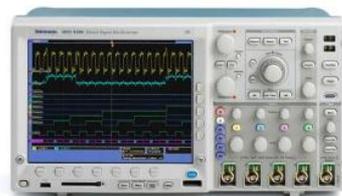


# LED及其驱动电源的 测量技术



泰克科技 - 王跃伟

# 大纲

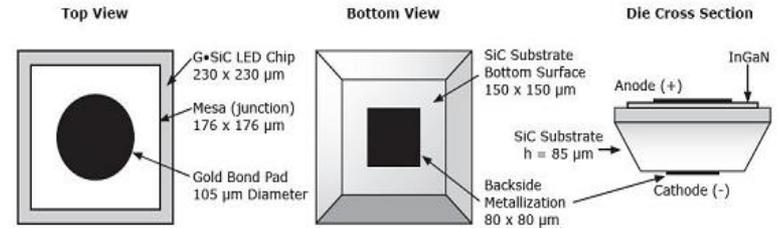


- **LED的特点和应用**
- LED芯片、器件的测试
- LED驱动电源的测量技术
- TEKTRONIX的LED驱动电源的测试方案及特点

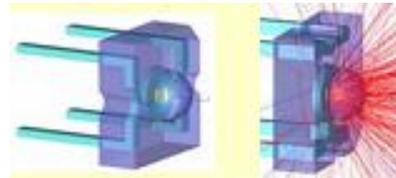
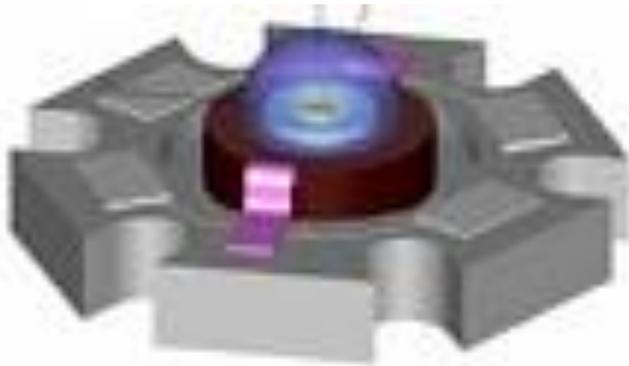
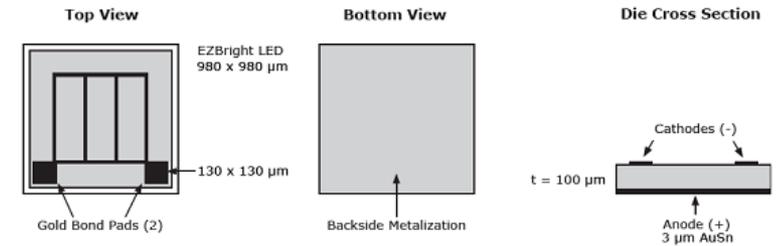
# 发光二极管 (LED)

半导体照明(发光二极管, light-emitting diode英文简称 LED)是一种新型的固态光源, 已经在特殊照明领域显现出节能效果,

UT230 芯片图解



EZ1000 芯片图解



# LED的特性

- 节能
  - 被誉为“绿色照明”，其发光效率达到 40%，是白炽灯 8倍，钨丝灯的2.5倍，荧光灯的 2倍；
- 光照效率高
  - 光的方向性强，光的利用率高，光学部分做好了，光效可达95%以上；
- 使用寿命长：LED的寿命理论上可达10万个小时
- 环保：
  - LED光的方向性强，利用率高，减少了光的漫射，也就减少了光的污染；
  - LED光源为半导体材料，不含任何有害物质，因此安全、环保；
- 色彩丰富
  - LED光源的颜色几乎可以覆盖整个光谱
- 可控性
  - 这是有区别于其它光源的显著特性，利用控制系统进行各种控制；
- 反应速度快：这也是控制系统得以实现的关键。

