

是德科技LED行业测试方案 讲解

朱华朋 (Roc)
示波器市场和产品经理
是德科技 (中国) 有限公司

Roc.zhu@keysight.com
18501725711



源自HP，精于Agilent，开拓于Keysight



1939–1998: 惠普时代

一家从电子测量业务起家的公司



1999-2013: 安捷伦时代

从惠普拆分，成为世界领先的测试测量公司

2013年9月宣布公司拆分



2014: 是德科技开始运行

100% 专注于电子测量领域

照明发展史



议程

- 元器件测试方案
- LED驱动电源测试方案
- 自动化测试方案
- 智能照明无线通讯测试

元器件测试方案_B1506A功率器件分析仪

➤ **全面的测试参数:**

| 分类 | 参数 |
|--------|--|
| 阈值电压 | $V_{(th)}$ 、 $V_{ge(th)}$ |
| 传输特征 | I_d - V_{gs} 、 I_c - V_{ge} 、 g_{fs} |
| 导通电阻 | R_{ds-on} 、 $V_{ce(sat)}$ |
| 栅极泄漏电流 | I_{gss} 、 I_{ges} |
| 输出泄漏电流 | I_{dss} 、 I_{ces} |
| 输出特征 | I_d - V_{ds} 、 I_c - V_{ce} |
| 击穿电压 | BV_{ds} 、 BV_{ces} |
| 栅极电荷 | Q_g 、 $Q_{g(th)}$ 、 Q_{gs} 、 Q_{gd} 、 Q_{sw} 、 Q_{sync} |
| 栅极电阻 | R_g |
| 器件电容 | C_{iss} 、 C_{oss} 、 C_{oss_eff} 、 C_{rss} 、 C_{gs} 、 C_{gd} 、 C_{ies} 、 C_{oes} 、 C_{res} |
| 切换参数 | T_d (通)、 T_d (断)、 T_r 、 T_f ；计算值。 |
| 切换损耗 | 特定频率上的驱动损耗/切换损耗 特定占空比下的传导损耗 |

➤ **宽广的测试范围:**

- 电流 1500 A
- 电压 3 kV
- -50 °C 至 +250 °C 快速热测试



元器件测试方案_B1506A功率器件分析仪

4. 执行测试

1. 设定测试条件

2. 编辑坐标范围

3. 选择测试参数

详细的测试参数

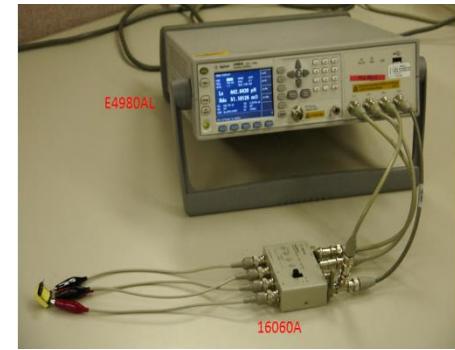
The figure displays a software interface for power device analysis. It includes several windows:

- Datasheet View:** Shows the device's electrical characteristics table with columns for Min., Act., Max., Unit, and Note. A red box highlights the "Act." column.
- Transfer Characteristics:** A graph of Drain Current (ID) vs. Drain-source voltage (VDS). A red box highlights the current scale (400 A).
- Graphs:** A graph of Drain Current (ID) vs. Gate-source voltage (VGS). A red box highlights the current scale (50 A/div.) and the voltage scale (10 V).
- Measurement Configuration:** A window for setting calibration conditions, showing drain and gate voltages.
- Parameter Analysis:** A graph of Vgs (Gate-to-Source Voltage) vs. Qg (Gate Charge). It shows two linear regions with markers C1, C2, S1, and S2. A red dashed box highlights the parameter table below.
- Derived Parameters Table:** A table listing derived parameters such as Vgs(pl), Qgs, Qgd, etc., with their values and units.

Table 1: Detailed Test Parameters

| | Min. | Act. | Max. | Unit | Note |
|---------|------|-------|------|------|------|
| BVdss | 100 | 121 | V | | |
| Vgs(th) | 2.0 | 4.7 | V | | |
| Idss | 2.0 | 4.5 | V | | |
| Igss | 1.0 | 10.0 | uA | | |
| Rds(on) | 10.0 | 100.0 | nA | | |
| Rg | 5 | 11 | mOhm | | |
| f | 0.5 | 1.0 | Ohm | | |

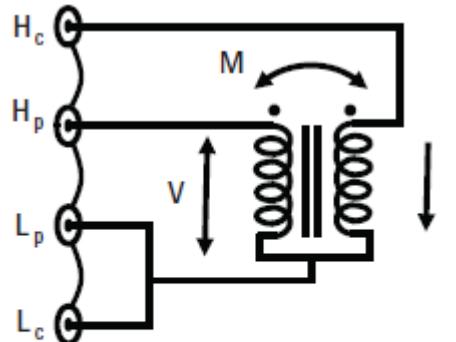
元器件测试方案_磁性元件测试



E4980AL测试的变压器参数

*主线圈和次级线圈的自感 (L_s) 和直流电阻 (R_{dc})

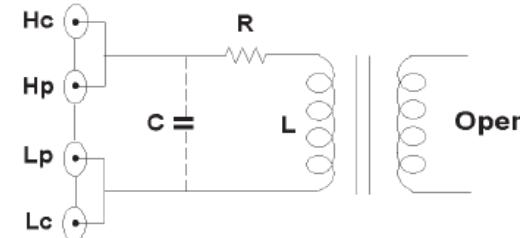
*互感(M)



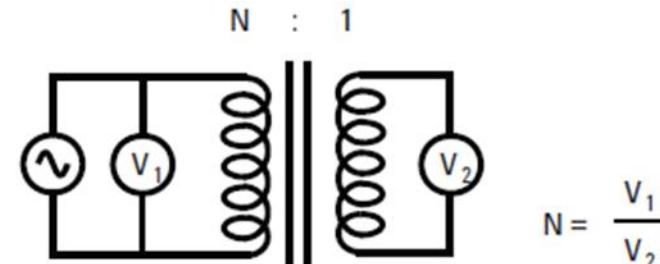
$$V = j\omega MI \Rightarrow M = \frac{V}{j\omega I}$$

*漏感

测量参数 L_s , 次级线圈短路



*匝数比(N)



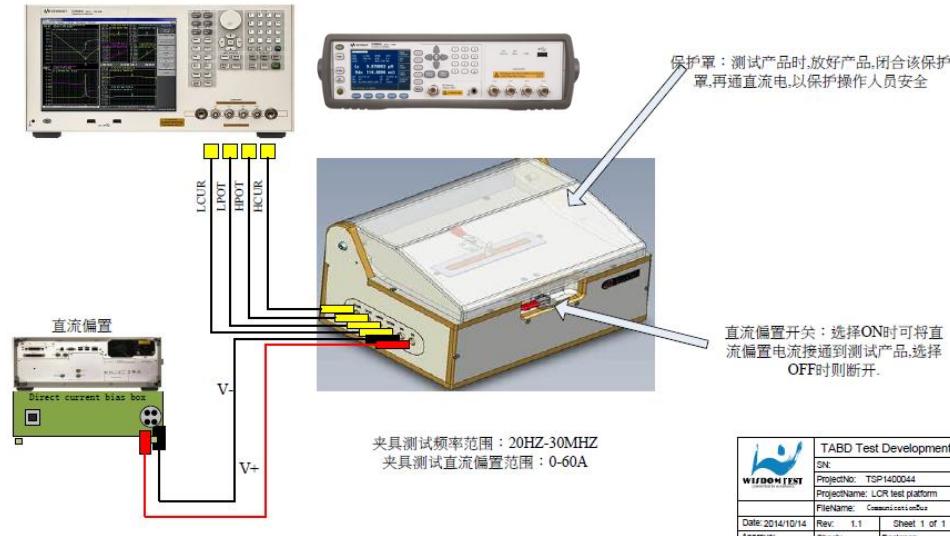
$$\frac{L_1}{L_2} = N = \text{SQRT}(L_1/L_2)$$

If the leakage inductance of DUT is low, N may be calculable with inductance values (L_1/L_2).

元器件测试方案_磁性元件测试

电感饱和电流测试

E4990A 或者E4980A/AL



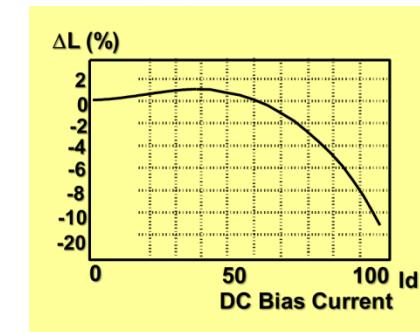
LCR/



阻抗分析仪

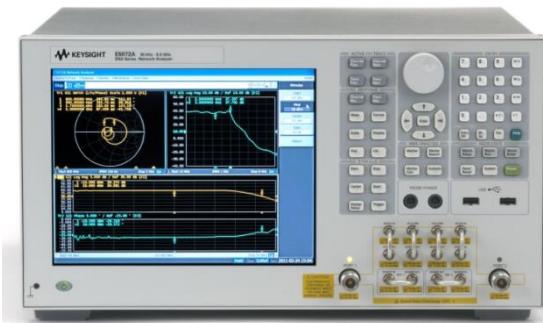


直流偏置源



元器件测试方案_磁性元件测试

| 网络分析仪 | 阻抗分析仪 | LCR 表 |
|---|--|--|
| <p>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</p> | <p>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</p> | <p>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</p> |



