

是德科技电源行业应用综述

汽车与能源事业部 市场拓展经理 韩树昌



研发中心



品质中心



自动化产线

是德科技

成立77年历史的“新”公司



1939–1998: 惠普时代

一家从电子测量业务起家的公司



1999-2013: 安捷伦科技时代

从惠普拆分出来，成为世界领先的测试测量公司

2013年9月宣布公司拆分



2014: 是德科技开始运营

100% 专注于电子测量领域

电子测量业务 行业领导者



通信



工业/计算机/半导体



航空航天/国防



电源和新能源

2015财年收入30亿美元 | 营业利润率高于10% | 投入资本回报率超过20% | 卓越的财务表现

开关电源趋势

设计优化

- 提高转换效率
 - 提高功率密度
 - 提高可靠性
 - 控制EMI; 符合EMC要求
 - 提高输出电源完整性
 - 减少热损耗
 - 降低成本
-



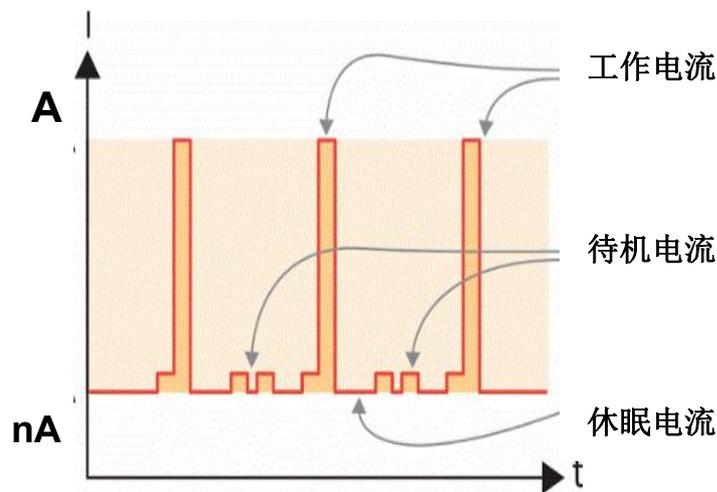
测试方案分享

- ▶ 实时、精密功耗分析以及供电瞬态模拟仿真
- ▶ 示波器应用热点问题
- ▶ 元器件、温度、电磁兼容等测试方案
- ▶ 开关电源环路响应测试方案

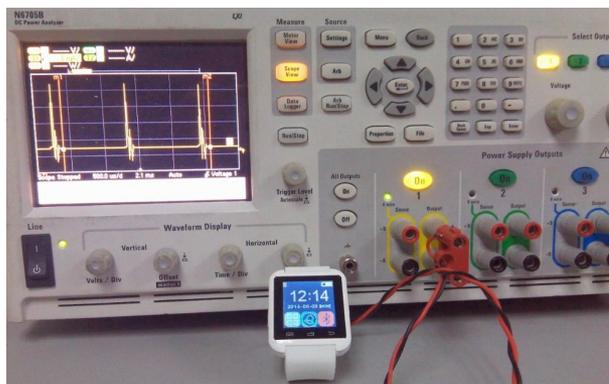
便携电子产品耗电测量的挑战

无线设备耗电特性：大范围变化的动态电流，频率在KHz

- ✓ 更高的电流测量精度
- ✓ 微安（ μA ）级休眠电流，甚至纳安（ nA ）级漏电流
- ✓ 动态电流变化范围大：
 - ✓ 从微安级休眠电流到百毫安甚至安培级发射电流
 - ✓ 针对不同范围电流都能提供连续，准确的测量
 - ✓ 脉冲宽度窄，一般在几百微秒至毫秒级
- ✓ 高采样速率和长时间的连续测量
- ✓ 更快的采样速率，更长的存储深度



N6705B 快速、精确测试便携设备的功耗



N6705B 直流电源分析仪主机

在一台主机中提供了多种测试仪表功能:

- 1 至 4 路高性能电源输出
- 数字电压表和电流表
- 带功率输出的任意波形发生器
- 示波器
- 数据采集
- 所有的测量和功能都能通过前面板实现

—大幅度提高工作效率



N6781A 为耗电分析设计的两项限源表 (SMU) 模块

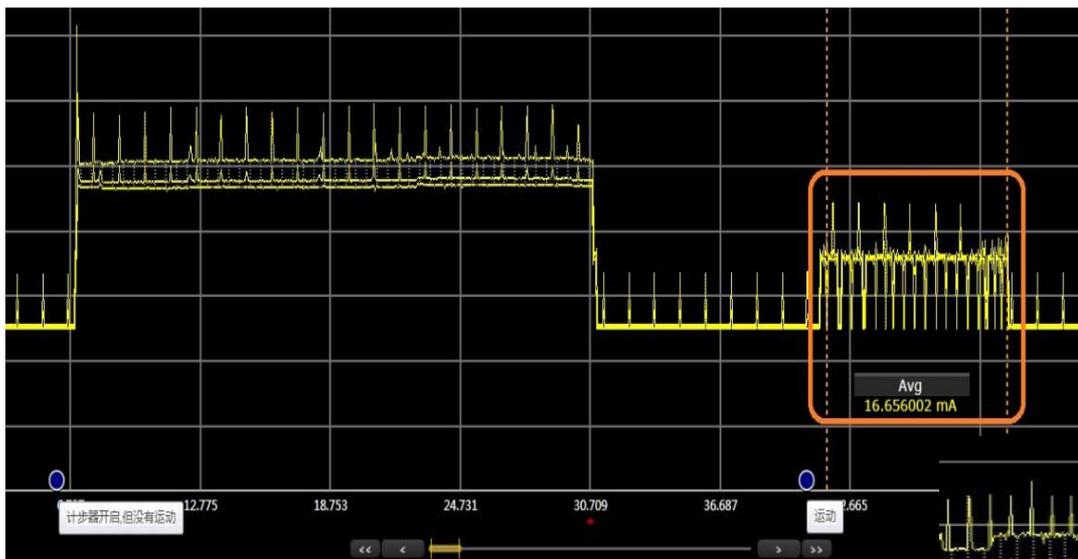
为电池耗电分析特殊设计的电源模块:

- 可调节的**电池内阻仿真**特性
- 具有多象限输出, 电池仿真模式, 电子负载, 电压/电流表
- nA级电流测量;
- **高达200 KHz (5us)电流采样率, 精确测量脉冲电流**
- 可视化电流测试软件, 电流测试与操作同步测量
- 0V压降的电流、电压表, 电池真实环境下容量测试

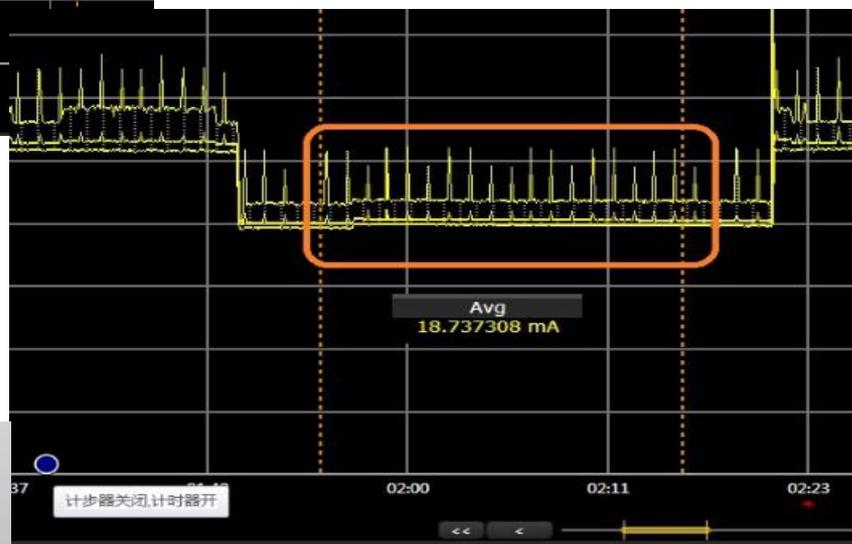
创新功能:

为应对大范围变化的电流波形而专门开发的**无缝量程切换技术**, 可以轻松测量大范围 (**3A-80nA**) 快速变化的耗电电流波形

“智能手表” 功耗实测——这个功能的功耗也很大？



计步器功能开启，“手表”摆动时功耗**16.6mA**



秒表后台运行，功耗**18.7mA**

是德科技PA2200系列实时功率分析仪

所见即所得 ——

将 精确的功率测量 与 触控操作的示波器 合二为一

功率分析仪

功率通道 4

高精度 0.05%

16-bit 分辨率

电压1000V

电流 50A/2A

电能质量测量



示波器

周期信号

触发和突发信号

实时波形显示

大屏幕触控

丰富灵活的波形测量

PA2200系列功率分析仪外观-前面板



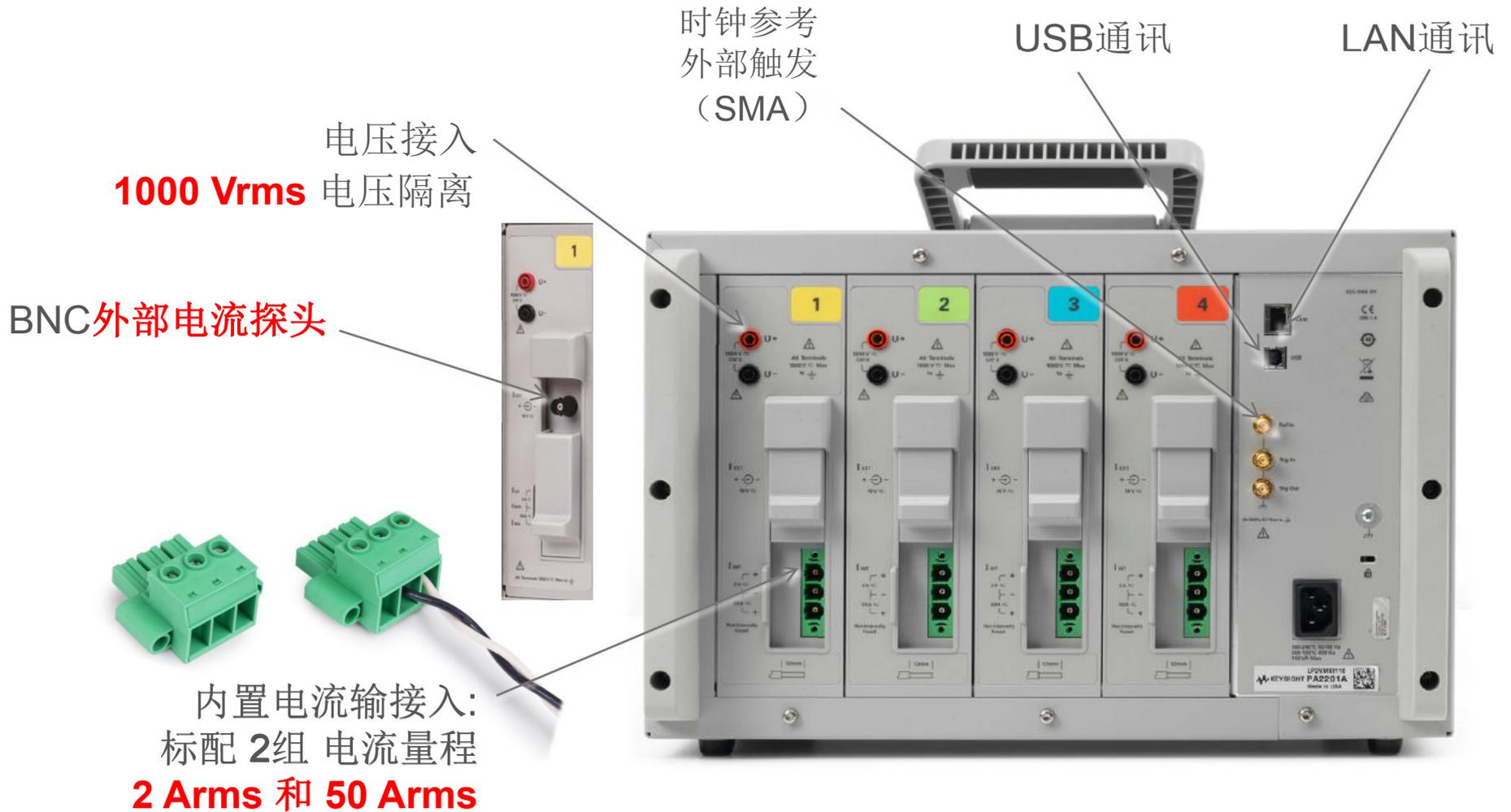
USB接口
进行配置文件及
数据等导入/导出

12.1" LCD
电容触摸屏



全示波器操作按键

PA2200系列功率分析仪外观-后面板及连接端子

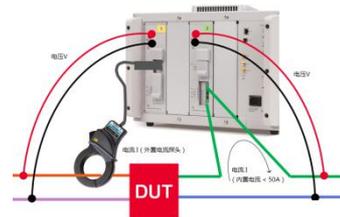


是德科技PA2200系列功率分析仪

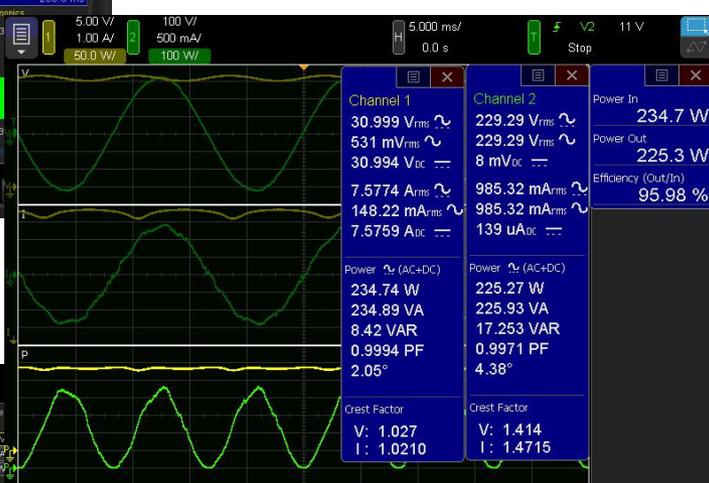
——全球首款示波器触控架构功率分析仪

| | 传统 功率计/分析仪 | 示波器 | PA2200 功率分析仪 |
|-----------------------|---------------|-----|-----------------|
| 谐波测量 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 待机低功耗测量 | ✓ | ✗ | ✓ |
| 稳态效率测量 | ✓ | ✗ | ✓ |
| 休眠模式到工作模式功耗 | ✗ | ✗ | ✓ |
| 开/关机特性分析 | ✗ | ✓ | ✓ |
| 瞬态特性分析 | ✗ | ✓ | ✓ |
| 开关损耗及电源内部电路高速 数字信号 | ✗ | ✓ | ✓ |

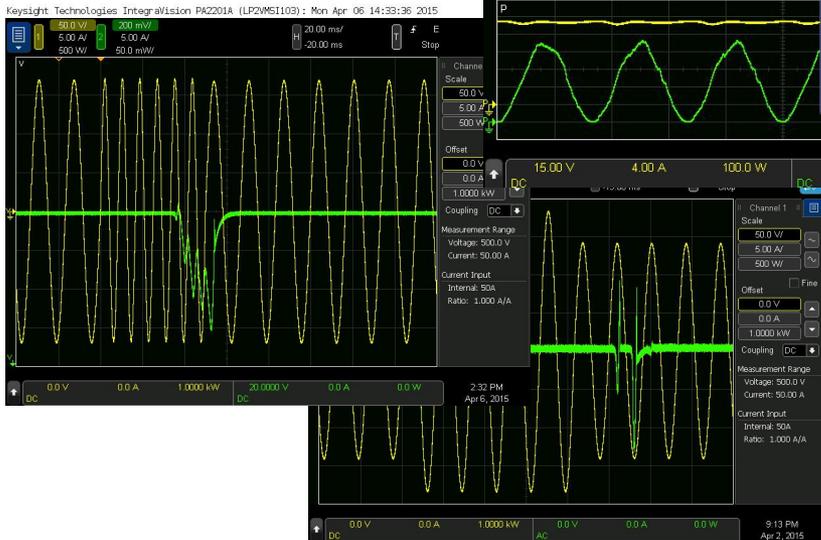
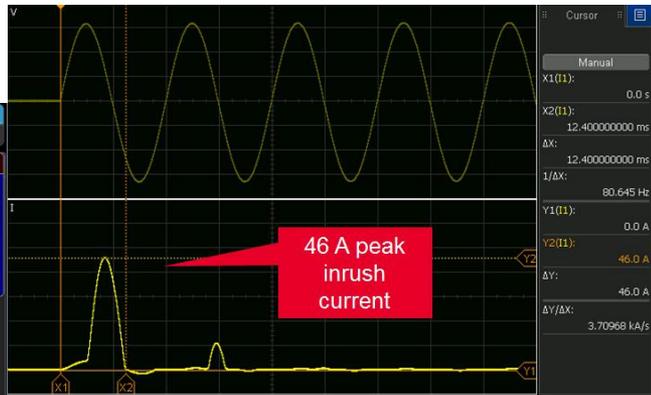
PA2200实现AC-DC完整性能的测试



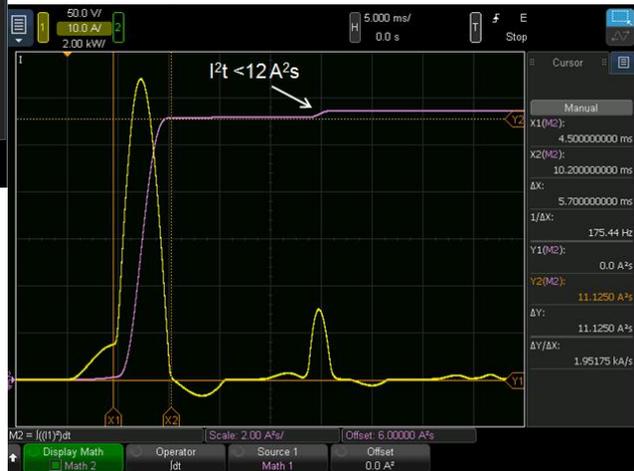
3 谐波失真分析



1 功率及效率

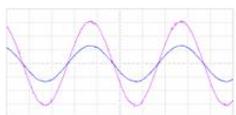


2 AC频率/幅度变化对DC的影响

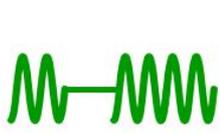


4 浪涌电流及I²t 运算对保险丝评估

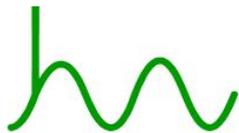
如何应对供电电压的瞬态变化？



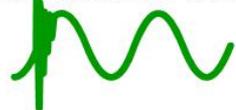
纯净稳定的正弦波



市电停电



“切换瞬变”尖峰



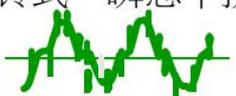
“振铃式”瞬态干扰



电压下陷



电压上涌



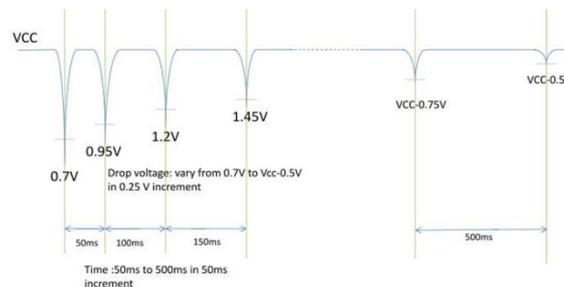
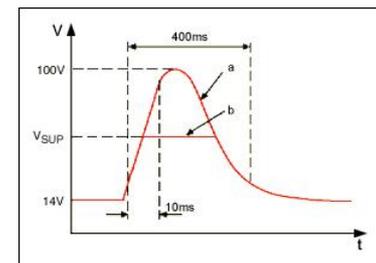
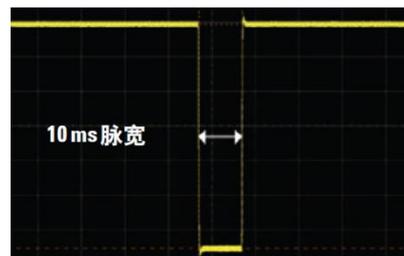
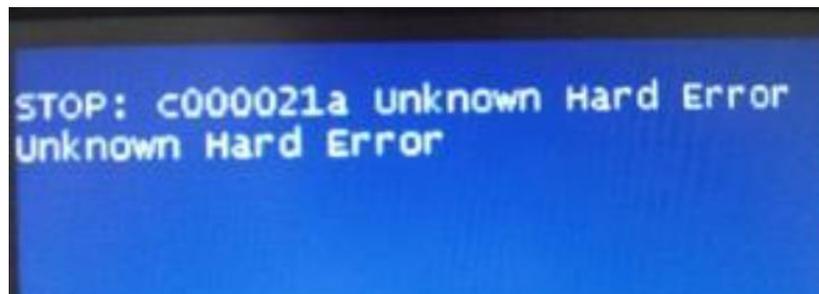
“换相失真”干扰