# LED的应用

## LED显示

以LED作为发光点制作成点阵，加上必要的驱动电路可以显示变化的数字、文字、图形图像；不仅可以用于室内环境还可以用于室外环境



## LED指示

仪器、设备，道路交通等



**KEITHLEY**  
A Tektronix Company

## LED照明

商业、普通、路灯等



## LED汽车照明和车灯

以汽车内装使用包括了仪表盘、音箱等指示灯，及汽车外部（第三刹车灯、左右尾灯、方向灯等）



## LED背光源

便携式电子产品如手机的应用等

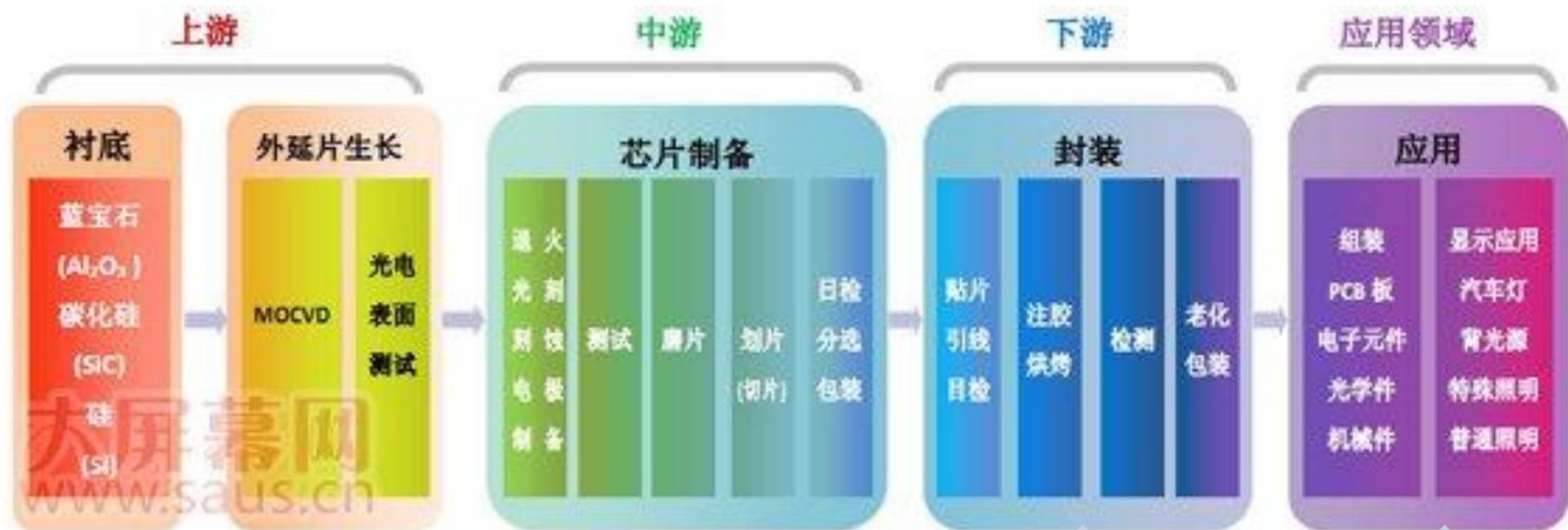


**Tektronix**<sup>®</sup>

# 大纲

- LED的特点和应用
- ➔ ■ LED芯片、器件的测试
- LED驱动电源的测量技术
- TEKTRONIX的LED照明测试方案及特点

# LED产业链及泰克方案



Wafer测试  
(I-V/C-V)  
4200系统

LED器件测试  
(I-V)-SMU  
2400、2600

驱动电源测试  
示波器、万用表、  
功率计、SMU

# 什么是源测量单元 (SMU)?



A Precision DMM

+



A Precision Power Supply

+

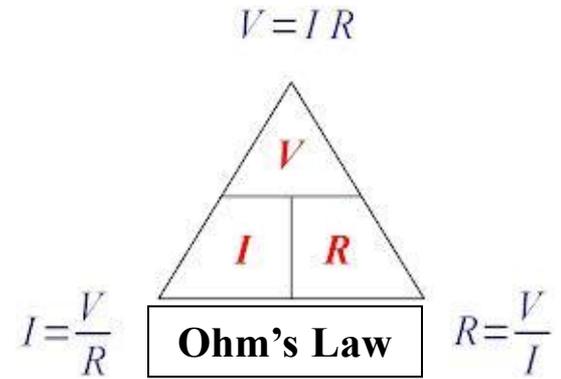


=



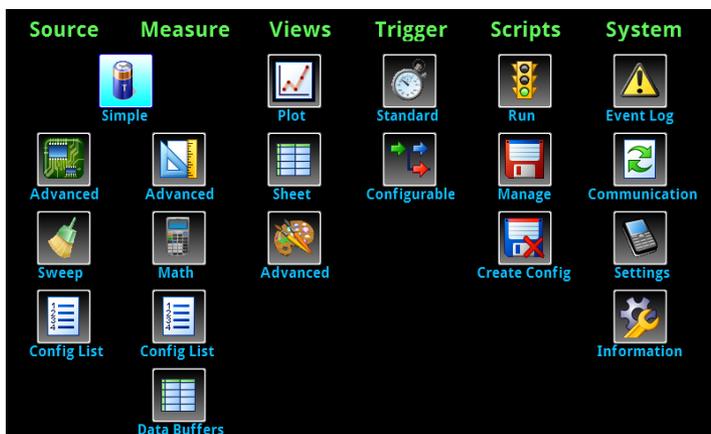
SMU

SMUs (源测量单元) 利用欧姆定理提供了更高精度，更加灵活的直流测量方案。该测量方案可以为更多种类的器件，模块和材料提供电压，电流的激励和测量。

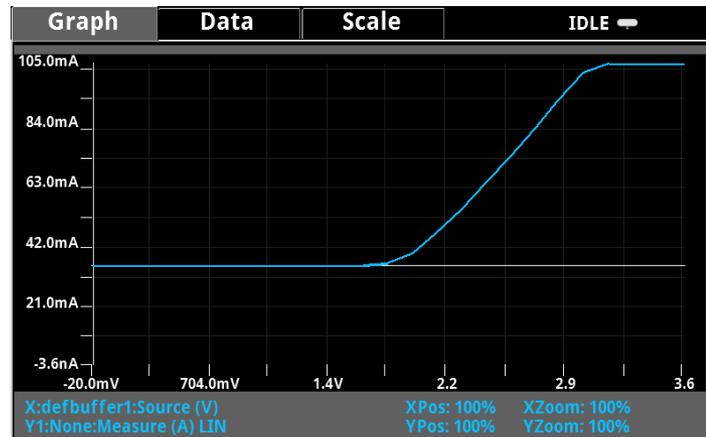


- 能够同时输出电流/电压或测量电流/电压
- 能够精密测量电阻

# 最新的源表: 2450 对于仪器易用性的又一次突破

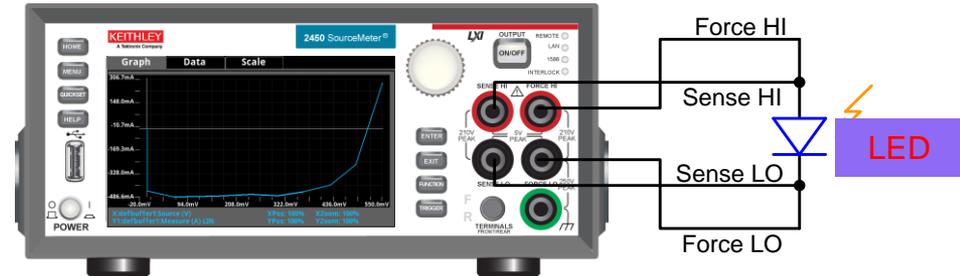
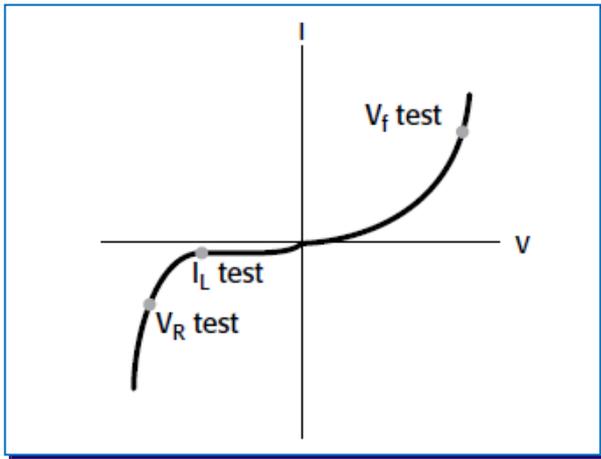


