高 $\pm 2500$ Vpk 的差分信号。	

续表

探头类型	说明	
电流探头	泰克提供了各种各样的电流探头，包括 AC/DC 电流探头，提供了高达 120 MHz 的带宽及最低 1 mA、最优秀的电流钳夹灵敏度。	
	仅 AC Rogowski 探头包括 TRCP300 (9 Hz ~ 30 MHz, 250 mA ~ 300 A 峰值)、TRCP600 (12 Hz ~ 30 MHz, 500 mA ~ 600 A 峰值) 和 TRCP3000 (1 Hz ~ 16 MHz, 500 mA ~ 3000 A 峰值)。	
中压差分探头	TDP0500/TDP1000 中压差分探头是进行非参考地电平测量、浮动测量或隔离测量的最佳选择。这些探头提供了最高 1 GHz 的带宽和最高 $\pm 42$ V (DC + pk AC) 的电压范围。	
探头用于控制环路分析和电源抑制比测量	TPP0502 是 FRA 测量推荐使用的无源探头。它拥有 2X 衰减和 500 MHz 带宽。它还提供了低容量负载。	
阻抗测量探头	带直流模块的 BNC 或直连 SMA 电缆为推荐的阻抗测量探头。  TPR1000 和 TPR4000 探头提供了低噪声测量解决方案(示波器和探头)，关键是不会把示波器和探头的噪声与被测 DC 电源的噪声和纹波混淆。探头中较高的输入阻抗最大限度地减少了示波器负载对直流电源轨的影响（在直流条件下为 50 k $\Omega$ ）。这些探头作为替代品也用于抗阻测试。	

如需每种示波器完整的兼容探头清单，请参阅 <http://www.tek.com/probes> 了解与推荐探头型号及任何所需探头转接头有关的具体信息。



Tektronix is ISO 14001:2015 and ISO 9001:2015 certified by DEKRA.

东盟/澳大利亚 (65) 6356 3900

比利时 00800 2255 4835\*  
 中东和波罗的海 +41 52 675 3777  
 芬兰 +41 52 675 3777  
 香港 400 820 5835  
 日本 81 (120) 441 046  
 中东、亚洲和北非 +41 52 675 3777  
 中华人民共和国 400 820 5835  
 韩国 +82 2 565 1455  
 西班牙 00800 2255 4835\*  
 台湾 886 (2) 2656 6688

澳大利亚 00800 2255 4835\*

巴西 +55 (11) 3759 7627  
 中欧和希腊 +41 52 675 3777  
 法国 00800 2255 4835\*  
 印度 000 800 650 1835  
 卢森堡 +41 52 675 3777  
 荷兰 00800 2255 4835\*  
 波兰 +41 52 675 3777  
 俄罗斯和独联体 +7 (495) 6647564  
 瑞典 00800 2255 4835\*  
 英国和爱尔兰 00800 2255 4835\*

巴尔干、以色列、南非和其他国际电化学学会成员国 +41 52 675 3777

加拿大 1 800 833 9200  
 丹麦 +45 80 88 1401  
 德国 00800 2255 4835\*  
 意大利 00800 2255 4835\*  
 墨西哥、中南美洲和加勒比海 52 (55) 56 04 50 90  
 挪威 800 16098  
 葡萄牙 80 08 12370  
 南非 +41 52 675 3777  
 瑞士 00800 2255 4835\*  
 美国 1 800 833 9200

\* 欧洲免费电话号码。如果无法接通，请拨打：+41 52 675 3777

**了解详细信息。**泰克拥有并维护着一个由大量的应用说明、技术简介和其他资源构成的知识库，同时会不断向知识库添加新的内容，帮助工程师解决各种尖端的技术难题。敬请访问 [www.tek.com](http://www.tek.com)。  
 版权所有 © Tektronix, Inc.保留所有权利。泰克产品受美国和外国专利权（包括已取得的和正在申请的专利权）的保护。本文中的信息将取代所有以前出版的资料中的信息。保留更改产品规格和价格的权利。  
 TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc.的注册商标。所有提及的其他商标是其各自公司的服务标志、商标或注册商标。