Keysight
E5072A

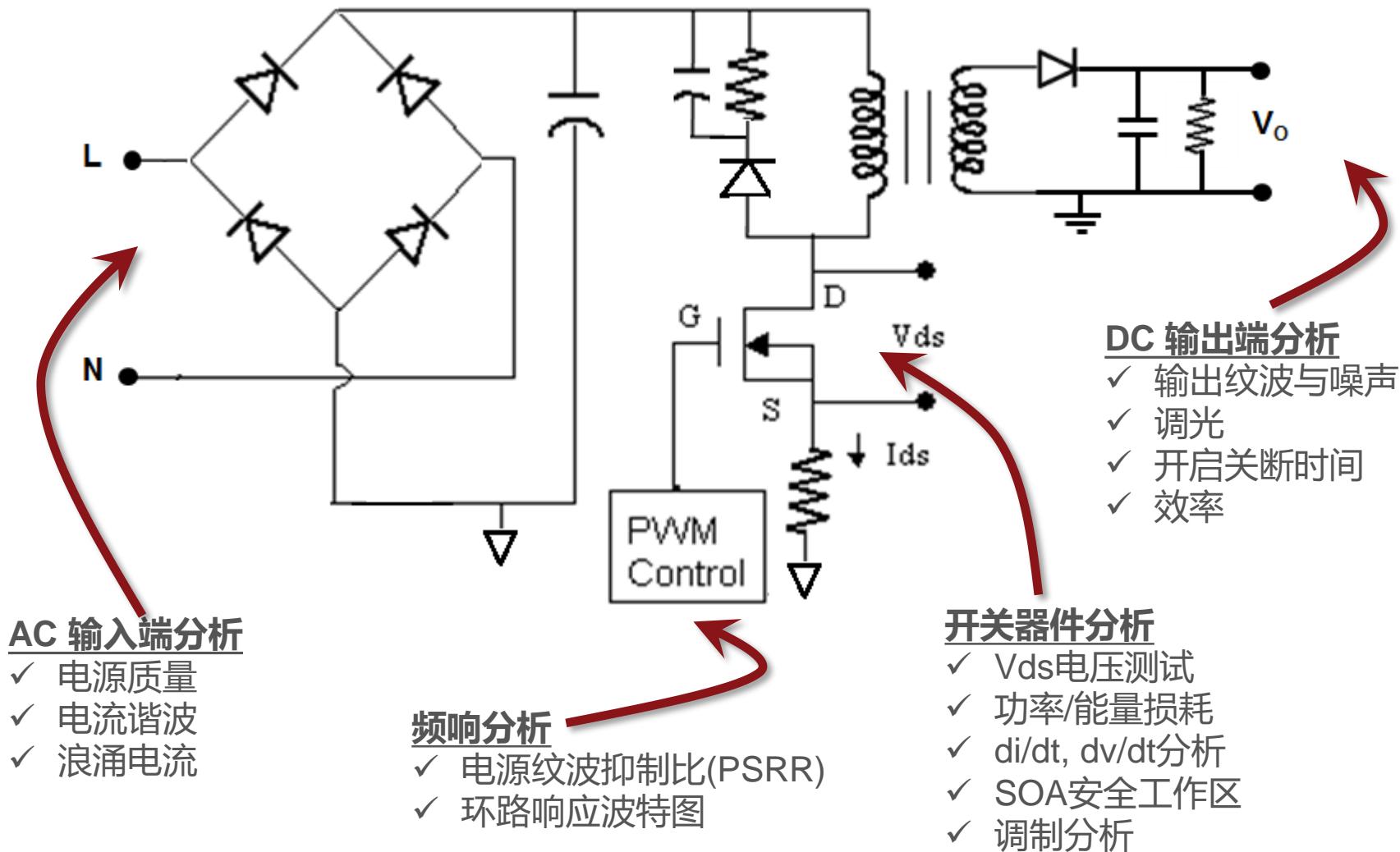


Keysight
E4990A



Keysight
E4980AL/E4980A/U1731C

LED驱动电源测试方案



LED驱动电源测试方案

交直流
电源



功率分
析仪



电子负载



示波器



元器件测试



数据记录仪



频谱仪



万用表



热成像仪



LED驱动电源测试方案_交流电源

- 可编程的电压、频率、相位、输出阻抗、失真和电流限定
- 任意波形的产生
- 内置的精密电源分析
- 全方面的保护特性 (OV, OV, OP, OT)
- 最大 1000Hz 输出
- 电压和频率联系变化的控制
- 线电源和航空电源干扰仿真
- 多种测量功能: Vrms, Irms, Ipeak, phase Freq., VA, watts, PF and THD
- 电压和电流的谐波分析
- 自动量程的直流输出