触摸屏式的菜单设计

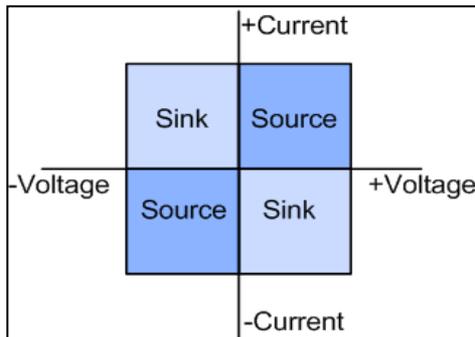


数据作图显示

# LED 测试 Model 2450



- 研发工程师需要测试 LED 的整体 IV 曲线，了解其特性
- 生产线只需要测试 IV 曲线上的几个特殊点，判断 LED 的好坏



- 输出一个已知电流测试其电压（两点）：
  - 正向电压： $V_f$
  - 击穿电压： $V_R$
- 输出电压测量电流（单点）：
  - 漏电流： $I_L$

# LED wafer系统测试-4200-SCS

- 当您需要的不仅仅是I-V
- **C-V** 测量
- 脉冲I-V 或是瞬态测量
- 器件的端口数大于2
- 碳纳米管
- 纳米线
- 太阳能电池
- 晶圆级测量
- 器件可靠性
- 热载流子注入
- **NBTI**效应
- 相变/阻变存储器
- 高K 材料
- .....