高频噪音干扰



频率不稳

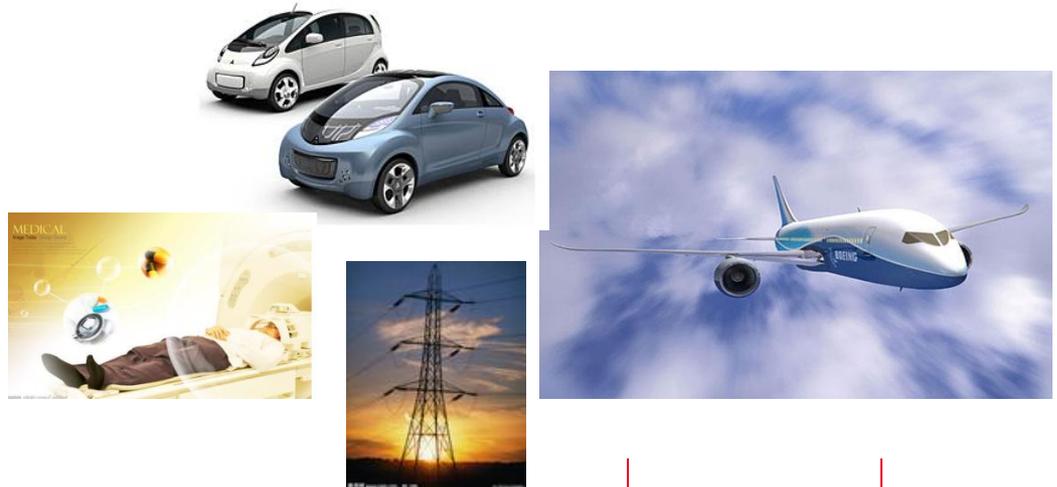


为什么及哪些产品需要进行瞬态仿真测试？

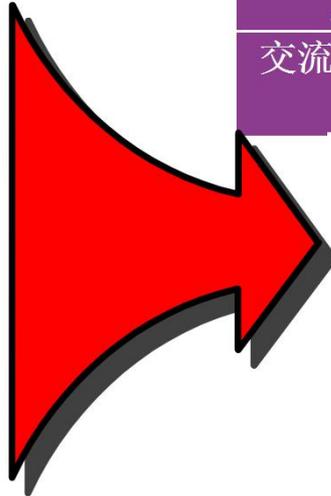
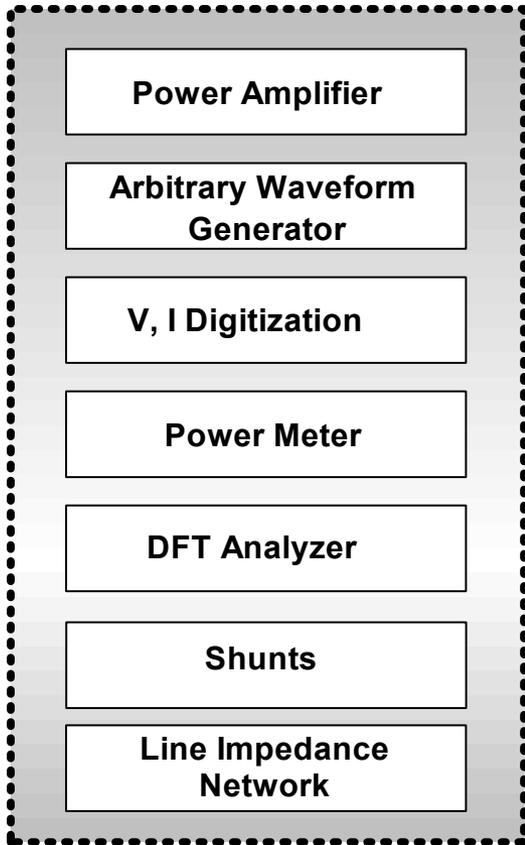
- 在实验室模拟实际现场可能会发生的电压波动，对产品进行“抗干扰”性能评估，确保产品能够在实际环境中正常工作及性能

| 等级 | 在施加骚扰期间 | 在施加骚扰之后 |
|----|------------------|----------------------------------|
| 一级 | 能执行其预先设计的所有功能 | |
| 二级 | 有一项或多项指标超出规定的偏差 | 自动恢复到正常工作范围内 |
| 三级 | 不执行其预先设计的一项或多项功能 | 能自动恢复到正常操作状态 |
| 四级 | 不执行其预先设计的一项或多项功能 | 需要通过简单的“操作或使用”复位动作，才能自动恢复到正常操作状态 |
| 五级 | 不执行其预先设计的一项或多项功能 | 如果不修理或不替换装置或系统，则不能恢复其正常操作。 |

- 对电子电器设备工作稳定性要求较高的行业及应用，如汽车，高铁，飞机，医疗，军用设备，通信网络，数据服务中心等的关键电源及电子电器设备。



交流瞬态特性仿真的手段 - AC681X交流源分析仪



| | 6811B | 6812B | 6813B |
|----------|--|-------|--------|
| 功率 | 375VA | 750VA | 1750VA |
| 输出模式 | AC + DC | | |
| AC电压Vrms | 300V | | |
| AC 电流值 | 3.25A | 6.5A | 13A |
| AC峰值电流 | 40A | 40A | 80A |
| DC功率 | 285W | 575W | 1350W |
| DC电压 | 425V | | |
| DC电流 | 2.5A | 5.0A | 10.0A |
| AC频率 | DC: 45HZ至1KHz | | |
| 交流 总谐波失真 | 0.25%, 50/60Hz; <1.0% , 45Hz – 1KHz | | |



6811B, 6812B, 6813B

测试方案分享

- 实时、精密功耗分析以及供电瞬态模拟仿真
- 示波器应用热点问题
- 元器件、温度、电磁兼容等测试方案
- 开关电源环路响应测试方案

开关电源行业示波器的选取

1. 根据测试目的寻找待测信号的最快上升时间, t_r

2. 计算信号带宽, BW_{signal}

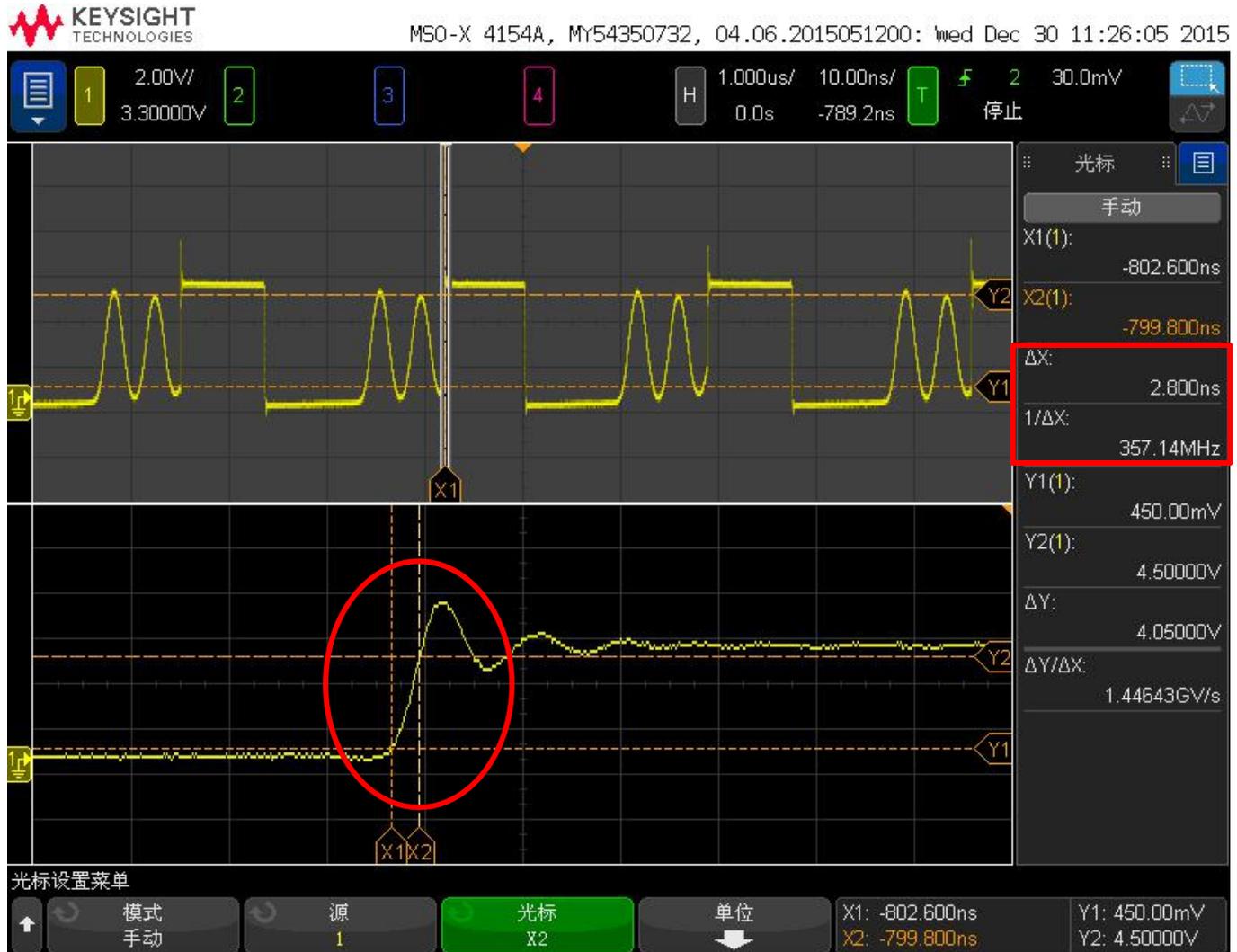
$$BW_{\text{signal}} = 0.5 / t_r \text{ (10\% to 90\%)}$$