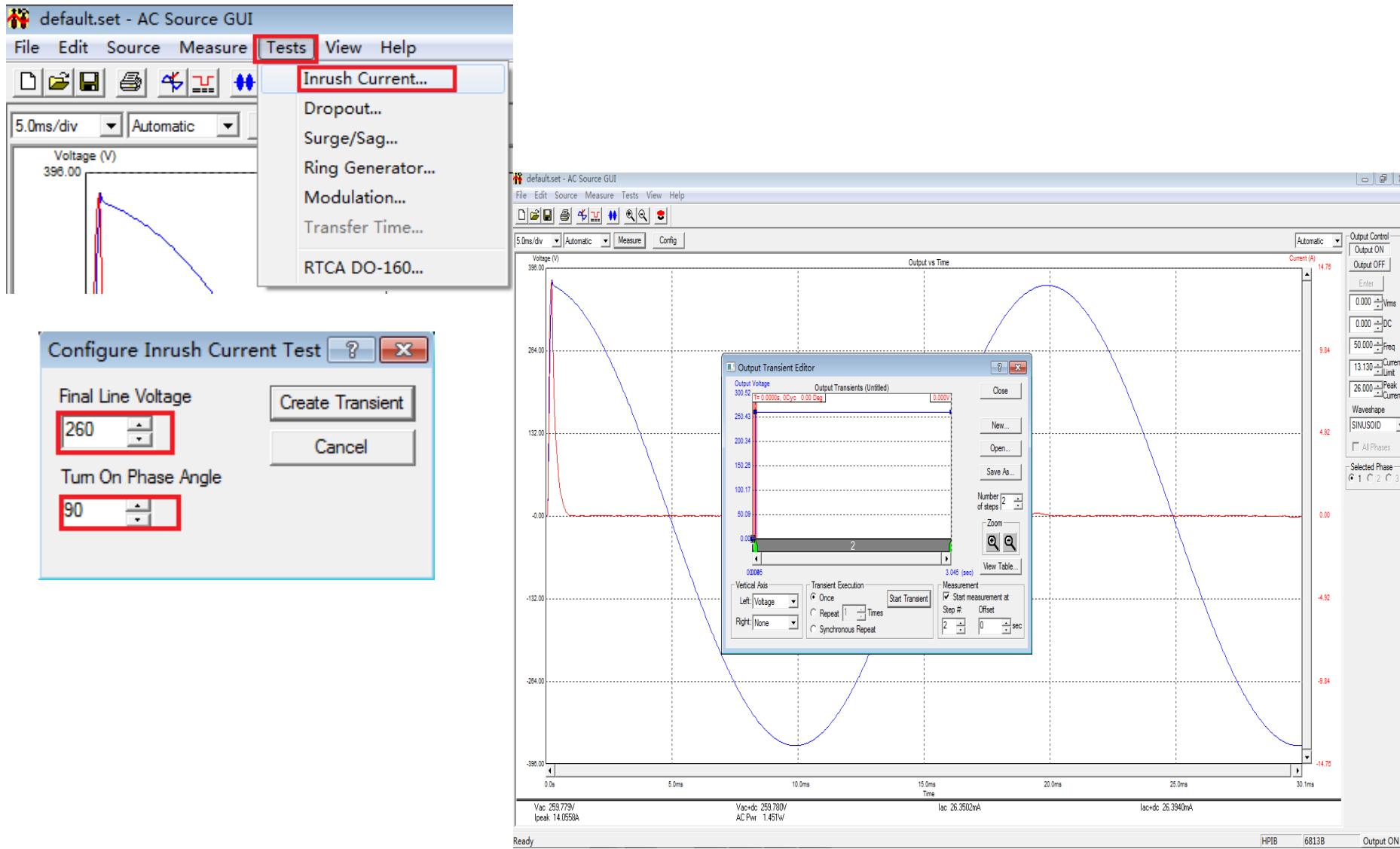


6811B 375VArms

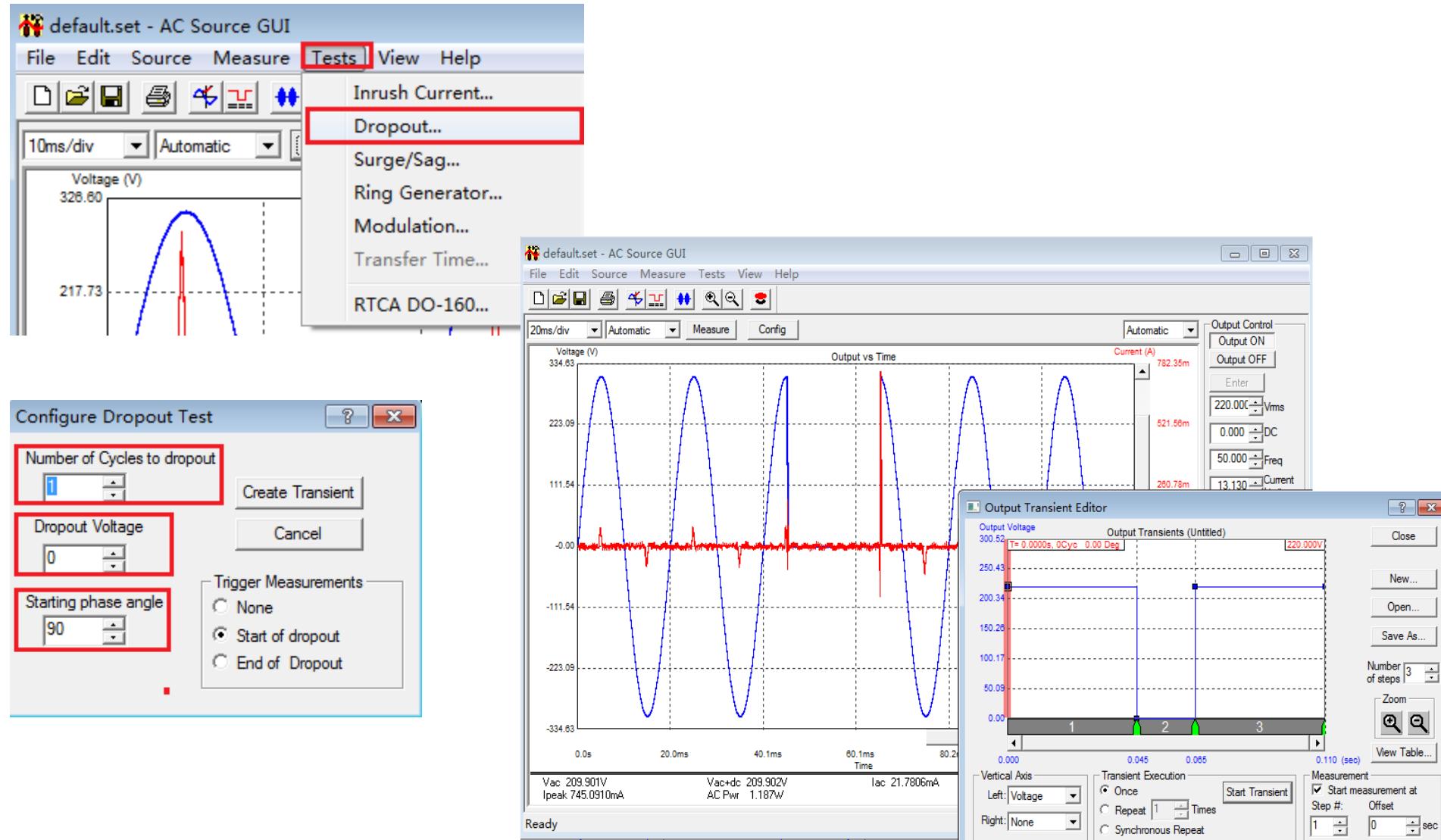
6812B 750VArms

6813B 1750VArms

LED驱动电源测试方案_Inrush Current测试

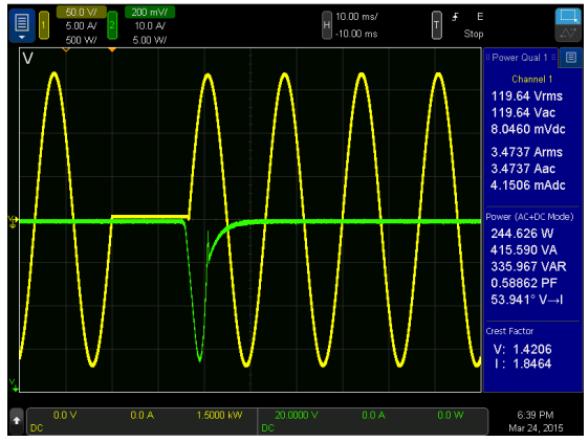
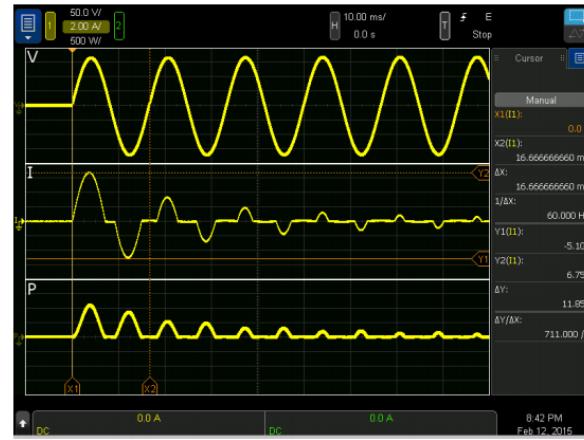
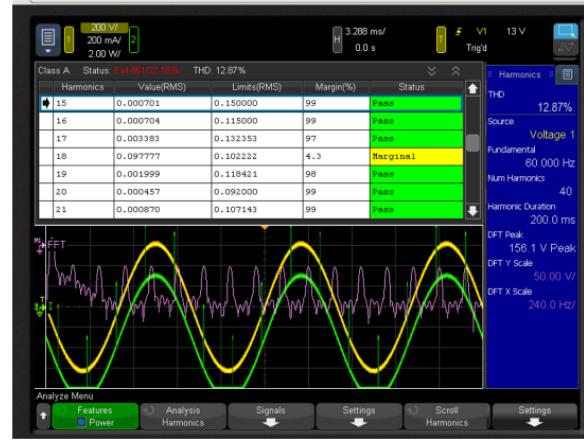
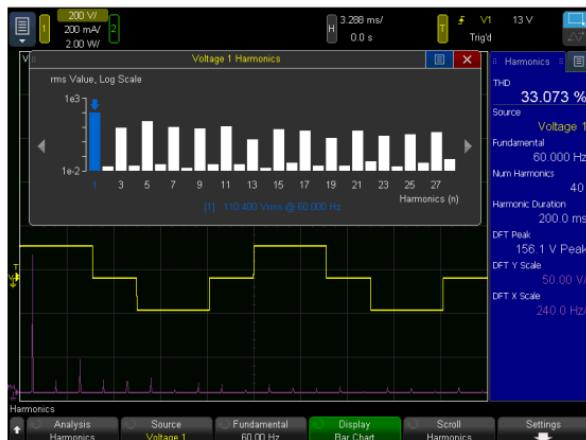
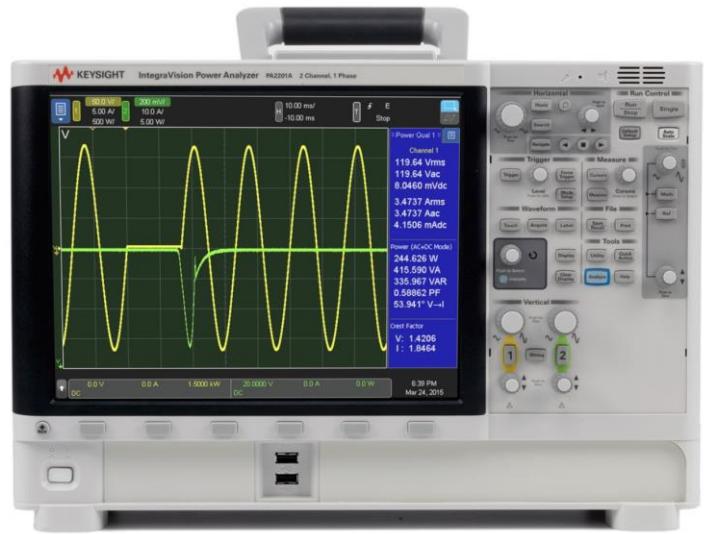


LED驱动电源测试方案_电压跌落测试



LED驱动电源测试方案 PA2200A功率分析仪

- 16bit ADC, 0.05%基本精度支持高精度效率测试
- 支持100mW级别的低功耗测试
- 谐波分析, 集成IEC6100规范, 直接判断Pass/Fail并生成报告
- 电能质量分析
- 与示波器相似的测量系统, 支持多种参数测量
- 支持Single触发, 全面监控瞬时变化, 所见即所得