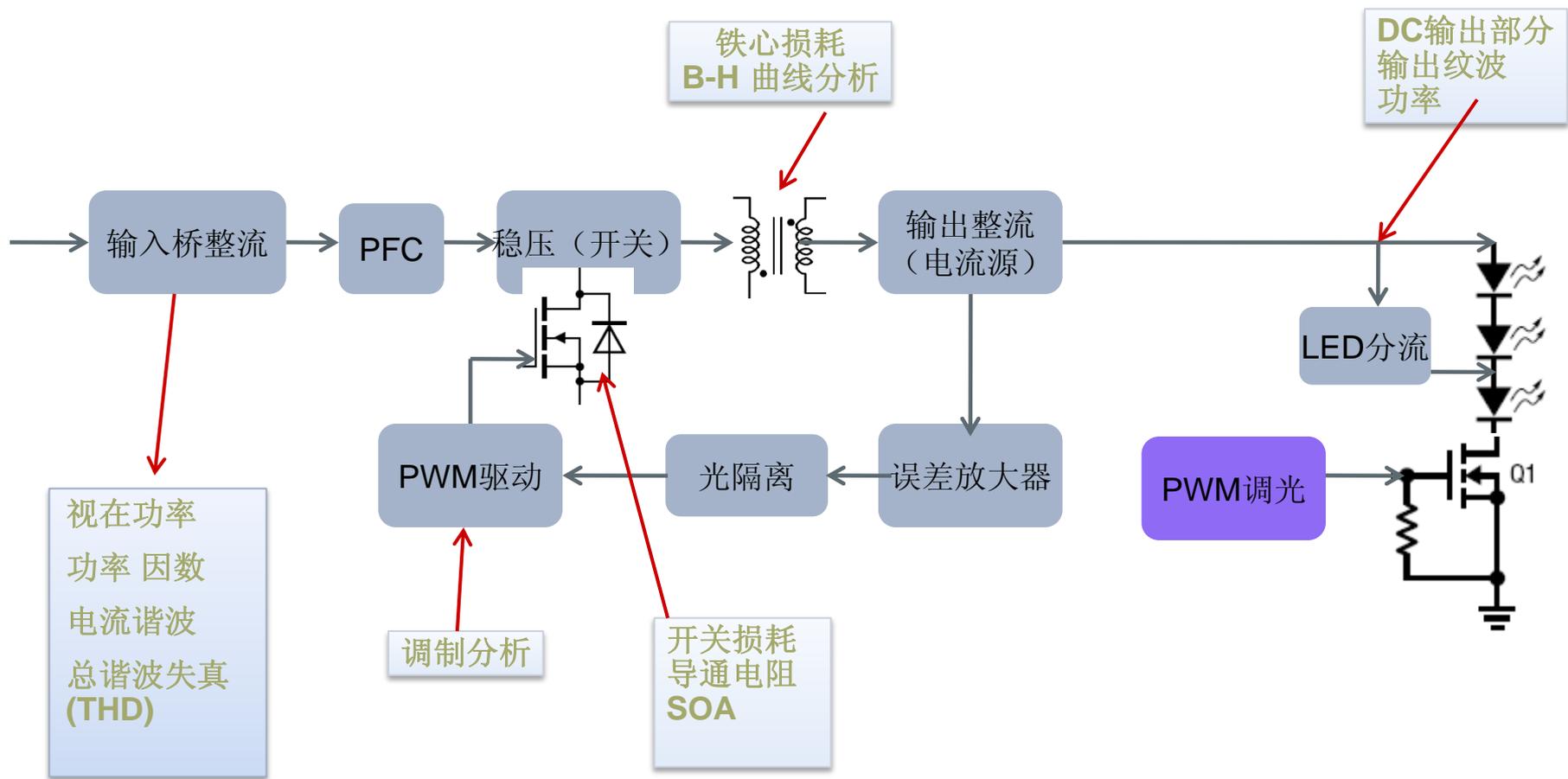
# 大纲

- LED的特点和应用
- LED芯片、器件的测试
- ➔ ■ **LED驱动电源的测量技术**
- TEKTRONIX的LED照明测试  
方案及特点

# LED对驱动电源的要求

- ✓**高可靠性** 特别像LED路灯的驱动电源，装在空中，维修不方便，维修的花费也大
- ✓**高效率** LED是节能产品，驱动电源的效率要高。对于电源安装在灯具内的结构，尤为重要。因为LED的发光效率随着LED温度的升高而下降，所以LED的散热非常重要。电源的效率越高，它的耗损功率小，在灯具内发热量就小，也就降低了灯具的温升。对延缓LED的光衰有利
- ✓**高功率因素** 功率因素是电网对负载的要求。一般70瓦以下的用电器，没有强制性指标。虽然功率不大的单个用电器功率因素低一点对电网的影响不大，但晚上大家点灯，同类负载太集中，会对电网产生较严重的污染。对于30瓦~40瓦的LED驱动电源，据说不久的将来，也许会对功率因素方面有一定的指标要求
- ✓**驱动方式** 现在通行的有两种：一是一个恒压源供多个恒流源，每个恒流源单独给每路LED供电。这种方式，组合灵活，一路LED故障，不影响其他LED的工作，但成本会略高一点。另一种是直接恒流供电，LED串联或并联运行。它的优点是成本低一点，但灵活性差，还要解决某个LED故障，不影响其他LED运行的问题。
- ✓**浪涌保护** LED抗浪涌的能力是比较差的，特别是抗反向电压能力。加强这方面的保护也很重要。有些LED灯装在户外，如LED路灯。由于电网负载的启甩和雷击的感应，从电网系统会侵入各种浪涌，有些浪涌会导致LED的损坏。因此LED驱动电源要有抑制浪涌的侵入，保护LED不被损坏的能力
- ✓**保护功能** 电源除了常规的保护功能外，最好在恒流输出中增加LED温度负反馈，防止LED温度过高
- ✓**防护方面** 灯具外安装型，电源结构要防水、防潮，外壳要耐晒
- ✓驱动电源的寿命要与LED的寿命相适配
- ✓要符合安规和电磁兼容的要求。