3. 根据测试精度要求选择示波器带宽, BW_{scope}

| BW_{scope} | Measurement Error |
|----------------------------|-------------------|
| $1 * BW_{\text{signal}}$ | 20% |
| $1.3 * BW_{\text{signal}}$ | 10% |
| $1.9 * BW_{\text{signal}}$ | 3% |

4. 根据带宽计算示波器最低采样率, $SR_{\text{scope}} = 4 * BW_{\text{scope}}$

开关电源行业示波器的选取



快速查找异常信号



假如只有3000次波形每秒

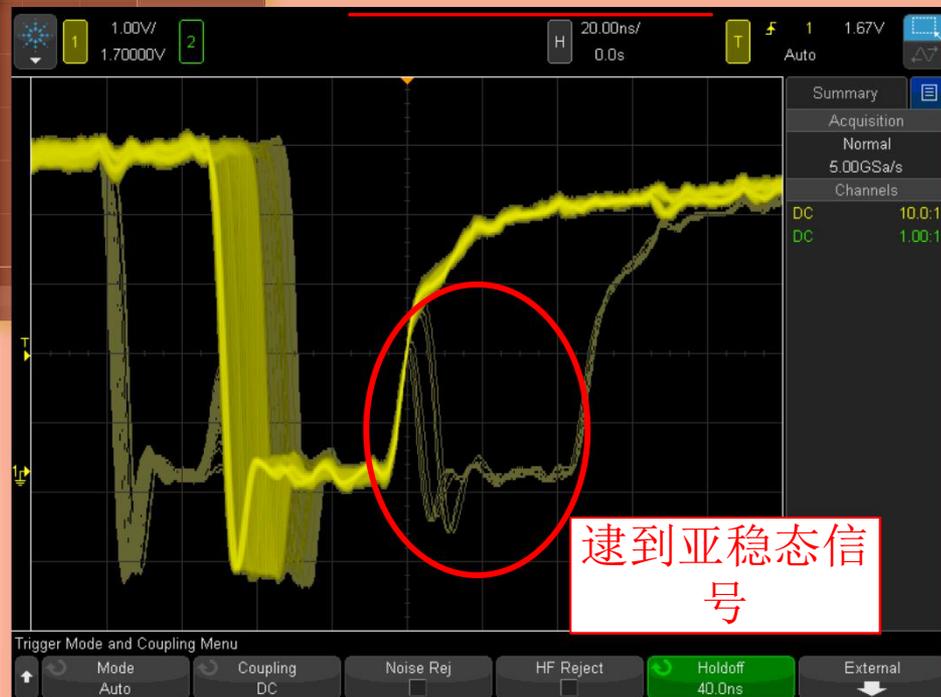
发现部分信号异常



假如只有5万5千次波形每秒，带到一个信号异常，漏失多个亚稳态信号

同样10秒的时间，不同的波形捕获率捕获或遗漏的信号异常大不同

100万次波形每秒

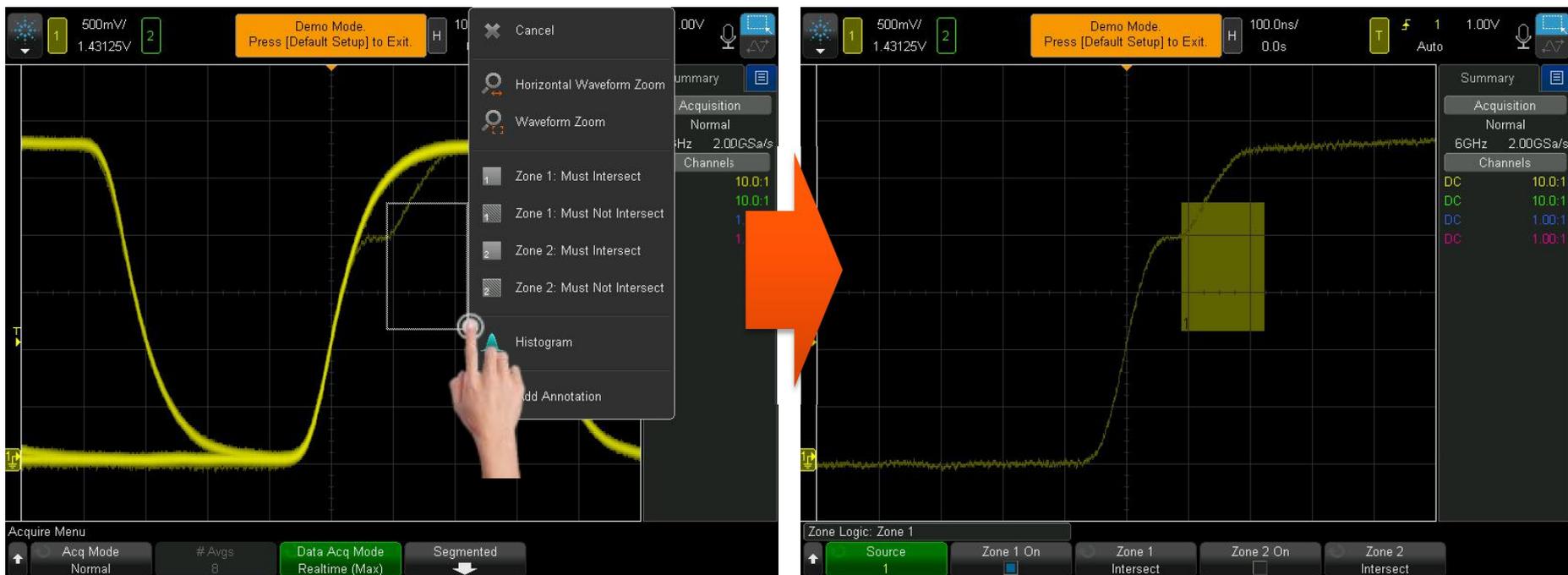


逮到亚稳态信号



是德科技(中国)有限公司
以是为本 以德致远 专注测量75载

快速隔离异常信号

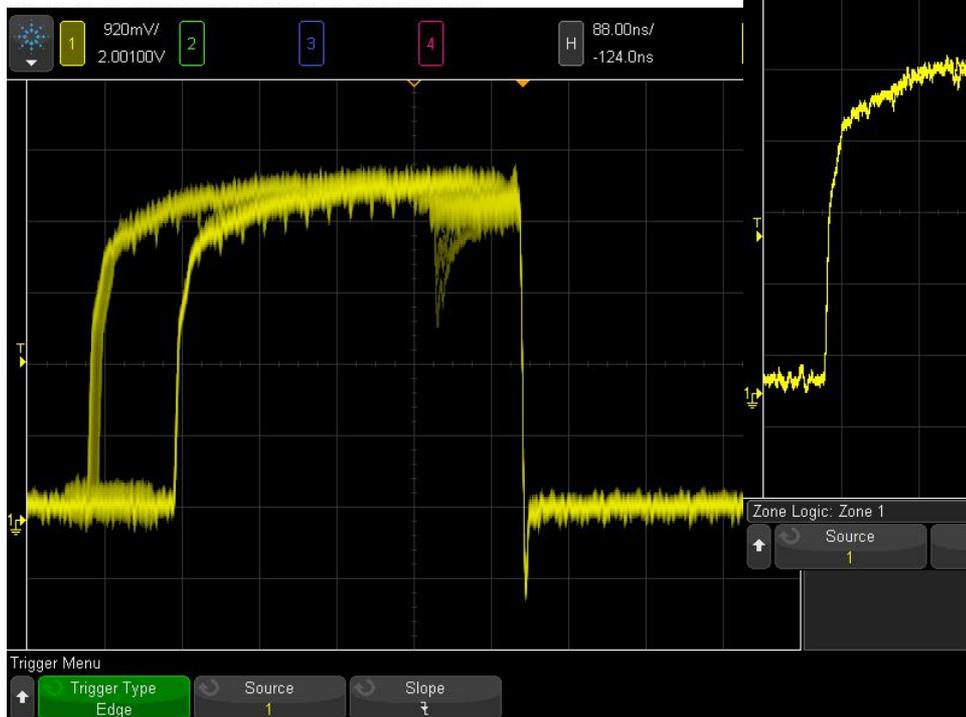


如果你能看到, InfiniiScan Zone 区域触发就能抓到!

快速隔离异常信号

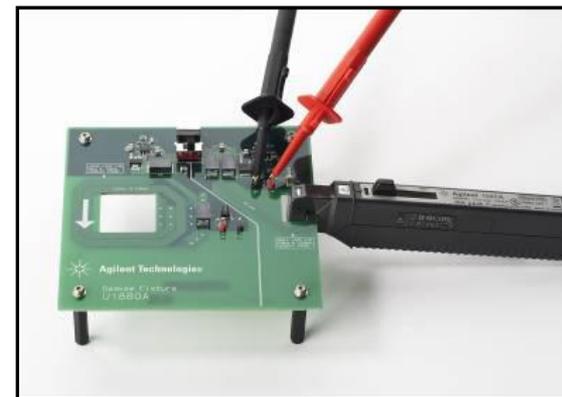
边沿+区域触发

边沿触发



如果你能看到, InfiniiScan Zone 区域触发就能抓到!