LED驱动电源测试方案_ Keysight示波器家族



UXR全系列示波器 NEW

- 13G-110G全带宽10bit
- 4通道256GSa/s采样率

Infiniium 系列

- 实时带宽：超过100 GHz
- 存储：深达2G每通道
- 操作系统：Windows

InfiniiVision 系列

- 带宽: 50 MHz ~ 6 GHz
- 独特技术：直观显示信号
- 操作系统：嵌入式



U1600
20MHz
~40MHz



U924XA
USB示波器
200MHz~1GHz



1000 X系列
50 MHz
~100MHz



2000 X系列
70 MHz
~200MHz



3000 X系列
100 MHz
~1GHz



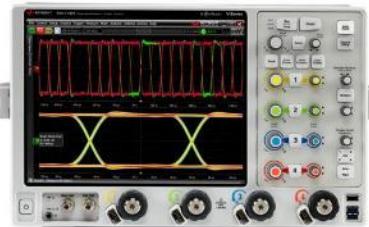
4000 X系列
200 MHz
~1.5GHz



6000 X系列
1GHz
~6GHz



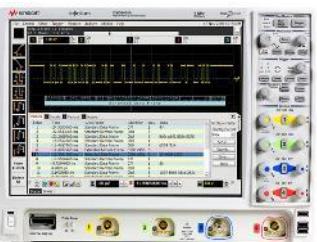
Z系列 20-63GHz



V系列 8-33GHz

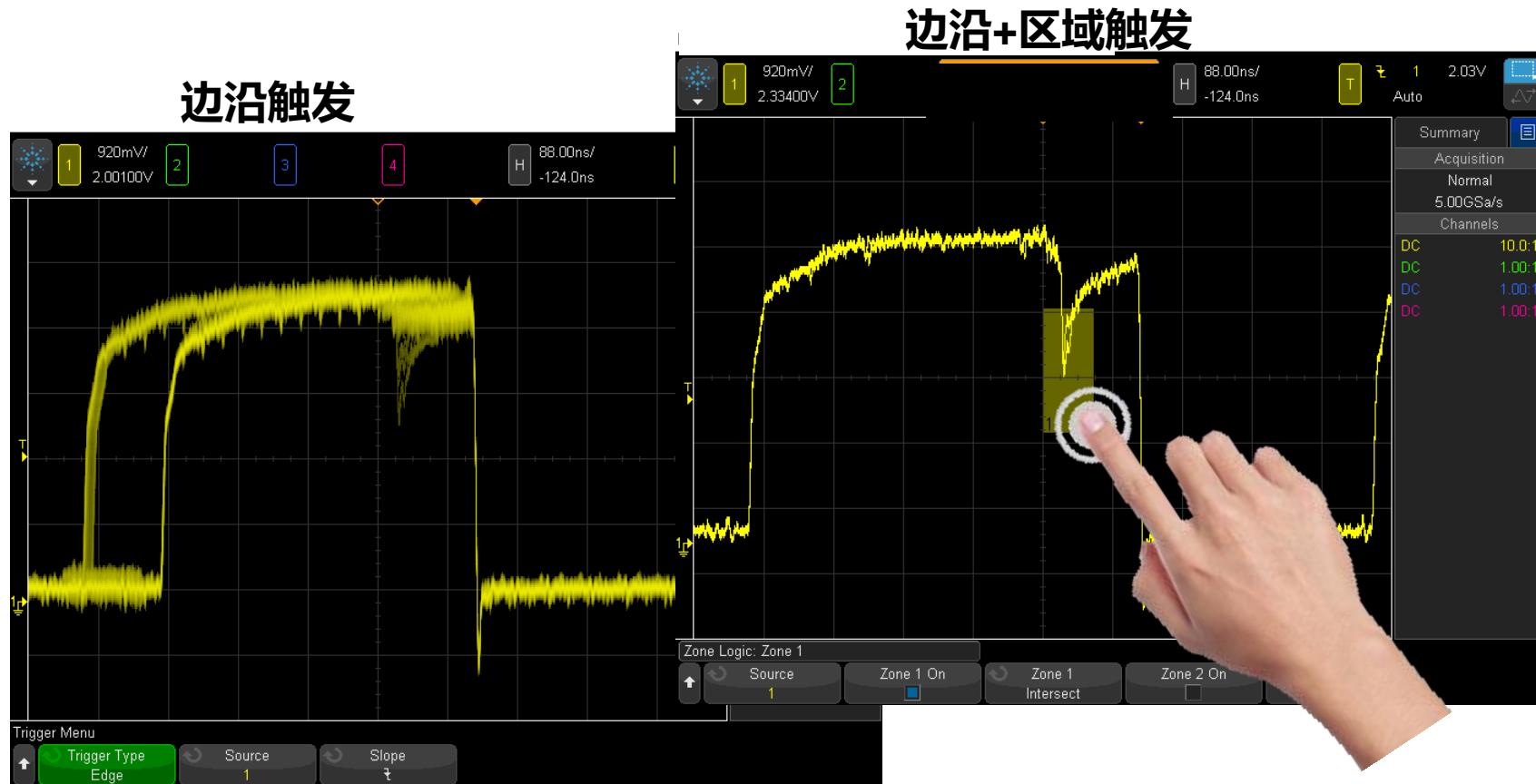


S系列 500MHz-8GHz



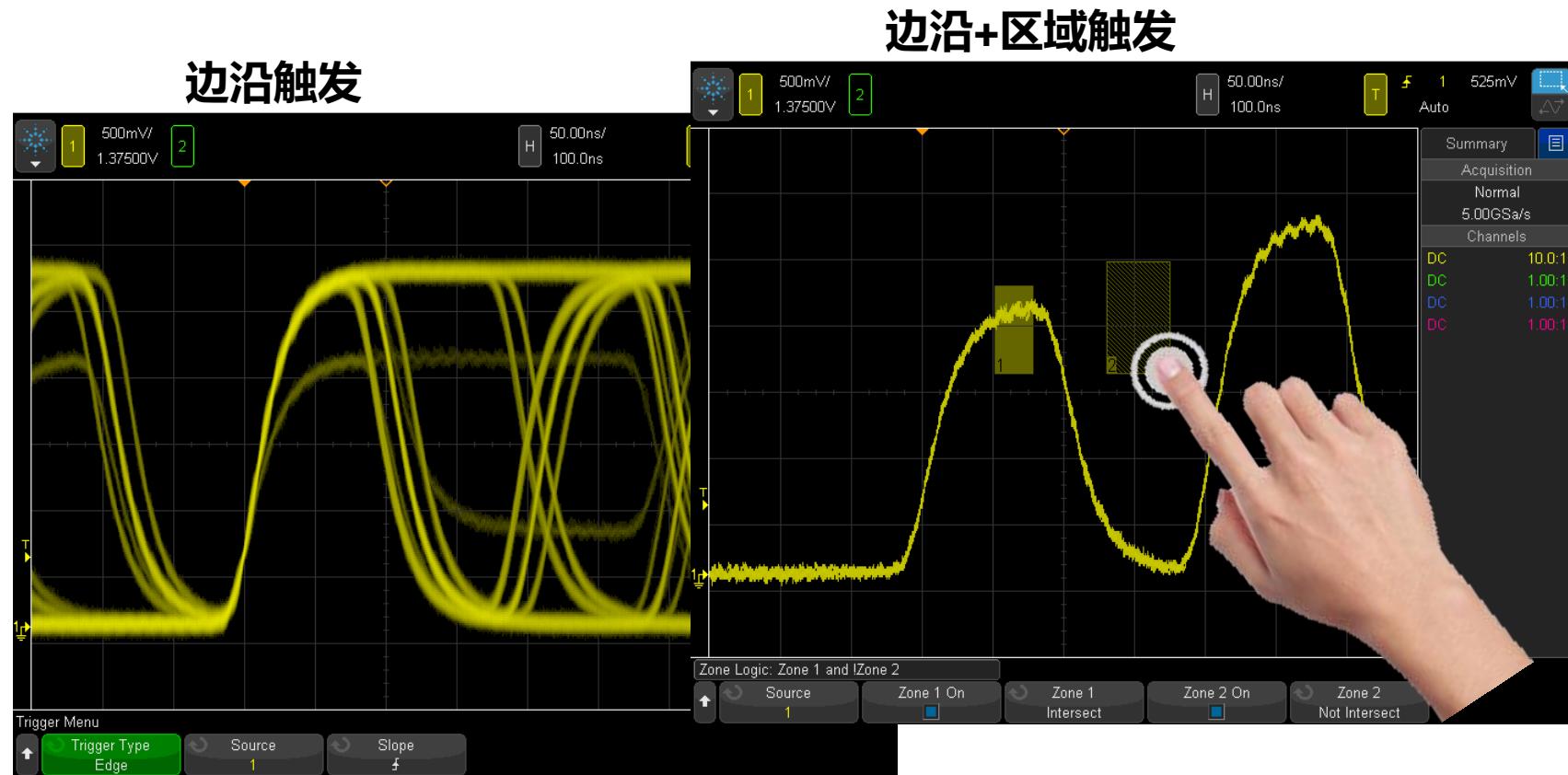
9000 系列 600MHz-4GHz

LED驱动电源测试方案_ 示波器画图触发



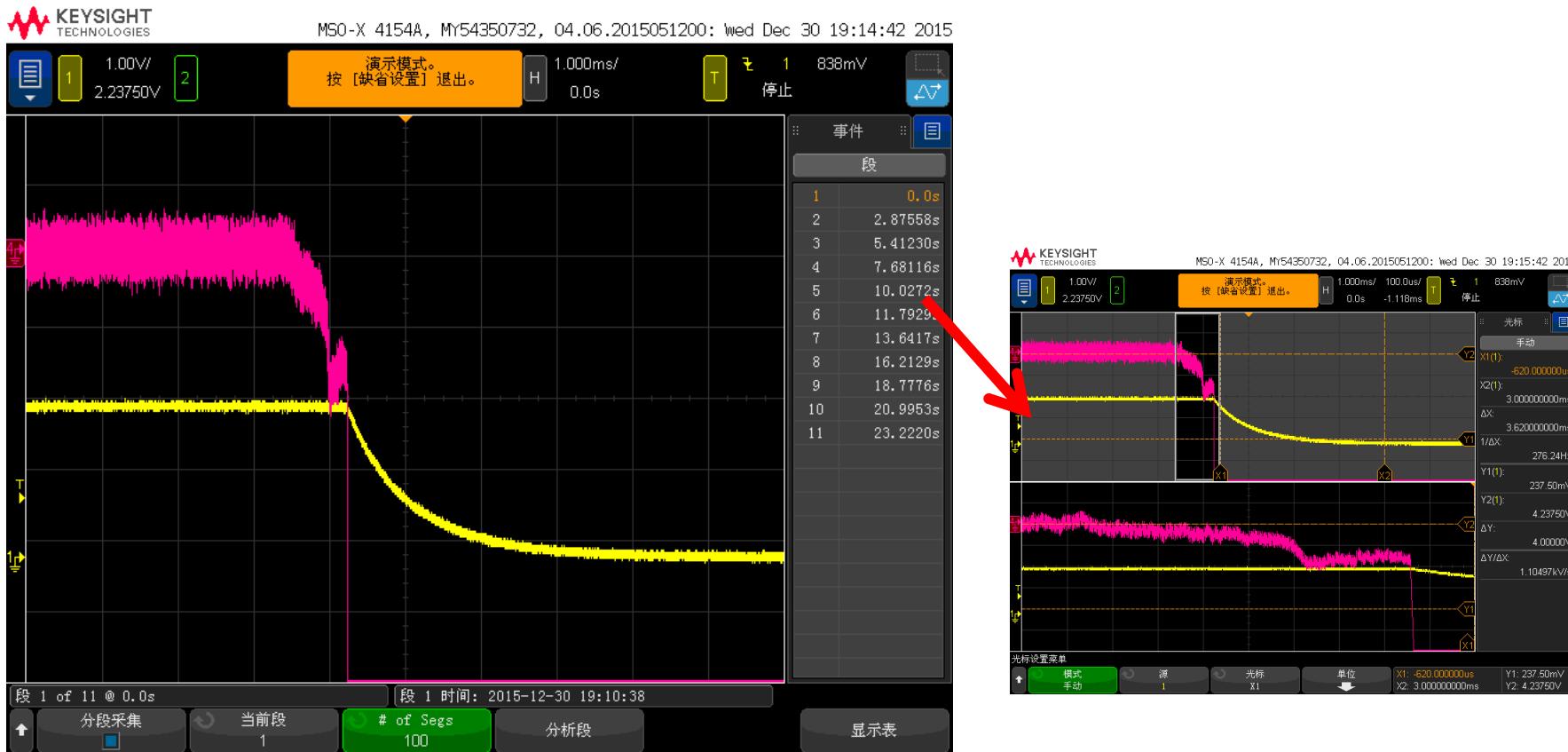
如果你能看到, InfiniiScan Zone区域触发就能抓到!

LED驱动电源测试方案_ 示波器画图触发



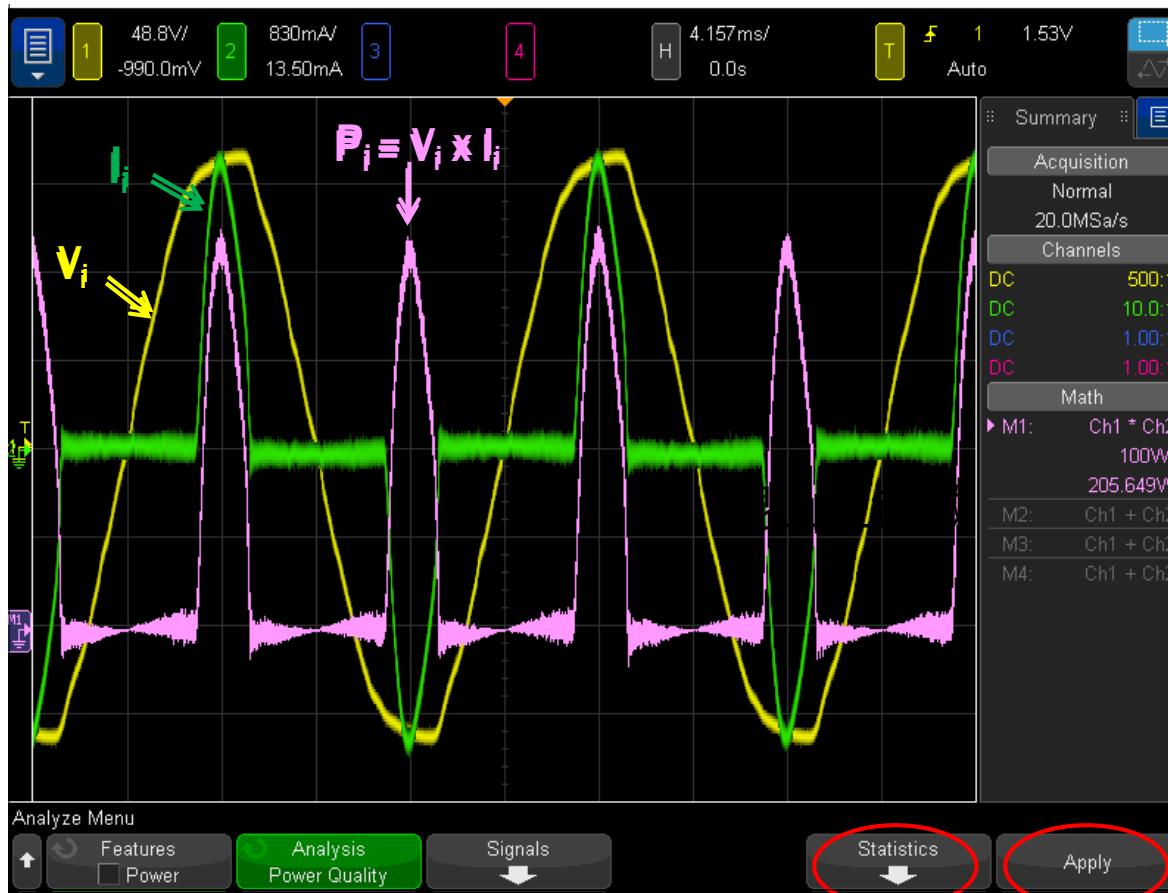
如果你能看到, InfiniiScan Zone区域触发就能抓到!

LED驱动电源测试方案_ 示波器分段存储



是德科技示波器特有的**分段存储**功能让工程师从漫长又毫无意义的等待中脱离出来。

LED驱动电源测试方案_ 示波器电源测试软件



$$PF(\text{功率因素}) = P/S$$

$$Q(\text{无功功率}) = S \times \text{SIN}(\phi)$$

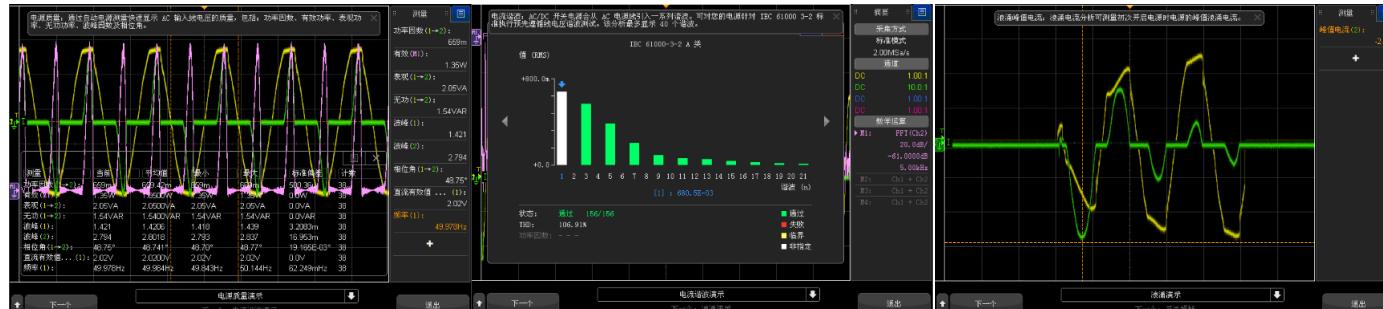
$$CF_V(\text{波峰因子}) = V_{\text{PK}} / V_{\text{RMS}}$$