# LED驱动测试技术



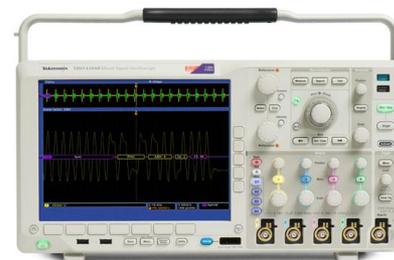
# 电源质量的测试

## ■ 测量项目

- RMS值、
- 波峰因数、
- 有效功率、
- 无功功率、
- 视在功率、
- 功率因数
- 电压和电流相角测量

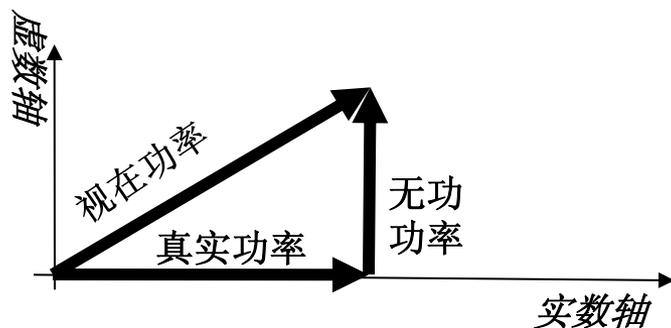
## ■ 仪器配置

- 仪器：DPO4000B/DPO3000，PA4000/1000
- 附件：P5200A+TCP0030/TCP202
- PWR电源模块



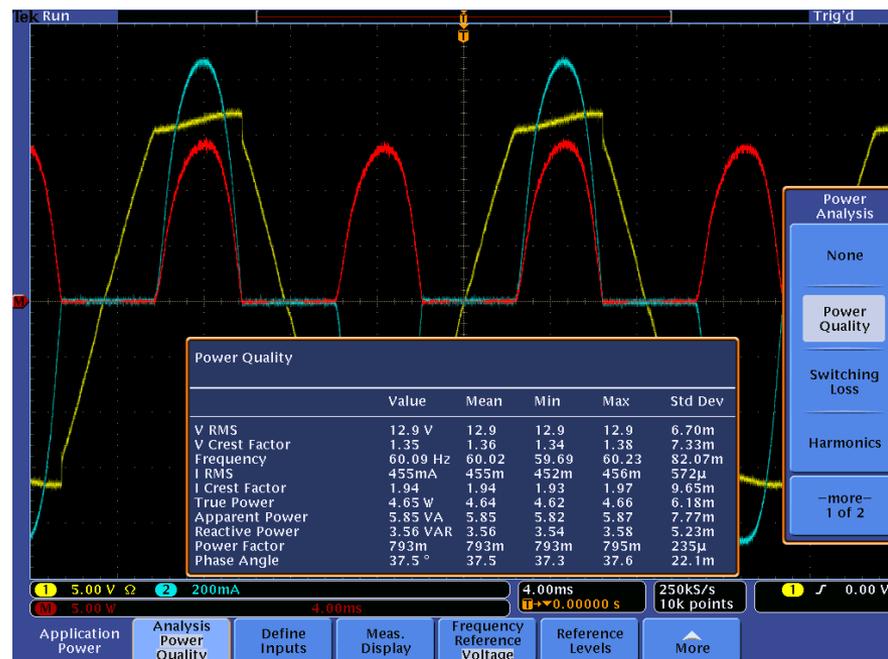
# 电源质量测量

- 视在功率 =  $I_{rms} * V_{rms}$



- 功率因数 =  $\frac{\text{真实功率}}{\text{视在功率}}$

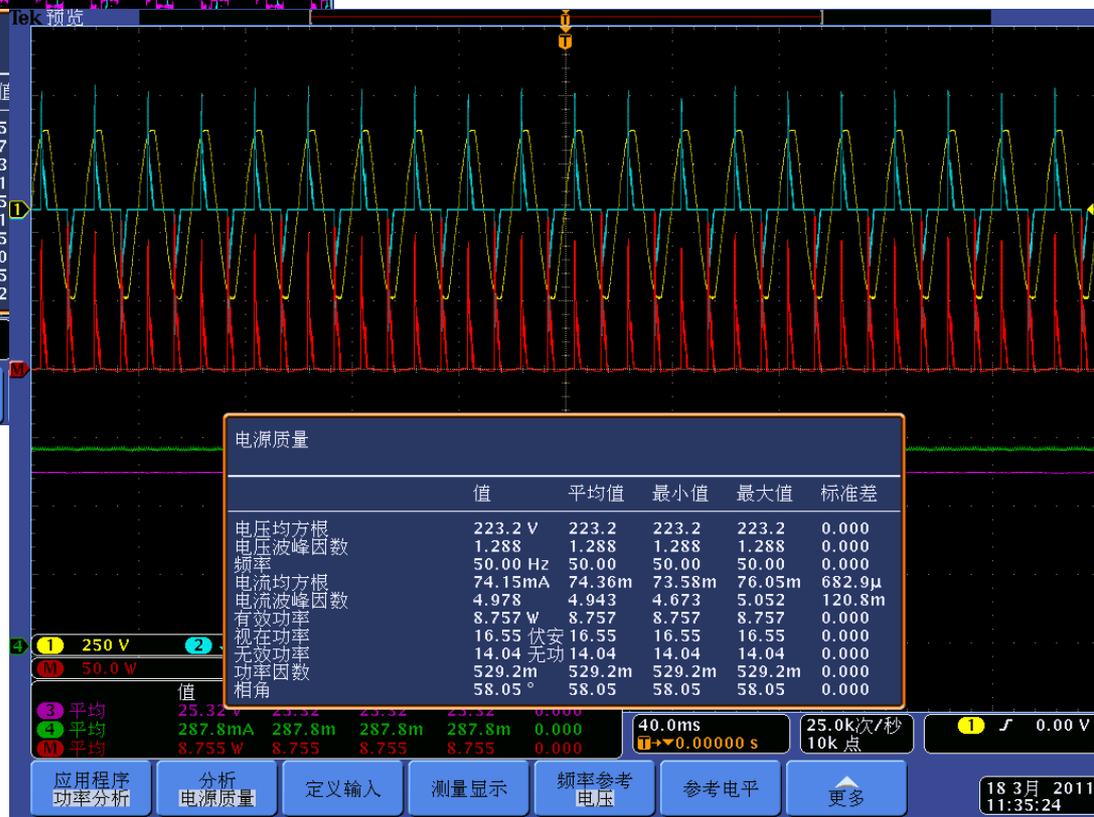
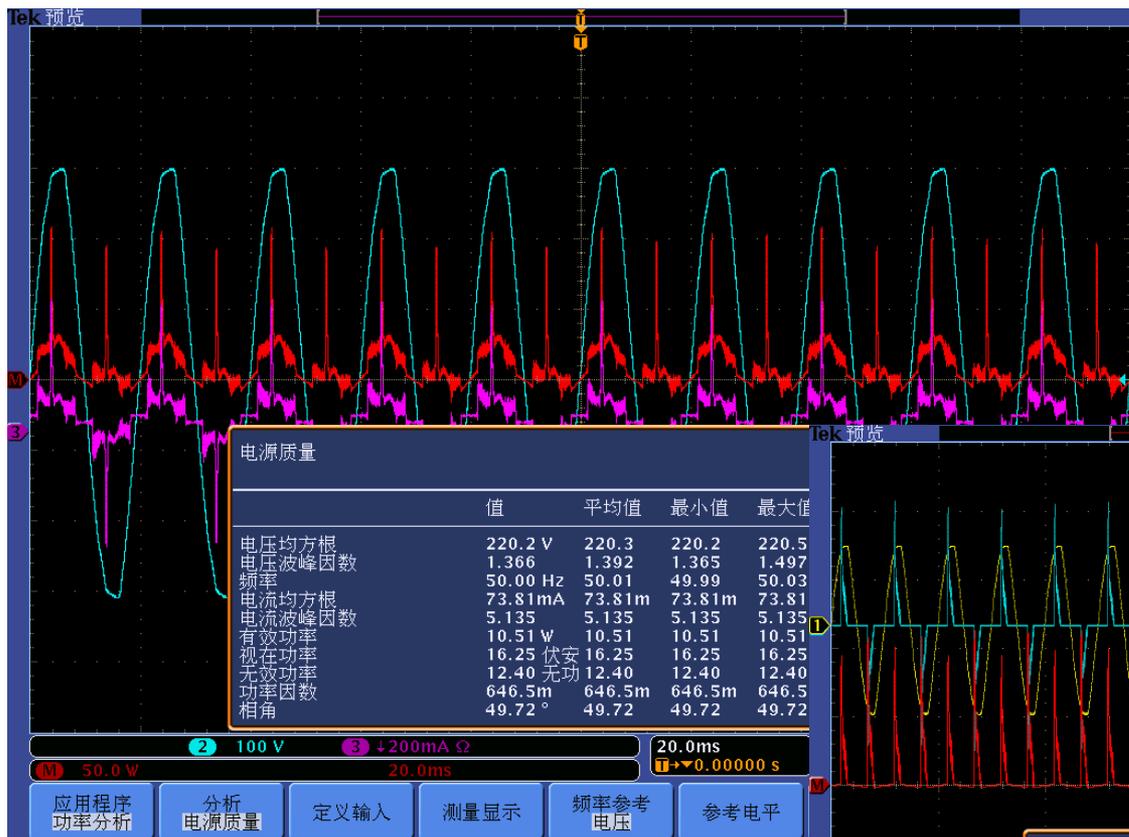
- 波峰因数 =  $\frac{V_{peak}}{V_{rms}}$