MOSFET开关损耗的精确测试

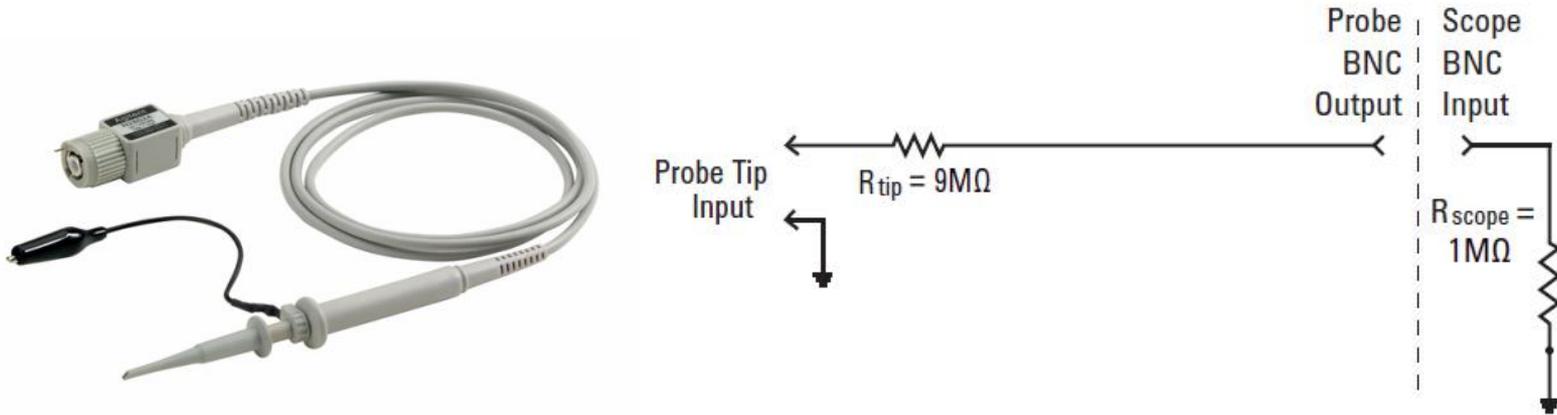


校准后!



电压纹波精确测试

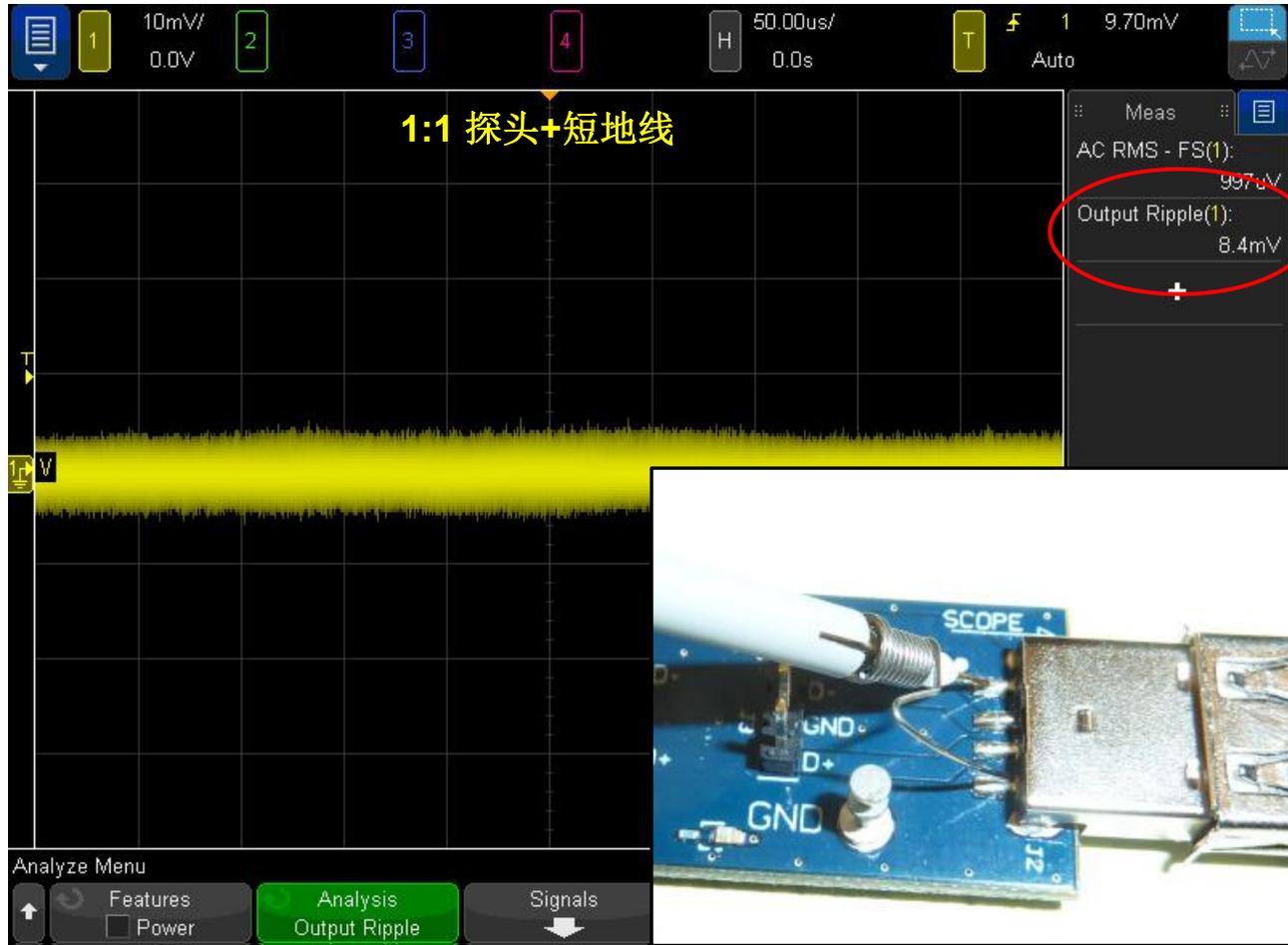
1, 探头衰减倍数



2, 地线长度



电压纹波的正确测试方法



N7020A有源纹波探头

N7020A高带宽低噪声探头:

- ❖ 高达2GHz带宽
- ❖ 低噪声，衰减比仅为1:1
- ❖ 高达+/- 24V的偏置范围
- ❖ 高输入阻抗: 50 K Ω @ DC



开关电源测试软件:

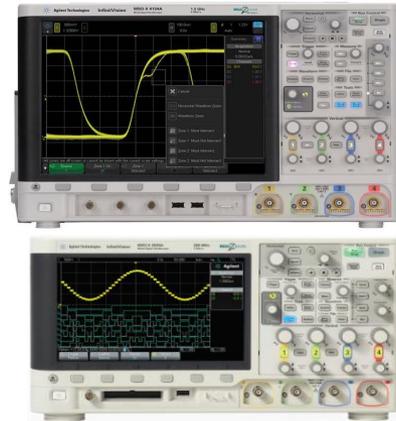
基于Keysight示波器，能对开关电源进行测量、分析并生成报告的自动测试软件

测试项目:

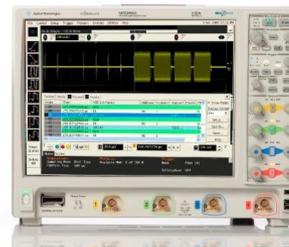
输入分析, 开关器件分析, SOA测试与模板编辑, 输出分析, 冲击电流, 调制分析, 打开/关闭时间分析, 瞬态分析

测试模式: 联机或离线
附件:

U1880A 时延校正夹具



Infiniivision Series

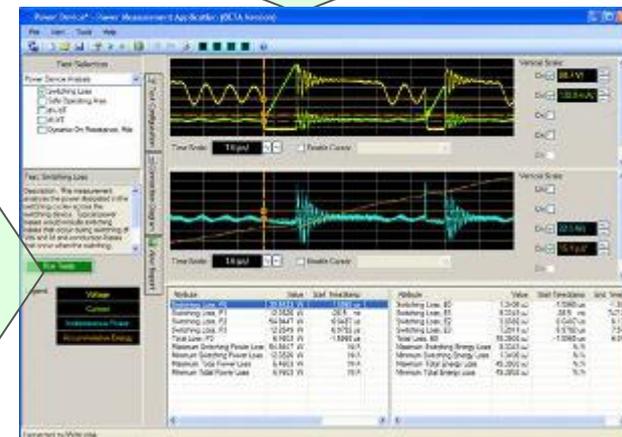


Infiniium Series

电源测量分析软件



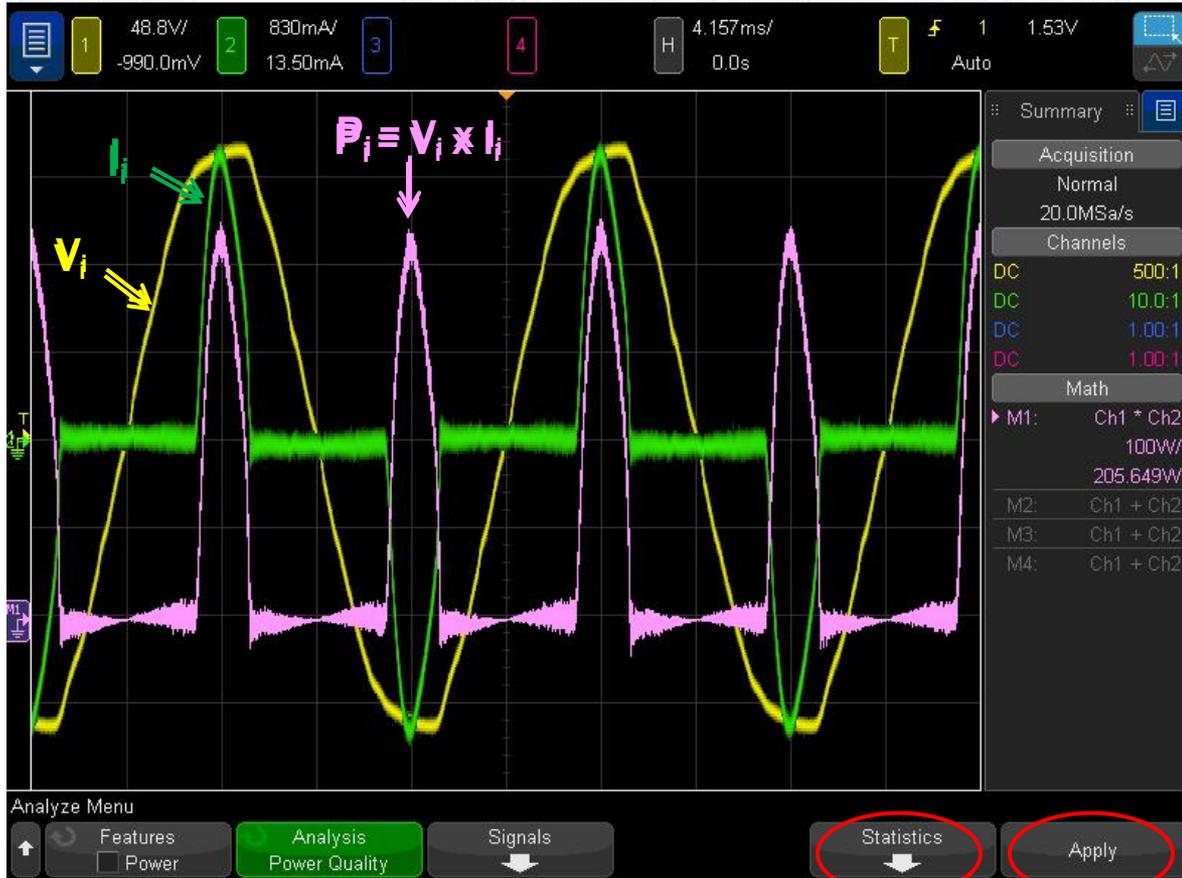
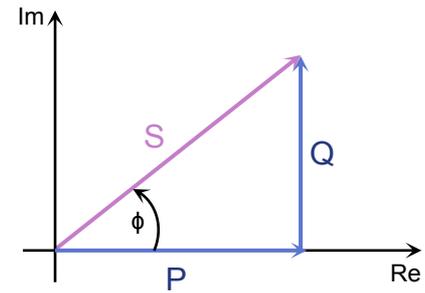
USB, LAN
or GPIB