$$CF_I(\text{波峰因子}) = I_{\text{PK}} / I_{\text{RMS}}$$

$$\phi(\text{相位角}) = \text{ACOS}(P/S)$$

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

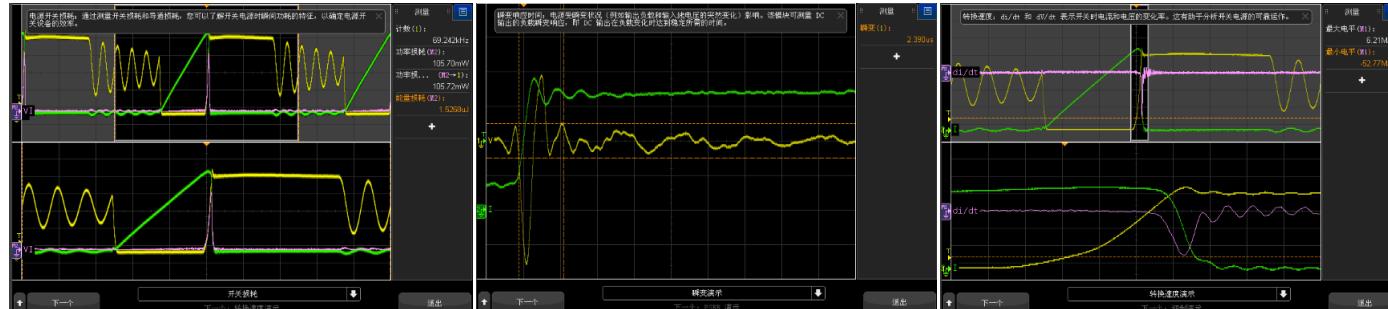
LED驱动电源测试方案_ 示波器电源测试软件



输入电源质量

电流谐波

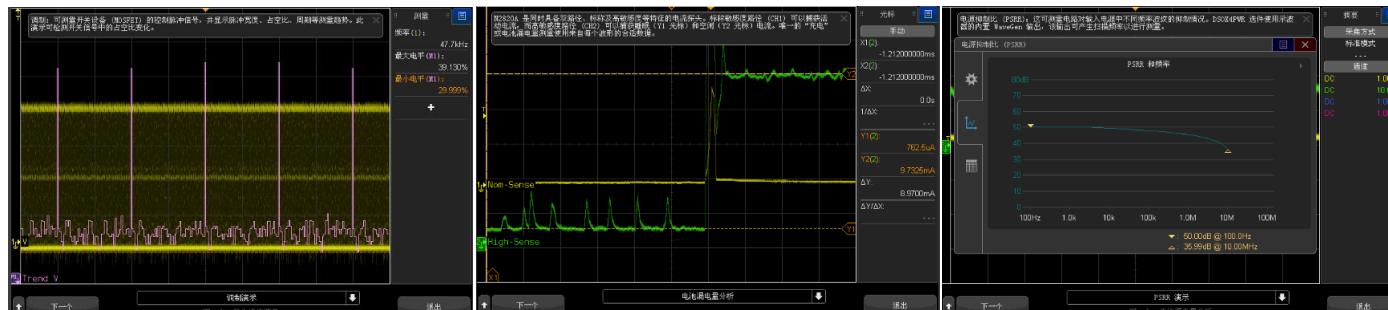
浪涌电流



开关损耗

动态响应

转换速度



调制分析

电池漏电量分析

PSRR

LED驱动电源测试方案_ 示波器电源测试软件

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

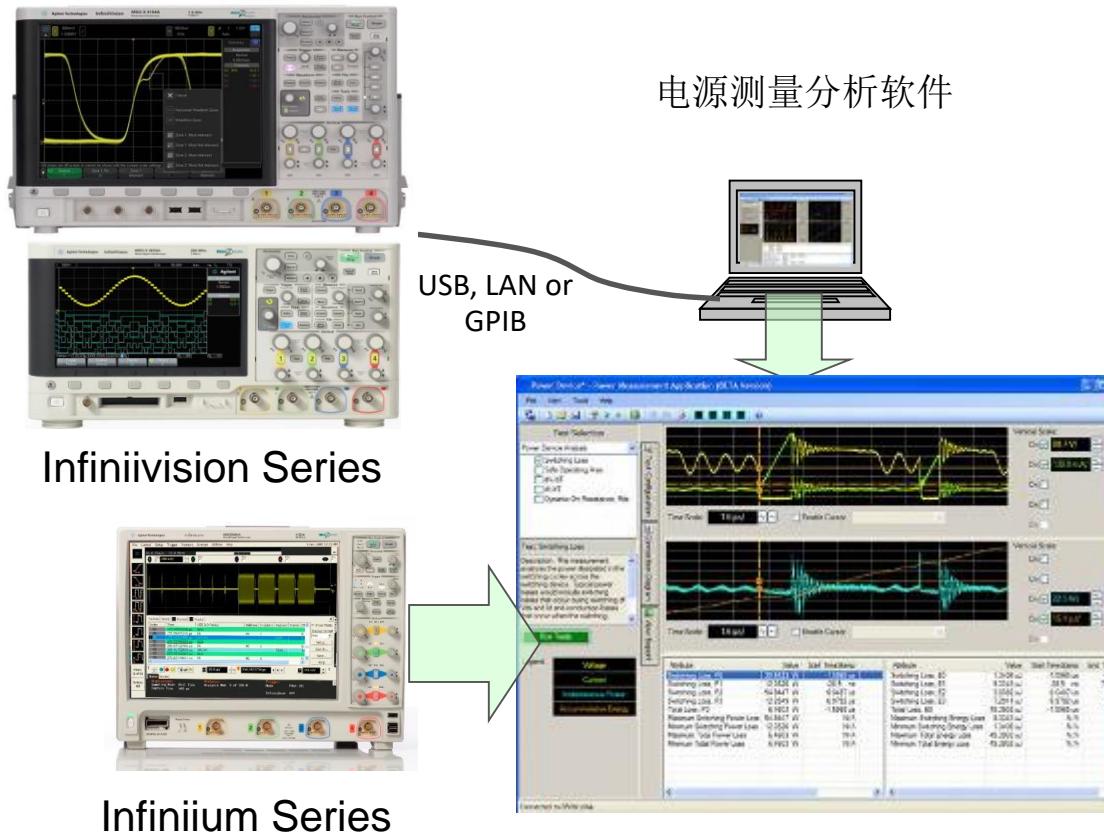
测试项目：

输入分析, 开关器件分析,
SOA测试与范本编辑, 输出分
析, 冲击电流, 调制分析, 打开
/关闭时间分析, 瞬态分析

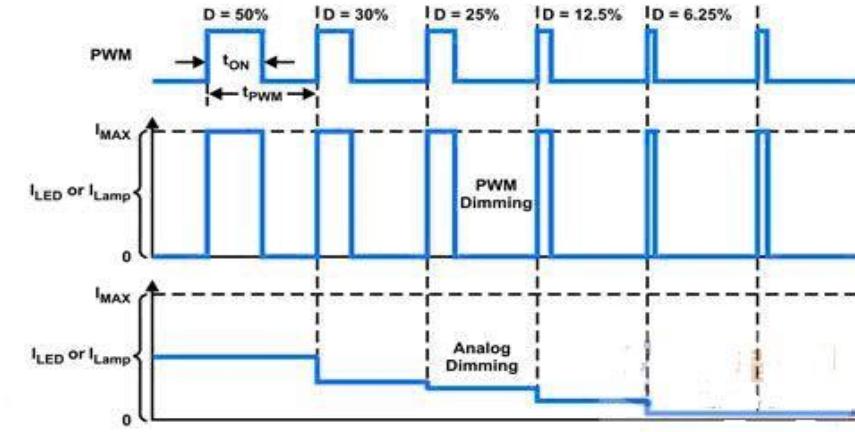
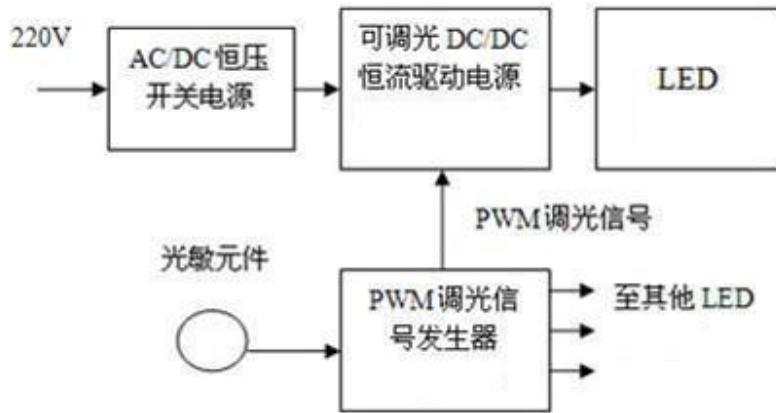
测试模式： 联机或脱机