带有DPO4PWR的泰克MSO/DPO4000示波器

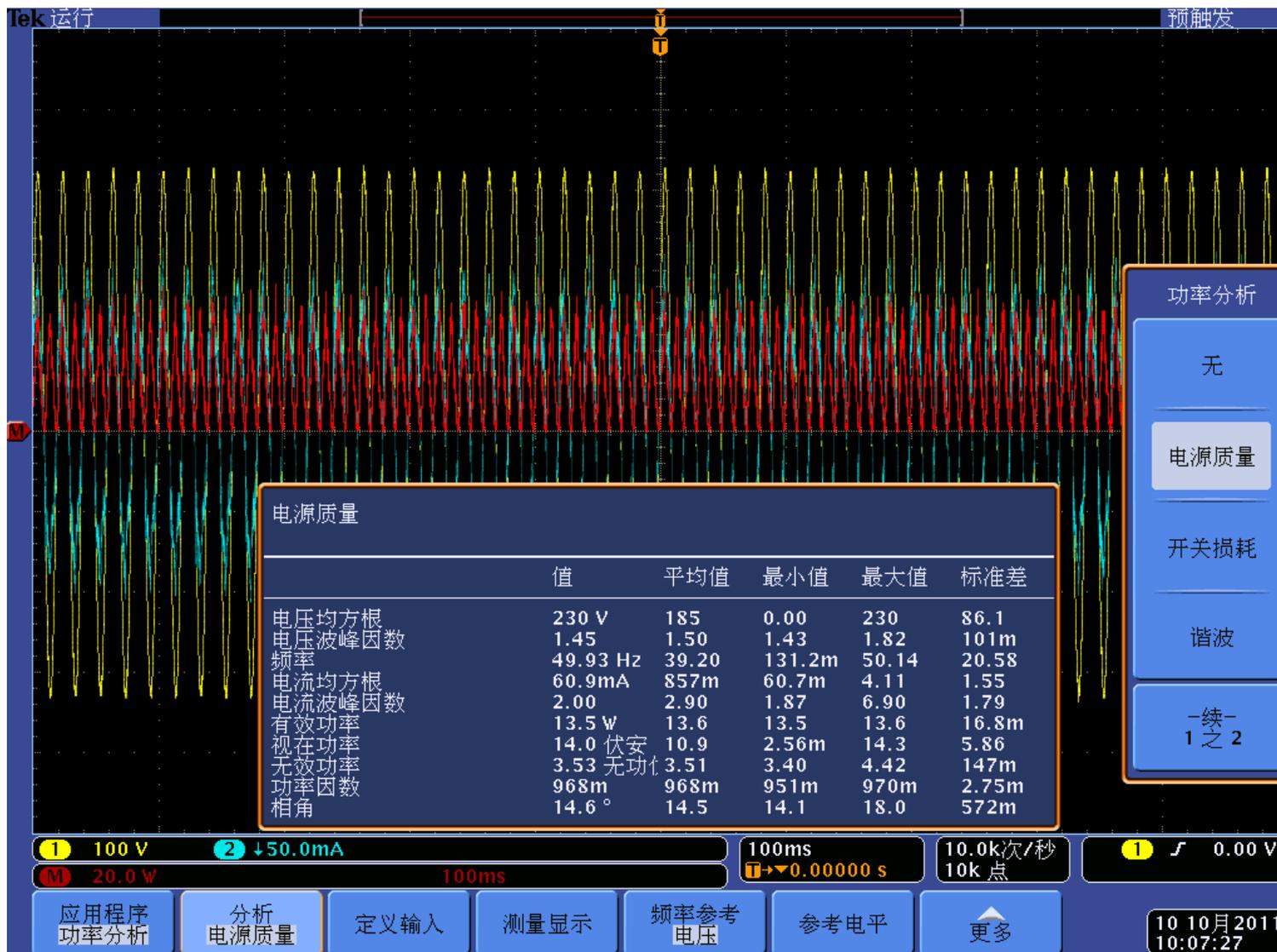
# 电源质量测量

## AC输入电压和电流



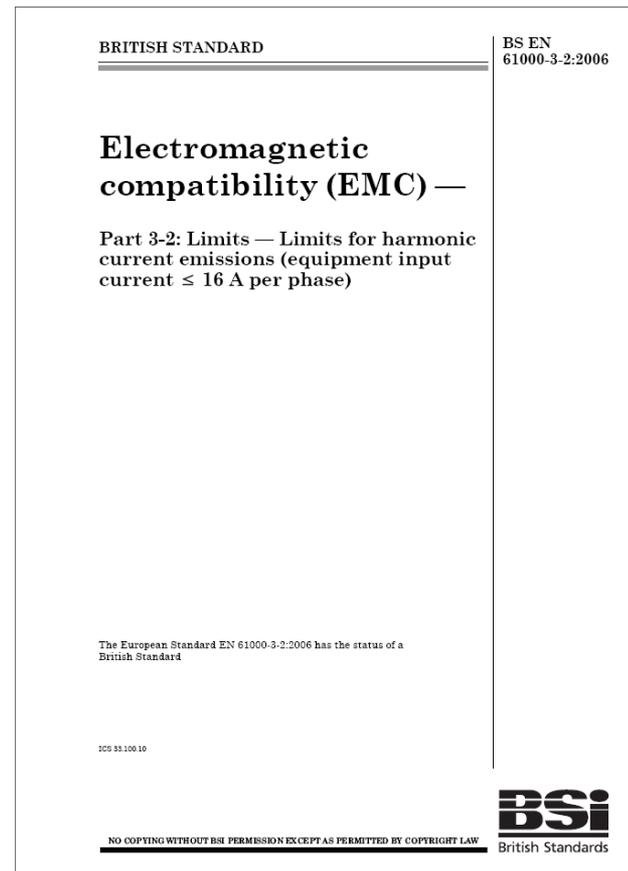
# 电源质量测量

## AC输入电压和电流



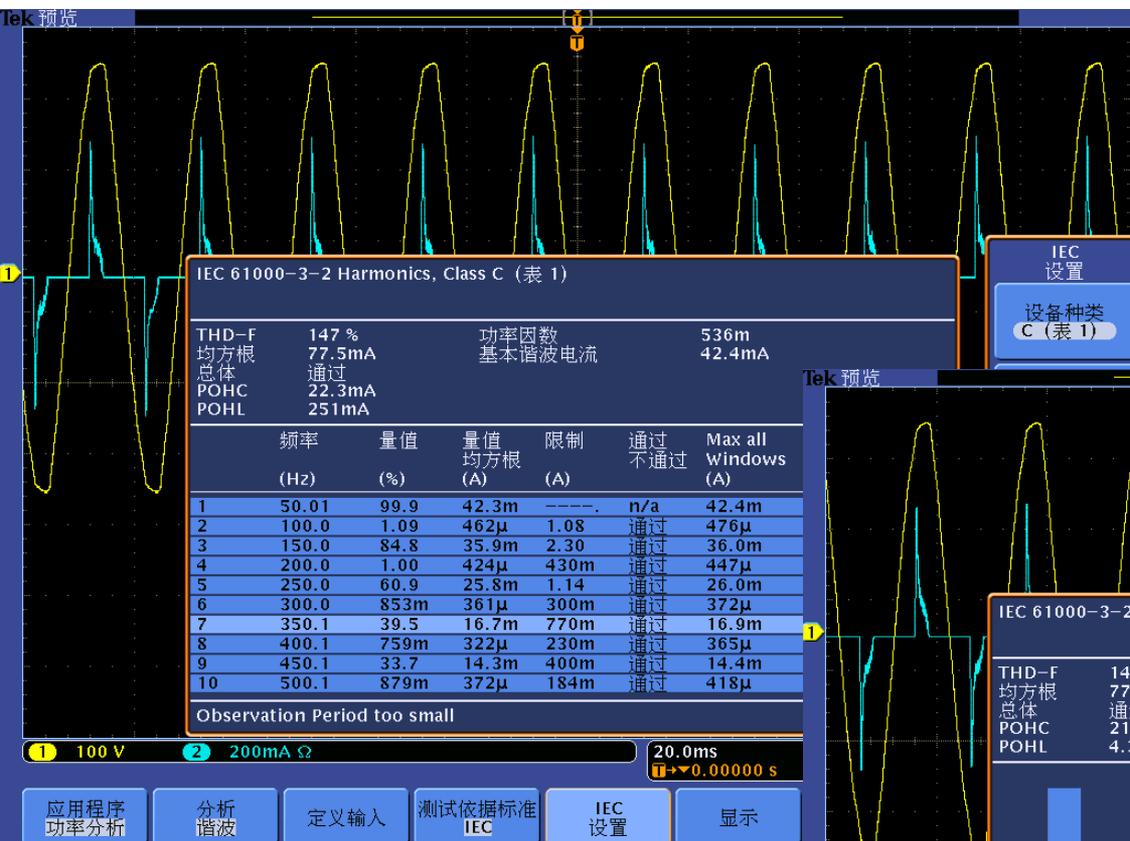
# 谐波测量

- 测量项目
  - THD-F、THD-R
  - RMS测量及每个谐波的幅度和相位
  - IEC 61000-3-2标准进行测试
- 仪器配置
  - 仪器：DPO4000B/DPO3000, PA4000/1000
  - 附件：P5200A+TCP0030/TCP202
  - PWR电源模块