是德科技(中国)有限公司
以是为本 以德致远 专注测量75载

Power
Measurements &
Analysis

开关电源自动测试



PF(功率因素) = P/S

P (有功功率)= P_i over N cycles

S (视在功率) = $V_{RMS} \times I_{RMS}$ over N Cycles

Q (无功功率) = S x SIN(ϕ)

CF_V (波峰因子)= V_{PK} / V_{RMS}

CF_I (波峰因子)= I_{PK} / I_{RMS}

ϕ (相位角)= ACOS(P/S)

- 电压探头: 测量240V_{RMS} 电压需要高压差分探头, 推荐N2791A, 带宽 25MHz, ± 700V.
- 电流探头: 推荐1147B 50MHz, 30Apk.

测试方案分享

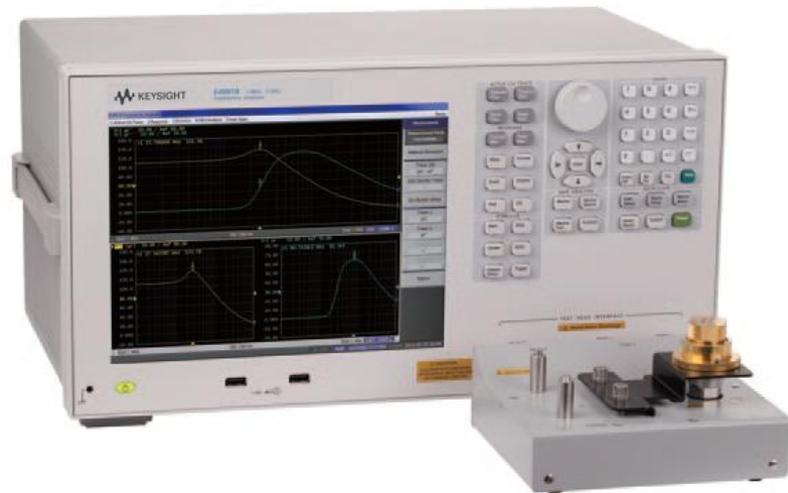
- 实时、精密功耗分析以及供电瞬态模拟仿真
- 示波器应用热点问题
- 元器件、温度、电磁兼容等测试方案
- 开关电源环路响应测试方案

磁性材料测量系统

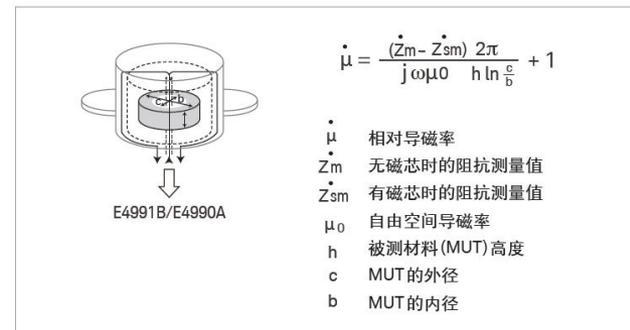
16454A——高达1GHz固体材料

主要优势

- 宽频率范围: 1 kHz 至 1 GHz
- 测量非常简单, 无需在磁芯周围缠绕线圈
- 提供两种夹具装配件, 以适应不同的MUT 尺寸
- 使用 E4991B (选件 E4991B-002 材料测量软件) 或 E4990A, 直接读取复导磁率测量结果
- 使用 E4991B 选件 E4991B-002 和E4991B-007, 可以实施从 -55°C 到+150°C 的温度特征测量



适用仪器: E4991B (选件 E4991B-002)*、E4990A 和 42942A



磁性元件测试基本仪器

| 网络分析仪 | 阻抗分析仪 | LCR 表 |
|---|---|---|
| 测量两端口或多端口器件 含源和接收机 测量器件的S 参数 有源和无源器件测试 | 全面的测量条件 <ul style="list-style-type: none">• 频率扫描、交流信号扫描、偏压扫描等 多种多样的分析功能 <ul style="list-style-type: none">• 多功能标记功能• 等效电路 图形显示 <ul style="list-style-type: none">• 测量迹线 适用于深入或多功能的器件评估 | 有限的测量条件 <ul style="list-style-type: none">• 无 或 有限的扫描 list sweep 有限的分析功能 <ul style="list-style-type: none">• 通过、不通过测试 数字显示 适用于简单测量 |



Keysight
E5072A



Keysight
E4990A



Keysight
E4980AL/E4980A/E4982A

温度测试方案

数采开关单元

多样的信号种类（电压，电流，温度，阻抗，频率等）
多样的信号范围（**uV to 100V, uA to 3A, etc**）
足够的速度，精确度和解析度
免费的数采软件，建议的控制模式

适用于主要元器件的测试

热成像仪

精细分辨能力
热图记录存储
易用的报告生成工具

适用于贴片元器件温度检测以及恶劣温度点查找



34972
数采单元



U5855A
热像仪



EMI预兼容配置及故障排查

EMI通过/失败预测 试

传导测试



N9322C 6合1频谱仪
9 kHz – 7 GHz
EMC选项



LISN人工电源
网络



限幅器

辐射测试



N9322C 6合1频谱仪
9 kHz – 7 GHz
EMC选项



天线



EMI故障排查

频域仪器



N9322C 或
EMC选项



示波器



N9311X-100
近场探头

时域仪器



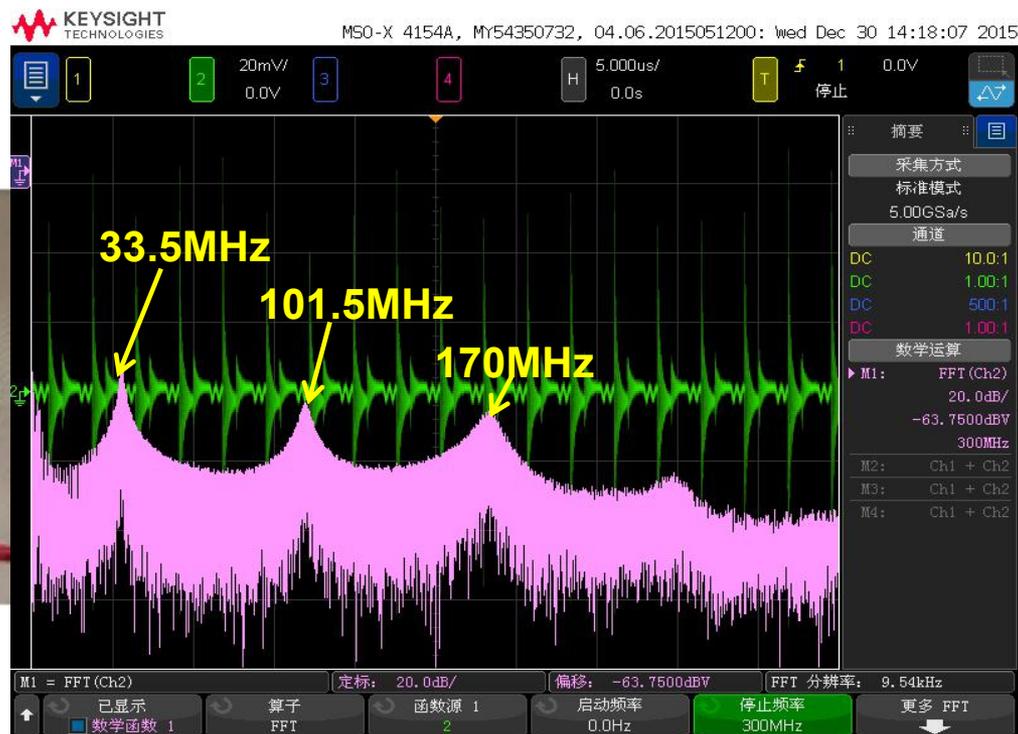
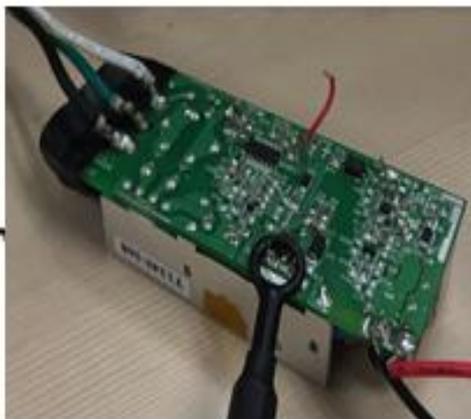
3000T X系列示波器