附件：

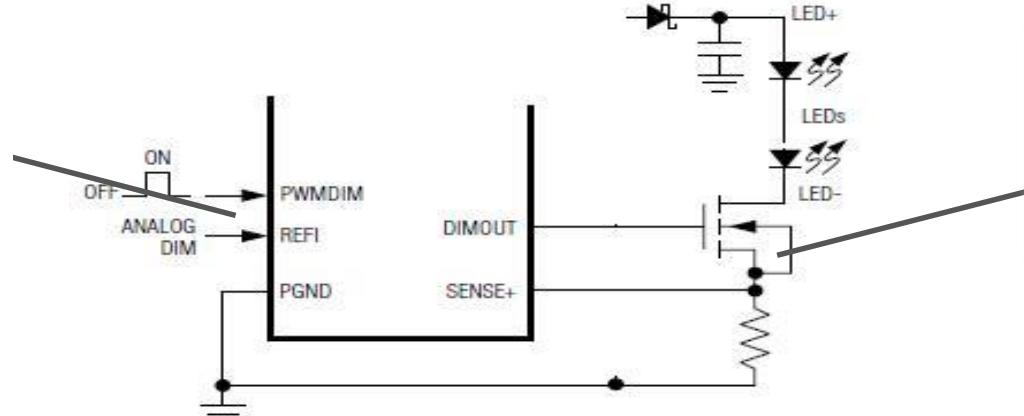
U1880A 时延校正夹具



LED驱动电源测试方案_调光测试

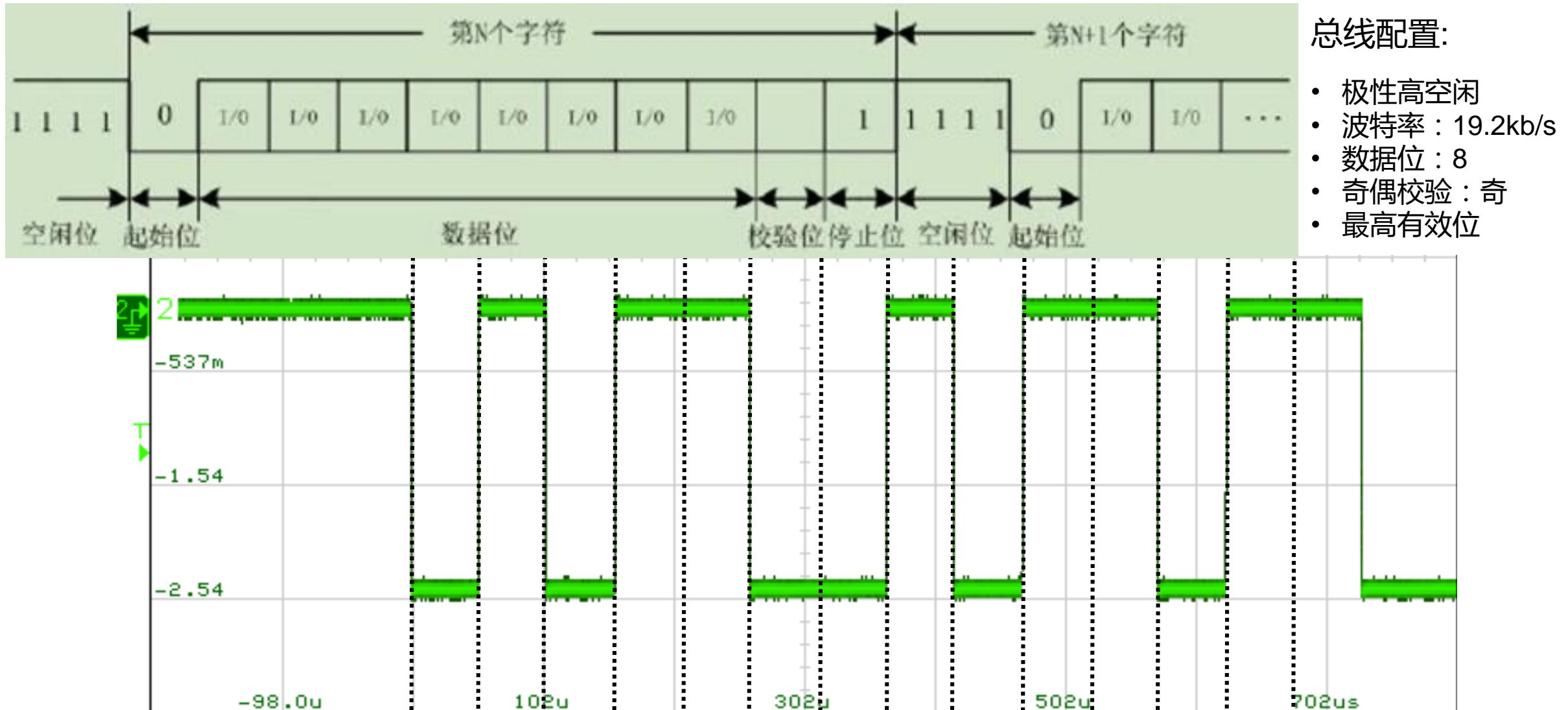


33210A任意波形发生器



3000/4000X示波器

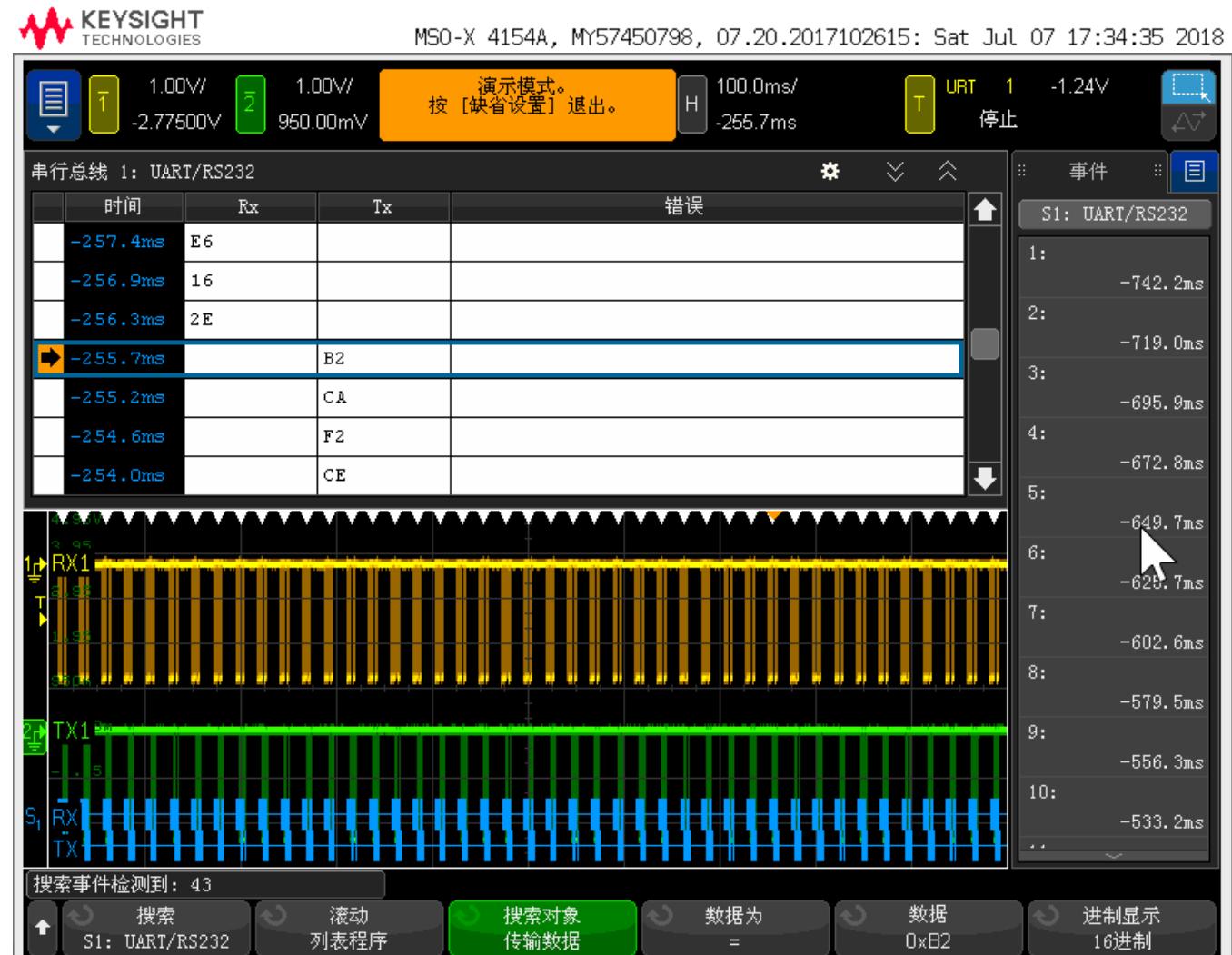
示波器的总线解码_RS232/UART



示波器的总线解码_RS232/UART



示波器的总线解码_RS232/UART



示波器的总线解码_CAN



LED驱动电源测试方案_ 示波器电流探头

大电流测试, 10-3000A

冲击电流, 开关电源, 电机的工作电流

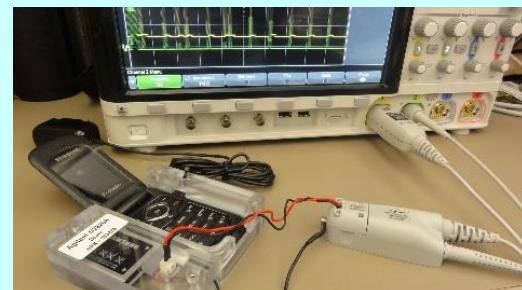
推荐型号: N704xA 罗氏线圈,
N2780B/01B with N2779A