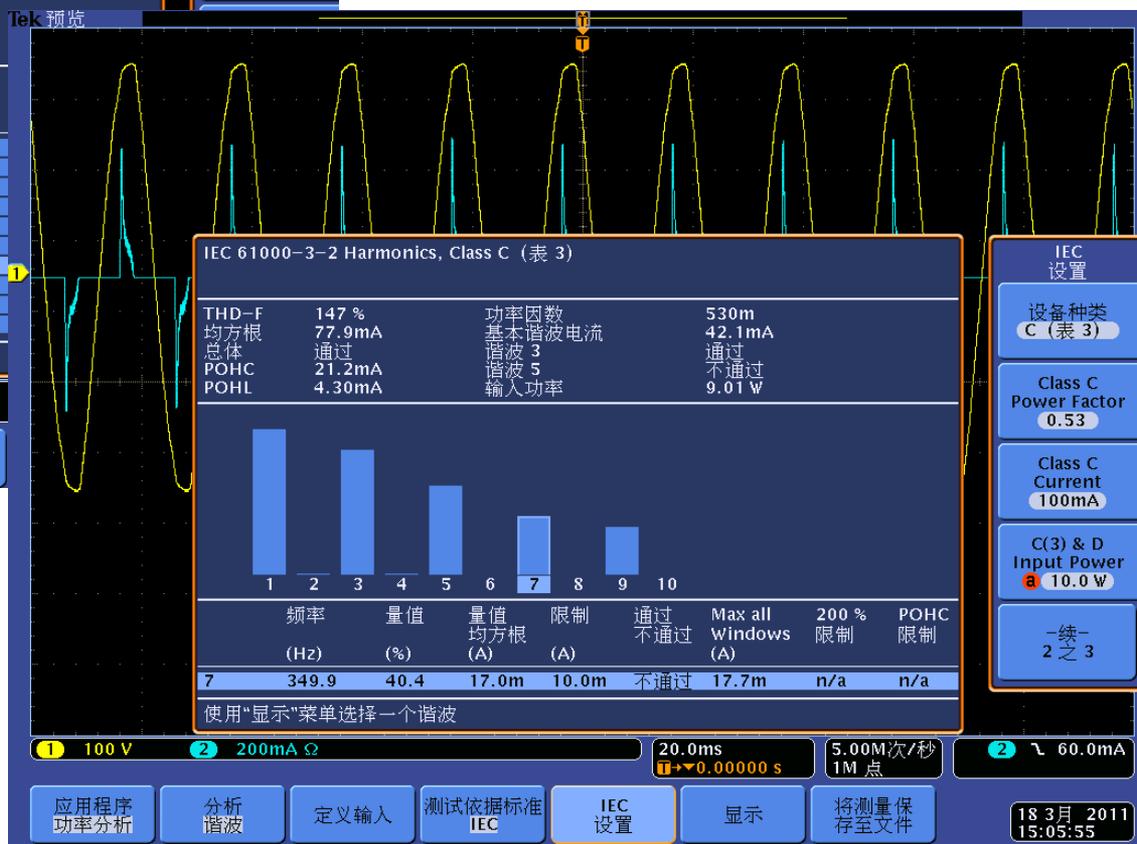


# 谐波测量表 EN61000-3-2

## 谐波测量



图形显示



列表显示

# 谐波测量表 EN61000-3-2

## 谐波文件存储

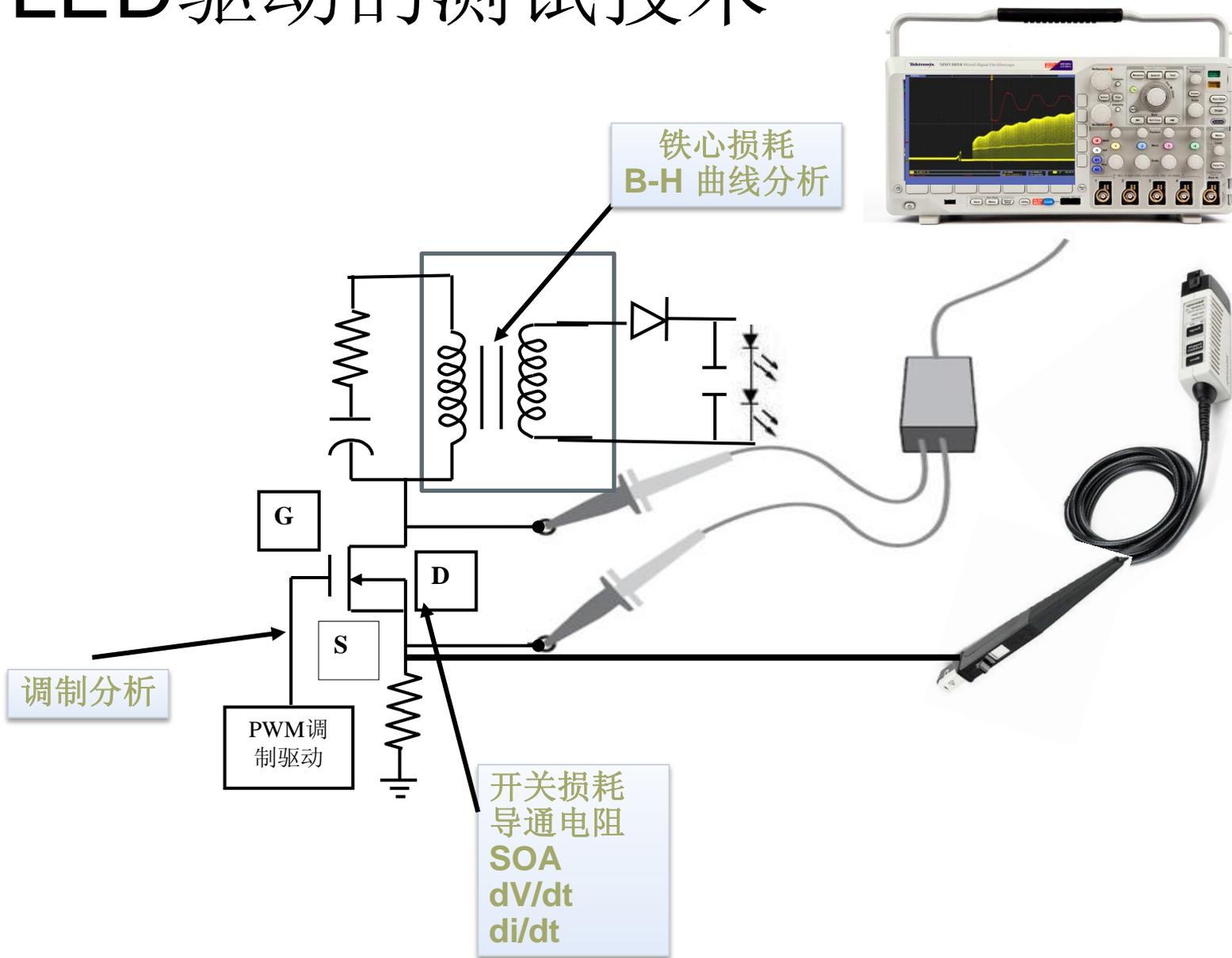
Tektronix DPO3014, version v2.23, serial number C012698

		Freq Hz	Mag %	Mag RMS A	Limit A	Pass/Fail	Max all windows A	POHC Limit
		1	49.983217	99.92449	0.030014	nan	n/a	0.030037 n/a
		2	99.966434	2.552678	0.000767	nan	n/a	0.000904 n/a
		3	149.949651	90.591637	0.027211	0.022497	Fail	0.027236 n/a
		4	199.932868	2.407126	0.000723	nan	n/a	0.000882 n/a
		5	249.916086	73.825092	0.022174	0.012572	Fail	0.0222 n/a
		6	299.899303	2.201421	0.000661	nan	n/a	0.000831 n/a
		7	349.88252	54.351405	0.016325	0.006617	Fail	0.016353 n/a
	Class C (Table	8	399.865737	2.059303	0.000619	nan	n/a	0.000771 n/a
	3)	9	449.848954	38.319434	0.01151	0.003308	Fail	0.011553 n/a
IEC 61000-3-2	158.17%	10	499.832171	2.02915	0.000609	nan	n/a	0.000708 n/a
THD-F	0.056958 A	11	549.815388	31.597834	0.009491	0.002316	Fail	0.009565 n/a
RMS	Fail	12	599.798605	2.000591	0.000601	nan	n/a	0.000681 n/a
Overall	0.014059 A	13	649.781822	32.20678	0.009674	0.00196	Fail	0.009762 n/a
POHC	0.002846 A	14	699.765039	2.010419	0.000604	nan	n/a	0.000686 n/a
POHL	49.983217 Hz	15	749.748257	32.788844	0.009849	0.001698	Fail	0.009948 n/a
Frequency (measured)	50 Hz	16	799.731474	1.903077	0.000572	nan	n/a	0.000652 n/a