接触式探头

EMI 预兼容配置及故障排查

基于示波器FFT功能或频谱仪进行EMI初步调试，确定噪声源，以经济且高效的手段解决EMI问题

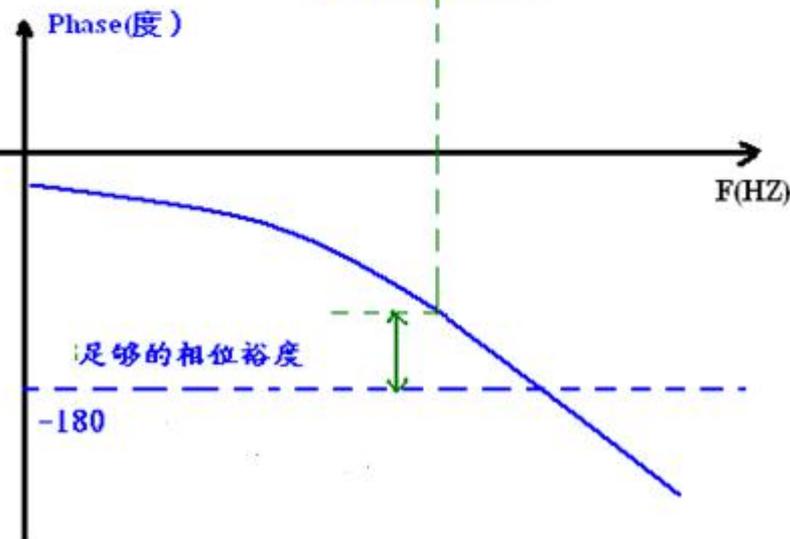
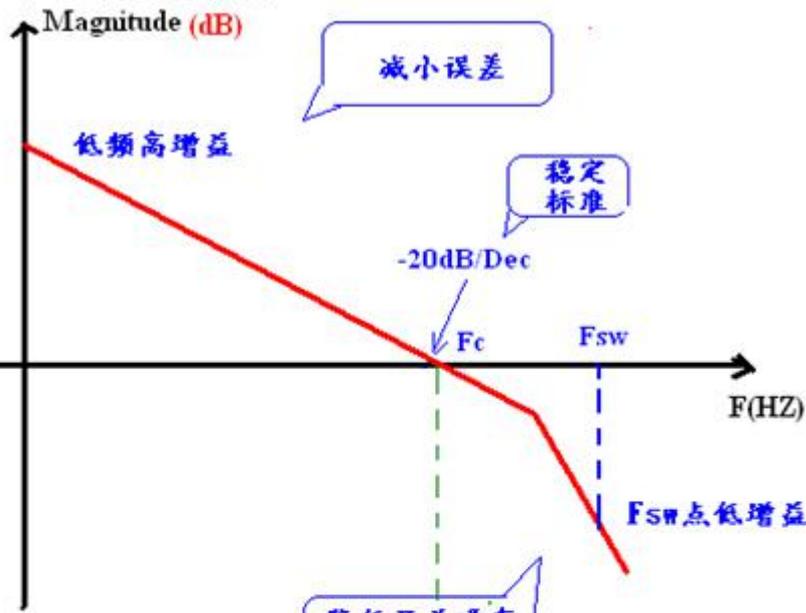


测试方案分享

- 实时、精密功耗分析以及供电瞬态模拟仿真
- 示波器应用热点问题
- 元器件、温度、电磁兼容等测试方案
- 开关电源环路响应测试方案

环路稳定性测试与分析

环路增益波特图



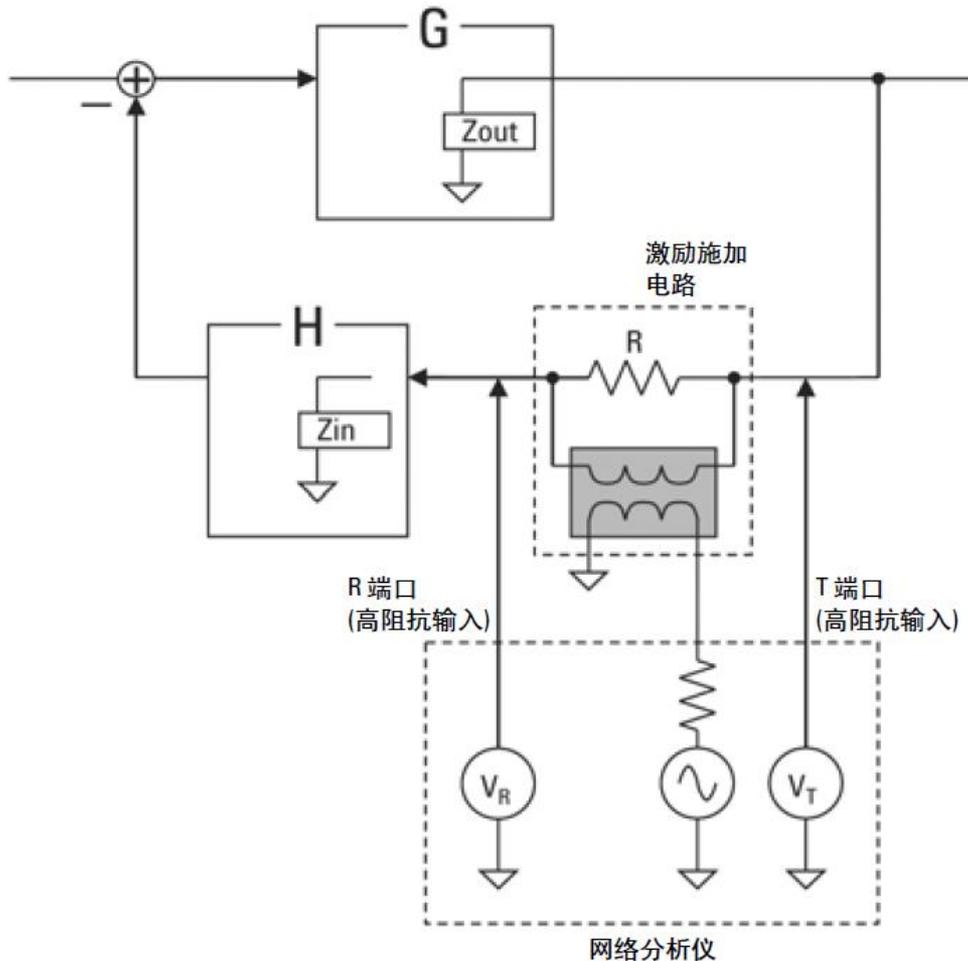
稳定系统的条件:

- F_c 小于 $0.5 \cdot F_{sw}$ (推荐值为 $5\% \sim 20\% F_{sw}$)
- 相位裕度大于 45° (在 F_c 之前的所有频率点)

较好的系统:

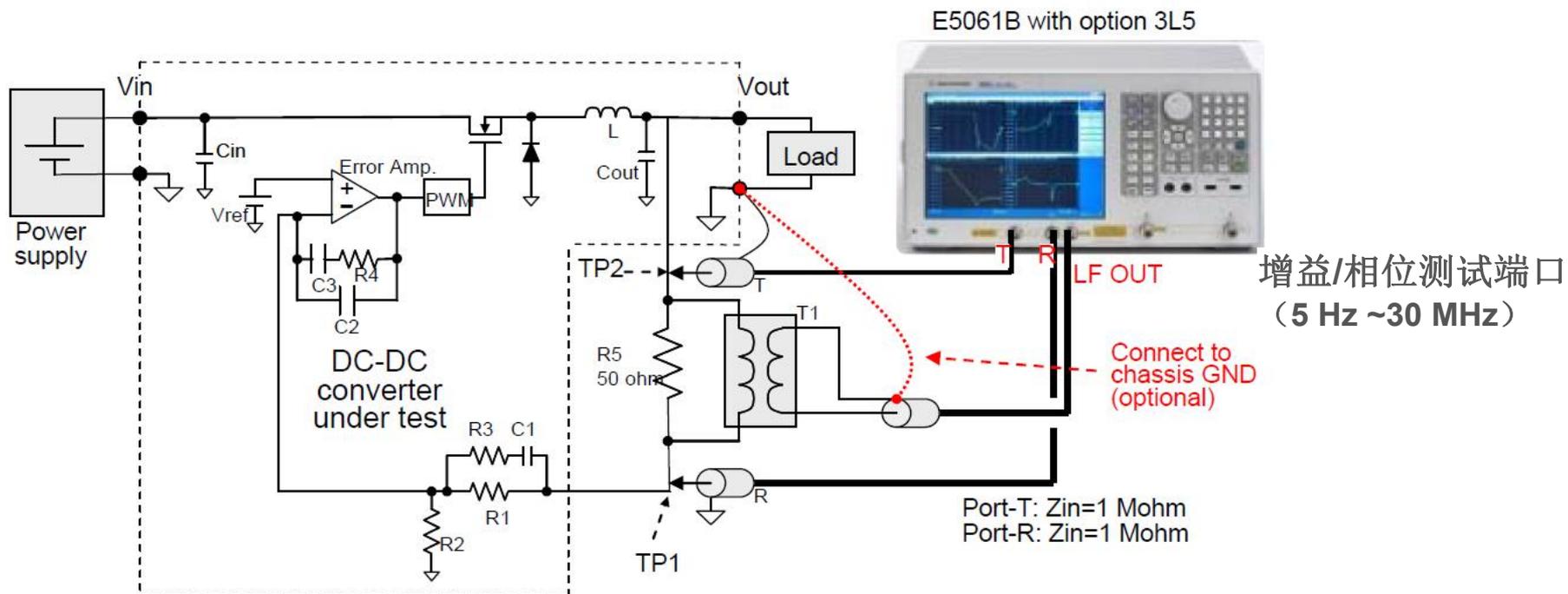
- 比较高的 F_c , 提高放大器的响应速度
- 合适的相位裕度 ($45^\circ \sim 80^\circ$)
- 在 F_{sw} 时有足够的增益衰减, 降低开关噪声