微弱电流测试, 10uA+

IOT, 待机电流 , 充电设备 , 内存芯片 ,
生物医学

推荐型号: N2820A/21A



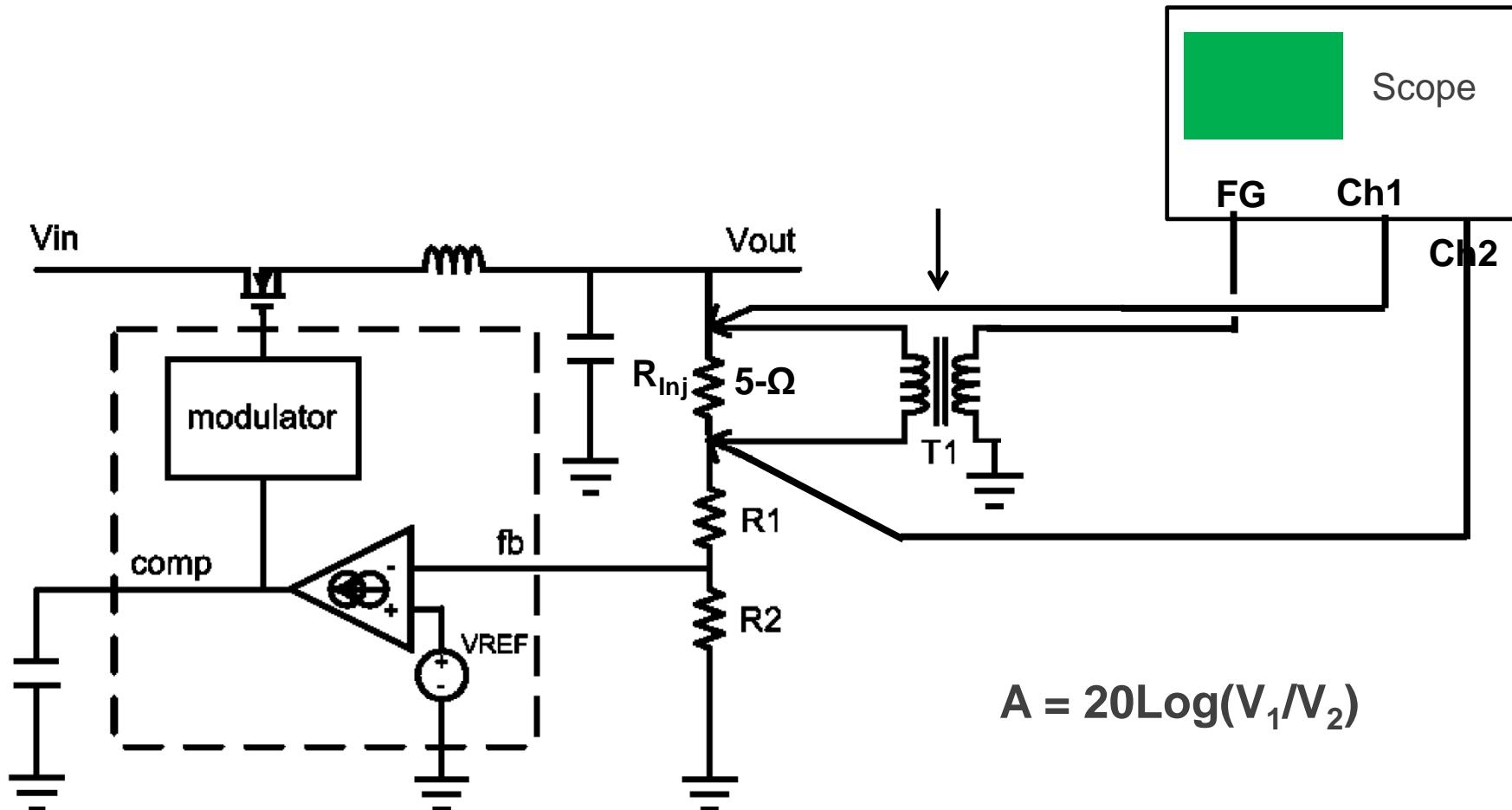
常规电流测试, 10mA-30A, <150MHz

消费类电子 , LED , ICs, 常规电源

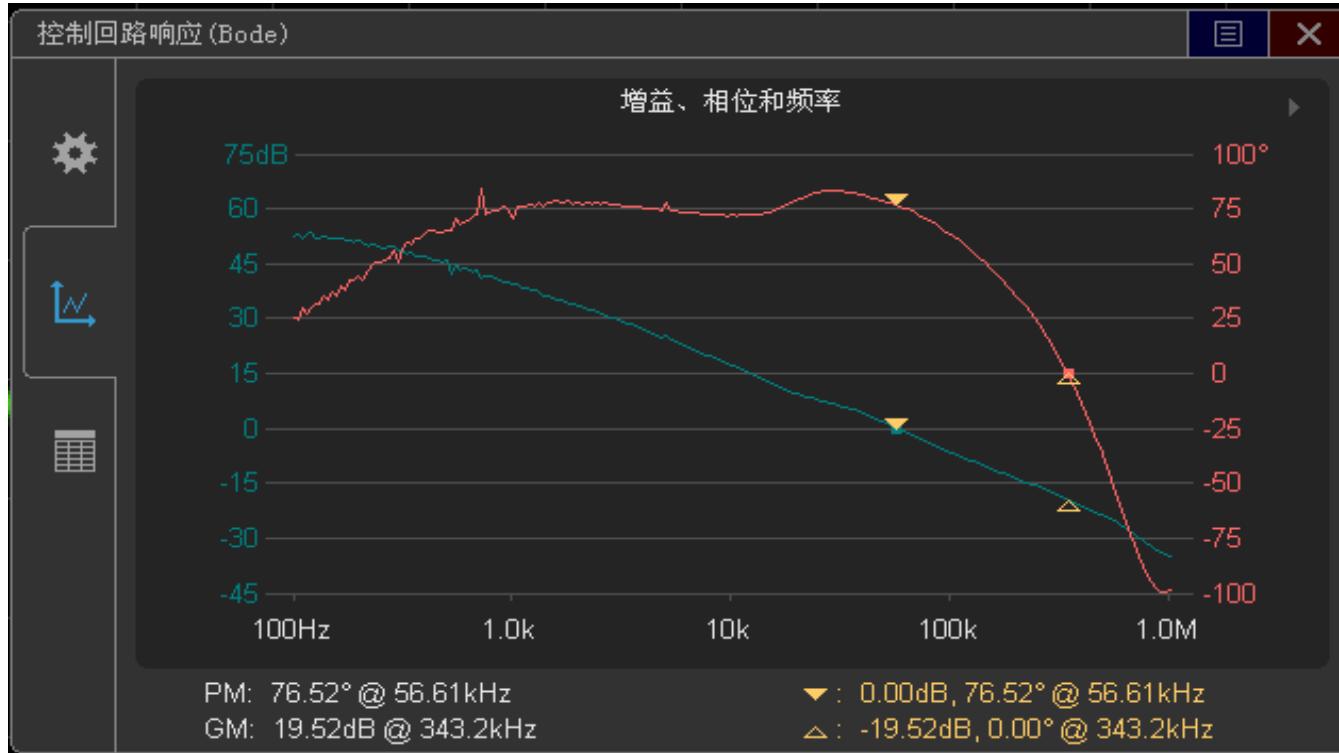
推荐型号: N7026A, 1147B, N2893A,
N2783B



基于示波器的环路响应测试方案

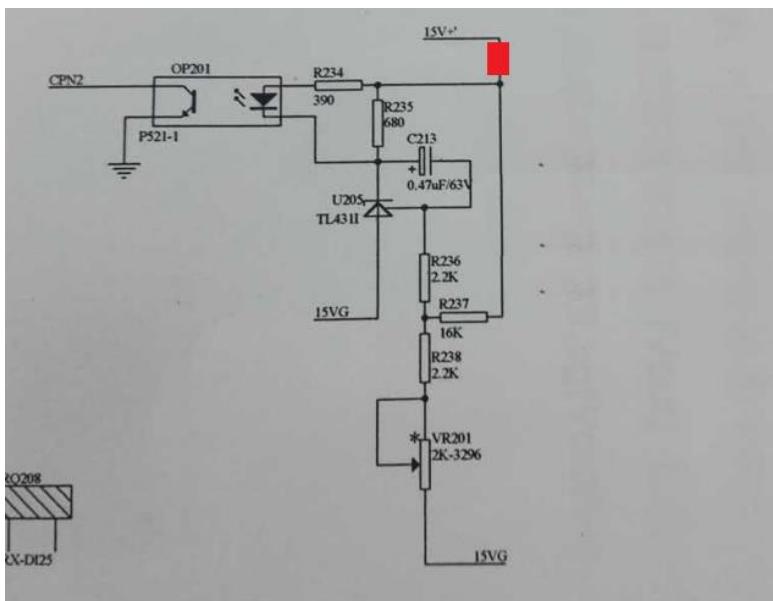
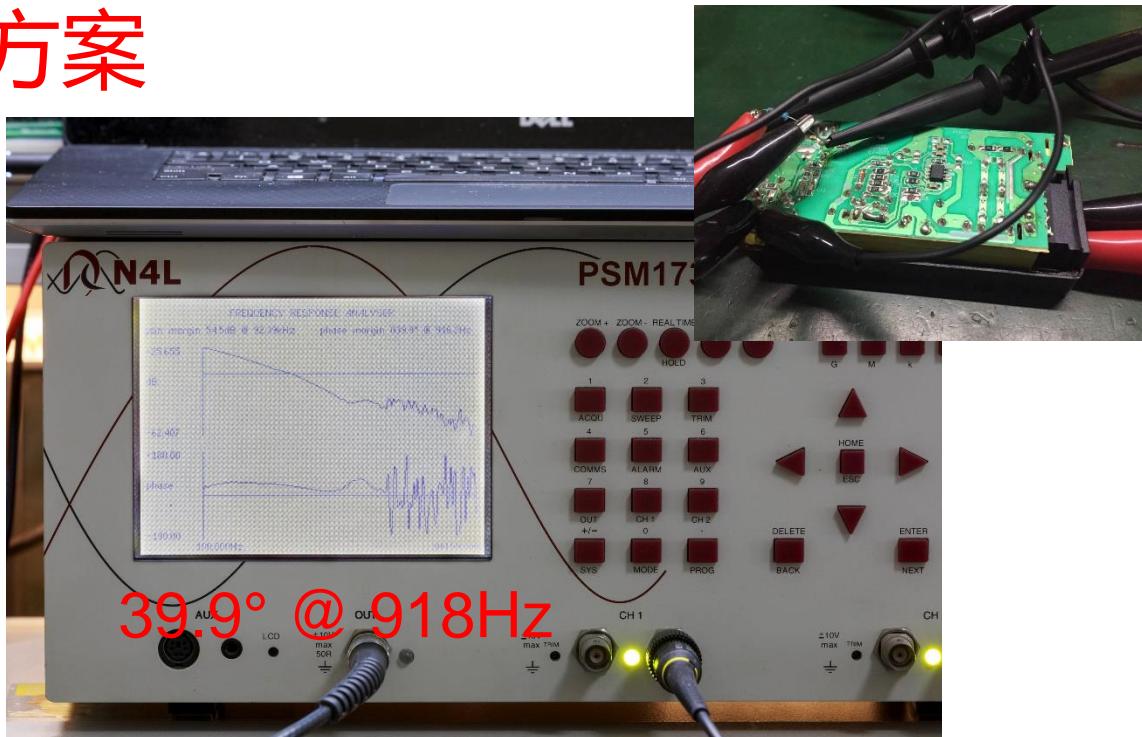


基于示波器的环路响应测试方案



- ◆ 穿越频率（增益为0dB时）：建议为开关频率的5%--20%
- ◆ 相位裕度（增益为0dB时）：大于45°，建议45°-- 80°
- ◆ 增益裕度（相位为0°时）：小于-10dB
- ◆ 增益衰减（增益@开关频率）：小于 -20dB
- ◆ 穿越斜率（0dB附近）：单极点穿越（-20dB每十倍频）

基于示波器的环路响应测试方案



LED驱动电源测试方案_电子负载

N3300 系列电子负载模块

| Product | Volts | Current | Power |
|---------|---------|---------|-------|
| N3302A | 0-60 V | 0-30 A | 150 W |
| N3303A | 0-240 V | 0-10 A | 250 W |
| N3304A | 0-60 V | 0-60 A | 300 W |
| N3305A | 0-150 V | 0-60A | 500 W |
| N3306A | 0-60 V | 0-120 A | 600 W |
| N3307A | 0-150 V | 0-30 A | 250 W |



N3300A 全机架主机



N3301A 半机架主机

6060 系列电子负载

| Product | Volts | Current | Power |
|---------|---------|---------|-------|
| 6060B | 3-60 V | 0-60 A | 300 W |
| 6063B | 3-240 V | 0-10 A | 250 W |



LED驱动电源测试方案_ 温度测试

| 数采开关单元 | 热成像仪 |
|---|---|
| <p>多样的信号种类 (电压 , 电流 , 温度 , 阻抗 , 频率等)</p> <p>多样的信号范围 (uV to 100V , uA to 3A, etc)</p> <p>足够的速度 , 精确度和分辨率</p> <p>免费的数采软件 , 建议的控制模式</p> <p>适用于主要元器件的测试</p> | <p>精细分辨能力</p> <p>热图记录存储</p> <p>易用的报告生成工具</p> <p>适用于贴片元器件温度检测以及恶劣温度点查找</p> |



34972
数采单元



U5855A
热像仪

LED驱动电源测试方案_ EMI预兼容和问题调试

EMI通过/失败预测试

传导测试



N9322C 6合1频谱仪
9 kHz – 7 GHz
EMC选件



LISN人工电源
网络



EMI故障排查

频域仪器



N9322C 或 示波器
EMC选件



N9311X-100
近场探头

辐射测试



N9322C 6合1频谱仪
9 kHz – 7 GHz
EMC选件



天线

时域仪器



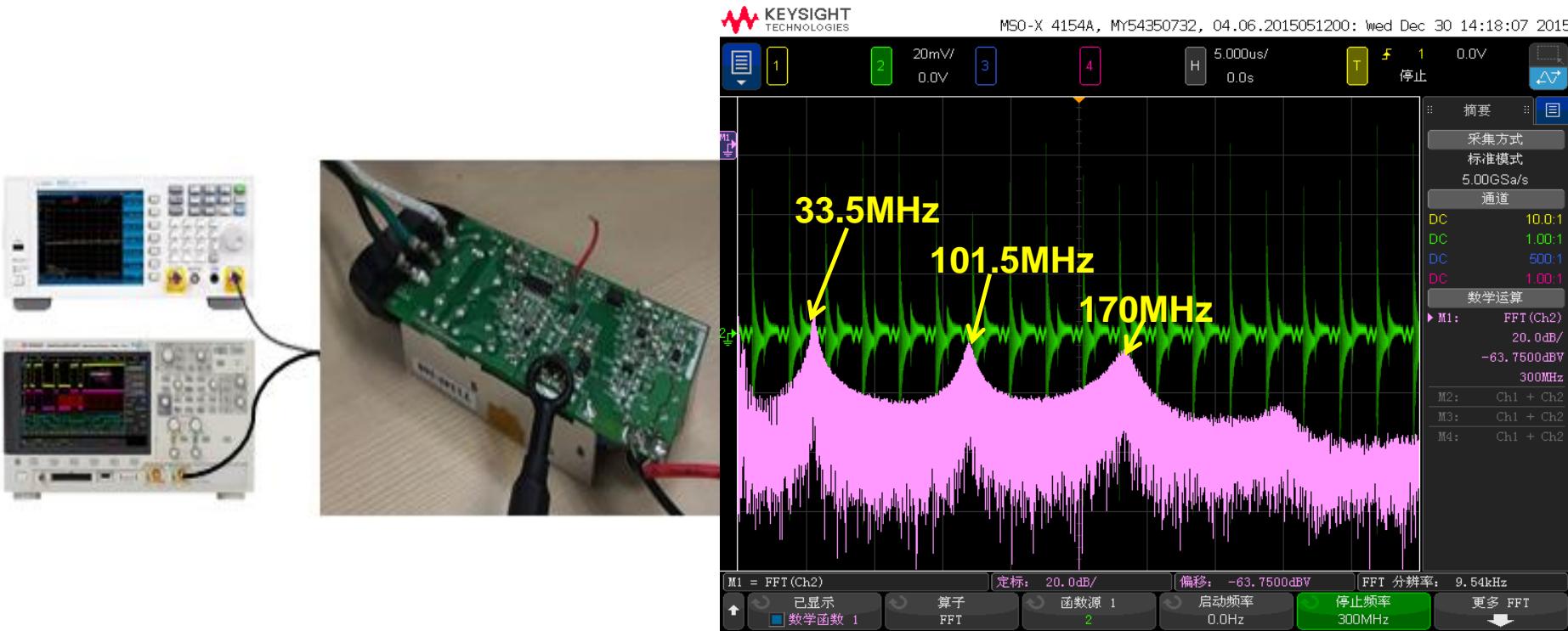
3000T X系列示波器



接触式探头

LED驱动电源测试方案_ EMI预兼容和问题调试

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



BenchVue & TestFlow 构建智慧仪表

磁材，变压器、
线圈测试



开关器件、纹波、
频响分测试析



交流，直流电源
稳态和瞬态供电



BenchVue & TestFlow



精确功率、谐波测试



传导、辐射、EMI测试



电子负载



温度特性测试

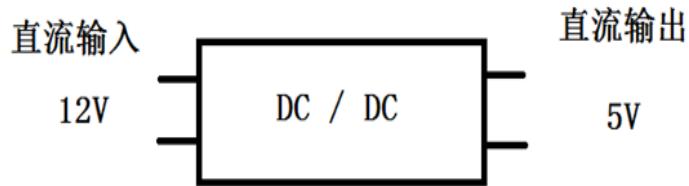
示波器的APP



还有更多.....



你还在做效率和纹波测量？



输入电压：标称12V，范围5-18V
输出电压：5V
输出电流：< 2A
输出效率？纹波噪声？输出电压波动范围？

| Vin | Iload | lin | Vout | Pin | Pout | Eff | Vpk-pk |
|-------|-------|-----|------|-----|------|-----|--------|
| 5Vdc | 0.5A | | | | | | |
| 5Vdc | 1A | | | | | | |
| 5Vdc | 1.5A | | | | | | |
| 5Vdc | 2A | | | | | | |
| 12Vdc | 0.5A | | | | | | |
| 12Vdc | 1A | | | | | | |
| 12Vdc | 1.5A | | | | | | |
| 12Vdc | 2A | | | | | | |
| 18Vdc | 0.5A | | | | | | |
| 18Vdc | 1A | | | | | | |
| 18Vdc | 1.5A | | | | | | |
| 18Vdc | 2A | | | | | | |



- 请问这组参数测试共有多少组数据？
- 请问你用多长时间完成这组参数的测量？



$$3(V) \times 4(I) \times 6(S) = 72$$

TestFlow 测试程序流APP



拖拽构建DC-DC测试序列

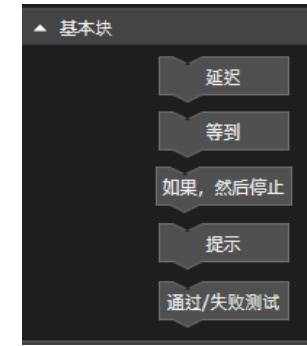


设备开启

仪器设定



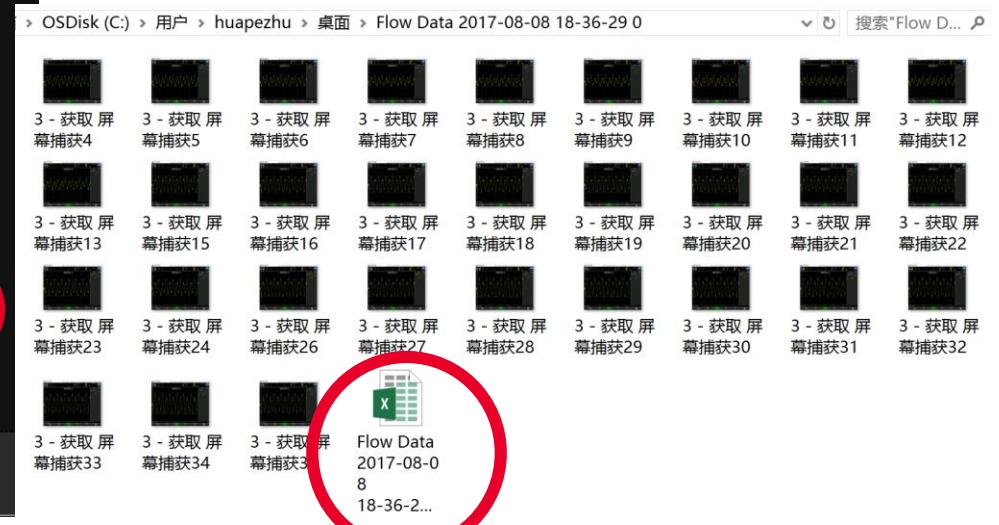
设置保护



拖拽构建DC-DC测试序列



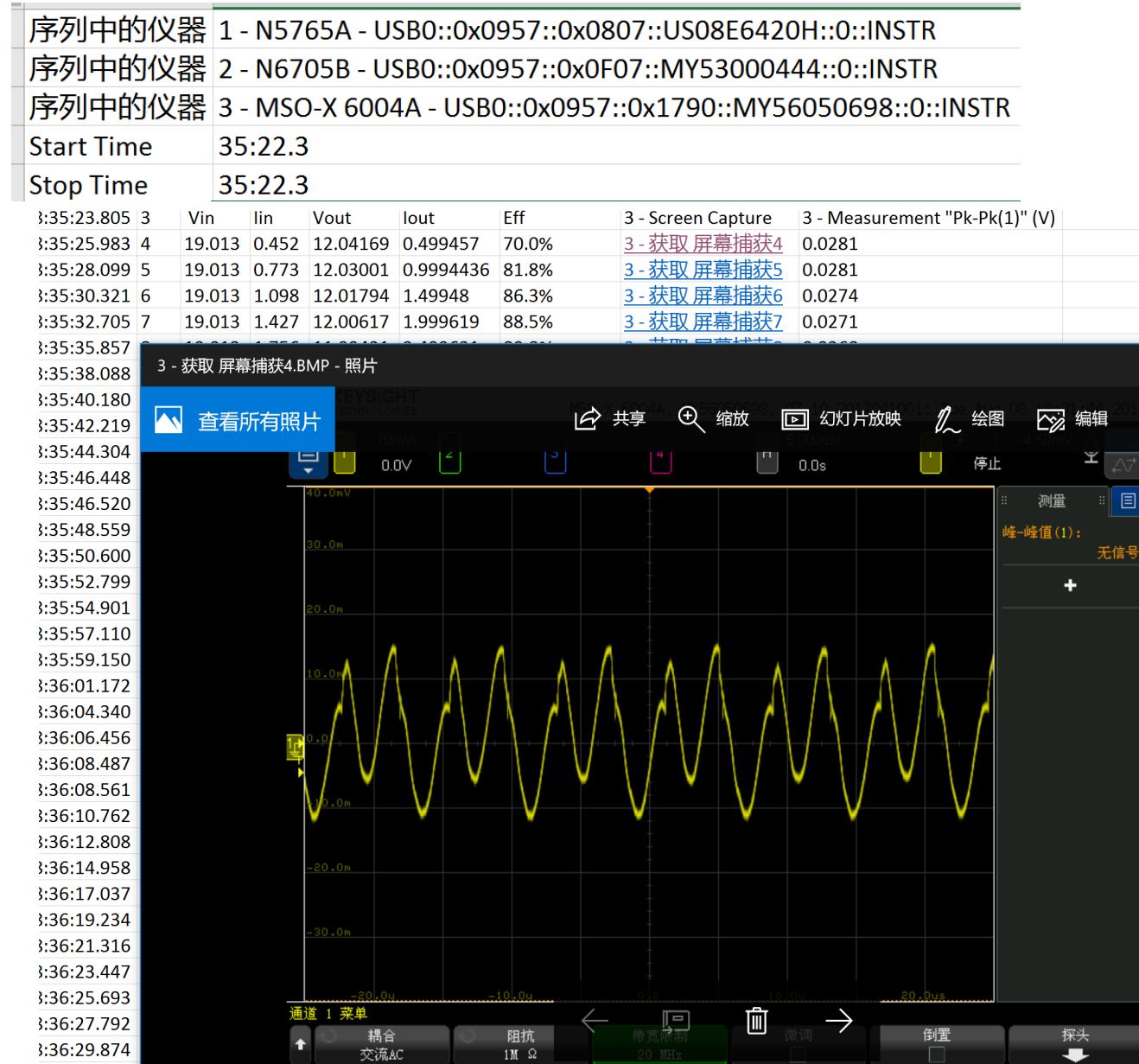
自动生成测试数据报告档



详细的测试数据文件

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--------|-------|----------|-----------|-------|------------------------------|--------------------------------|--|--|
| 序列中的仪器 | 1 - N5765A - USB0::0x0957::0x0807::US08E6420H::0::INSTR | | | | | | | | | |
| 序列中的仪器 | 2 - N6705B - USB0::0x0957::0x0F07::MY53000444::0::INSTR | | | | | | | | | |
| 序列中的仪器 | 3 - MSO-X 6004A - USB0::0x0957::0x1790::MY56050698::0::INSTR | | | | | | | | | |
| Start Time | 35:22.3 | | | | | | | | | |
| Stop Time | 35:22.3 | | | | | | | | | |
| 2017-08-08 18:35:23.805 | 3 | Vin | lin | Vout | Iout | Eff | 3 - Screen Capture | 3 - Measurement "Pk-Pk(1)" (V) | | |
| 2017-08-08 18:35:25.983 | 4 | 19.013 | 0.452 | 12.04169 | 0.499457 | 70.0% | 3 - 获取屏幕捕获4 | 0.0281 | | |
| 2017-08-08 18:35:28.099 | 5 | 19.013 | 0.773 | 12.03001 | 0.9994436 | 81.8% | 3 - 获取屏幕捕获5 | 0.0281 | | |
| 2017-08-08 18:35:30.321 | 6 | 19.013 | 1.098 | 12.01794 | 1.49948 | 86.3% | 3 - 获取屏幕捕获6 | 0.0274 | | |
| 2017-08-08 18:35:32.705 | 7 | 19.013 | 1.427 | 12.00617 | 1.999619 | 88.5% | 3 - 获取屏幕捕获7 | 0.0271 | | |
| 2017-08-08 18:35:35.857 | 8 | 19.013 | 1.756 | 11.99421 | 2.499621 | 89.8% | 3 - 获取屏幕捕获8 | 0.0268 | | |
| 2017-08-08 18:35:38.088 | 9 | 19.013 | 2.085 | 11.9822 | 2.999685 | 90.7% | 3 - 获取屏幕捕获9 | 0.0271 | | |
| 2017-08-08 18:35:40.180 | 10 | 19.013 | 2.416 | 11.97028 | 3.499783 | 91.2% | 3 - 获取屏幕捕获10 | 0.0271 | | |
| 2017-08-08 18:35:42.219 | 11 | 19.013 | 2.746 | 11.95831 | 3.999891 | 91.6% | 3 - 获取屏幕捕获11 | 0.0278 | | |
| 2017-08-08 18:35:44.304 | 12 | 19.013 | 3.077 | 11.94633 | 4.499802 | 91.9% | 3 - 获取屏幕捕获12 | 0.0285 | | |
| 2017-08-08 18:35:46.448 | 13 | 19.013 | 3.411 | 11.93416 | 4.999863 | 92.0% | 3 - 获取屏幕捕获13 | 0.0288 | | |
| 2017-08-08 18:35:46.520 | 14 | | | | | | | | | |
| 2017-08-08 18:35:48.559 | 15 | 24.01 | 0.378 | 12.04167 | 0.4994405 | 66.3% | 3 - 获取屏幕捕获15 | 0.0398 | | |
| 2017-08-08 18:35:50.600 | 16 | 24.014 | 0.63 | 12.02984 | 0.9994513 | 79.5% | 3 - 获取屏幕捕获16 | 0.0395 | | |
| 2017-08-08 18:35:52.799 | 17 | 24.014 | 0.885 | 12.01791 | 1.499482 | 84.8% | 3 - 获取屏幕捕获17 | 0.0392 | | |
| 2017-08-08 18:35:54.901 | 18 | 24.014 | 1.143 | 12.00613 | 1.999607 | 87.5% | 3 - 获取屏幕捕获18 | 0.0392 | | |
| 2017-08-08 18:35:57.110 | 19 | 24.014 | 1.401 | 11.99429 | 2.499621 | 89.1% | 3 - 获取屏幕捕获19 | 0.0385 | | |
| 2017-08-08 18:35:59.150 | 20 | 24.014 | 1.662 | 11.98217 | 2.999684 | 90.1% | 3 - 获取屏幕捕获20 | 0.0382 | | |
| 2017-08-08 18:36:01.172 | 21 | 24.014 | 1.926 | 11.97037 | 3.499791 | 90.6% | 3 - 获取屏幕捕获21 | 0.0395 | | |
| 2017-08-08 18:36:04.340 | 22 | 24.014 | 2.188 | 11.95829 | 3.999886 | 91.0% | 3 - 获取屏幕捕获22 | 0.0388 | | |
| 2017-08-08 18:36:06.456 | 23 | 24.014 | 2.451 | 11.9463 | 4.499797 | 91.3% | 3 - 获取屏幕捕获23 | 0.0395 | | |
| 2017-08-08 18:36:08.487 | 24 | 24.014 | 2.715 | 11.9341 | 4.999885 | 91.5% | 3 - 获取屏幕捕获24 | 0.0398 | | |
| 2017-08-08 18:36:08.561 | 25 | | | | | | | | | |
| 2017-08-08 18:36:10.762 | 26 | 30.013 | 0.318 | 12.04167 | 0.4994397 | 63.0% | 3 - 获取屏幕捕获26 | 0.0455 | | |
| 2017-08-08 18:36:12.808 | 27 | 30.016 | 0.519 | 12.03002 | 0.9994339 | 77.2% | 3 - 获取屏幕捕获27 | 0.0455 | | |
| 2017-08-08 18:36:14.958 | 28 | 30.016 | 0.722 | 12.01795 | 1.499466 | 83.2% | 3 - 获取屏幕捕获28 | 0.0452 | | |
| 2017-08-08 18:36:17.037 | 29 | 30.016 | 0.926 | 12.00616 | 1.999595 | 86.4% | 3 - 获取屏幕捕获29 | 0.0455 | | |
| 2017-08-08 18:36:19.234 | 30 | 30.016 | 1.133 | 11.9942 | 2.499618 | 88.2% | 3 - 获取屏幕捕获30 | 0.0459 | | |
| 2017-08-08 18:36:21.316 | 31 | 30.016 | 1.341 | 11.9822 | 2.999681 | 89.3% | 3 - 获取屏幕捕获31 | 0.0462 | | |
| 2017-08-08 18:36:23.447 | 32 | 30.016 | 1.552 | 11.97033 | 3.499786 | 89.9% | 3 - 获取屏幕捕获32 | 0.0465 | | |
| 2017-08-08 18:36:25.603 | 33 | 30.016 | 1.762 | 11.95829 | 3.999888 | 90.4% | 3 - 获取屏幕捕获33 | 0.0475 | | |

详细的测试数据文件



LED智能照明无线通讯测试

LED常规
照明



LED
智能灯具



互联照明
(灯联网)



NB-IOT测试方案：

E6640A (生产测试)或E7515A (研发测试))

Lora测试方案：

N5172B +N9010A/B (发射机和接收机性能测试)

蓝牙/Zigbee :

E6640A+V9081B+N7606B (工厂生产)

或N5172B+N9010A/B +N7606B + N9081B/89601B (研发测试)

Questions? / 福利

Page

Thank you!
谢谢

- 1 , 扫描二维码
- 2 , 填写问卷调查
- 3 , 抽奖 (100% 中奖)
- 4 , 下载课件

朱华朋 (Roc)
示波器市场和产品经理
是德科技 (中国) 有限公司
Roc.zhu@keysight.com
18501725711