DC-DC环路增益测量方法

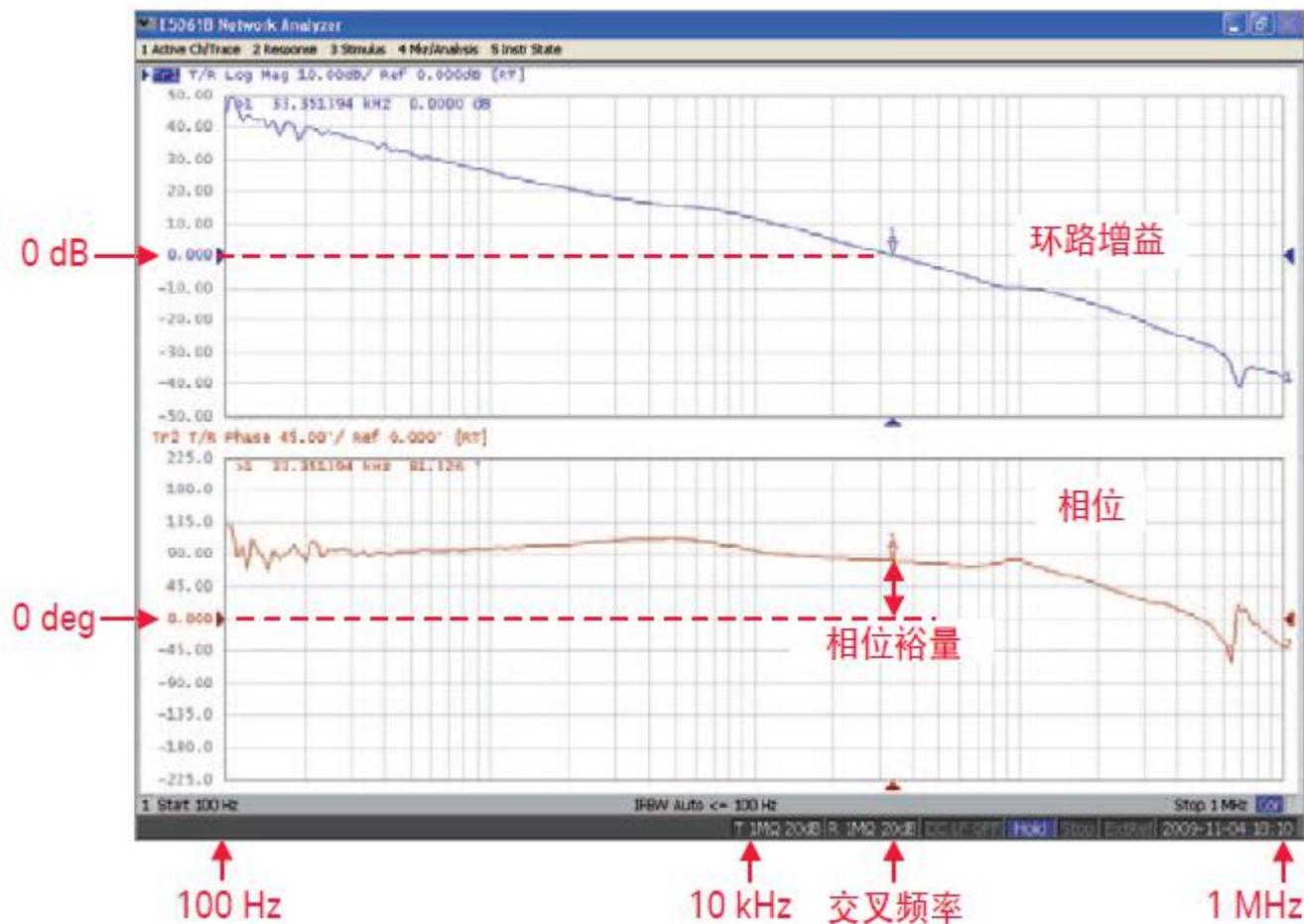


- ❖ 通过把激励信号加在满足 $Z_{in} \gg Z_{out}$ 的点上，并让电阻 R 满足 $Z_{in} \gg R \gg Z_{out}$ 的条件，我们就可以通过 T/R 比值的测量结果得到循环传递函数 $-GH$ 的特性，这样的测量方法不会干扰反馈环路原本的特征。
- ❖ 注入激励信号的电平不能太高，以避免反馈环路进入非线性区域。应使用高输入阻抗的探头来完成探测，这样不会影响反馈环路的工作。

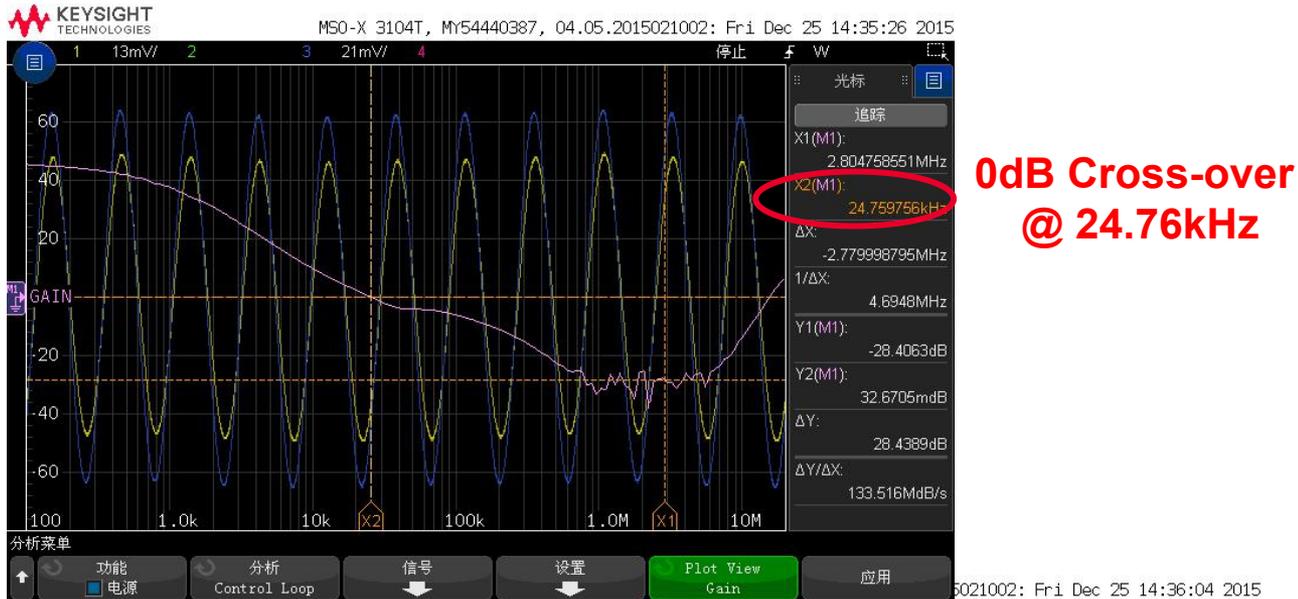
基于网络分析仪E5061B的环路增益测试方案



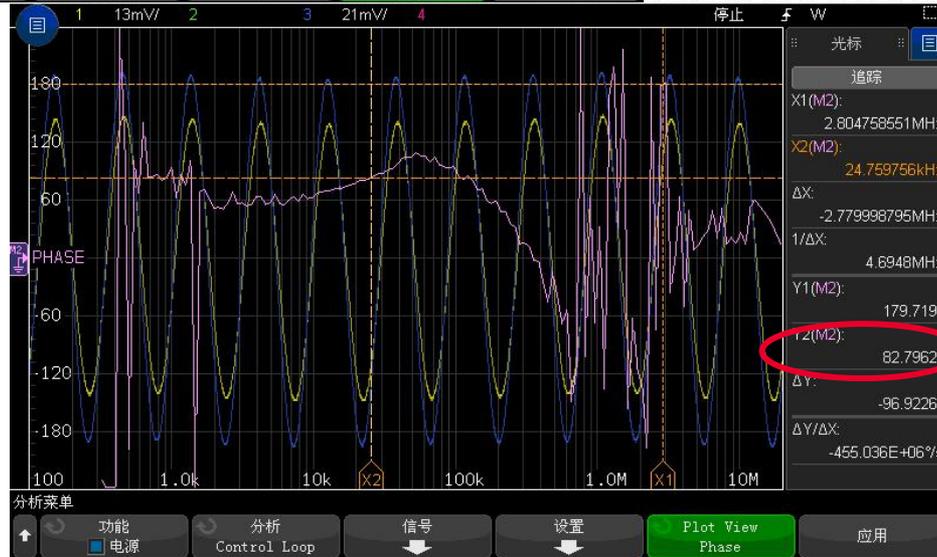
基于网络分析仪E5061B的环路增益测试方案



基于示波器的环路增益测试结果



0dB Cross-over
@ 24.76kHz



Phase margin
@ 24.76 kHz = 82.8°

BenchVue & Testflow是什么？



用户无需编程（经验）即可：

- 连接仪器
- 编辑测试序列
- 记录数据
- 获取测量结果

无需编程经验

BenchVue可视作仪器与上位机的神经网络



示波器

电源

频谱仪

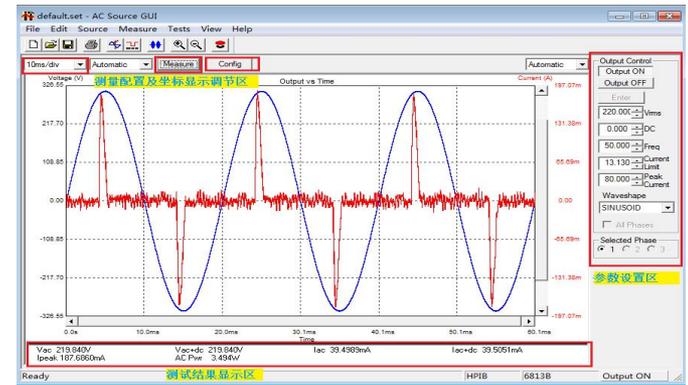
万用表,
数采

支持多种
Keysight
产品



是德科技（中国）有限公司
以是为本 以德致远 专注测量75载

构建灵活、高效的电源测试平台——软硬结合



AC681X交流电源分析仪软件

BENCHVUE 软件

- 支持电源，负载，示波器，数据采集仪等多种设备
- 内置数据记录功能，可实现各种参数的采集
- 测试流程编辑功能，无需软件编程基础，工程师可快速实现多态仪表程式化工作和数据采集，完成特定的测试任务。



14585A connected to an N7954A

14585A软件

用于电源分析仪/先进电源系统



是德科技（中国）有限公司
以是为本 以德致远 专注测量75载

联系是德科技

了解是德科技更多信息，请访问是德科技公司网站：

<http://www.keysight.com.cn>

或致电 是德科技 电话客服中心：

400-810-018-9

800-810-018-9