Frequency (rated)	10.000000 s	17	849.714691	30.179196	0.009065	0.001499	Fail	0.009112 n/a
Observation Period	ON	18	899.697908	1.751795	0.000526	nan	n/a	0.000617 n/a
1.5s Filter	ON	19	949.681125	25.573912	0.007682	0.001341	Fail	0.007729 n/a
Harmonic Grouping	0.504675	20	999.664342	1.674765	0.000503	nan	n/a	0.000587 n/a
Power Factor (measured)	0.6	21	1049.647559	21.475589	0.006451	0.001213	Fail	0.006518 n/a
Power Factor (rated)	MEASURED	22	1099.630776	1.685413	0.000506	nan	n/a	0.000583 n/a
Power Factor method	0.030037 A	23	1149.613993	19.414913	0.005832	0.001108	Fail	0.005905 n/a
Fundamental Current (measured)	1.000000 A	24	1199.59721	1.829836	0.00055	nan	n/a	0.000619 n/a
Fundamental Current (rated)	MEASURED	25	1249.580428	18.419707	0.005533	0.001019	Fail	0.005598 n/a
Fundamental Current method	0.000642 n/a	26	1299.563645	1.900768	0.000571	nan	n/a	0.000642 n/a
Harmonic 3	0.005122 n/a	27	1349.546862	16.858562	0.005064	0.000944	Fail	0.005122 n/a
Harmonic 5	0.000638 n/a	28	1399.530079	1.885234	0.000566	nan	n/a	0.000638 n/a
	0.004381 n/a	29	1449.513296	14.428879	0.004334	0.000878	Pass	0.004381 n/a
	0.000629 n/a	30	1499.496513	1.870417	0.000562	nan	n/a	0.000629 n/a
	0.003697 n/a	31	1549.47973	12.192582	0.003662	0.000822	Pass	0.003697 n/a
	0.000581 n/a	32	1599.462947	1.72437	0.000518	nan	n/a	0.000581 n/a
	0.003309 n/a	33	1649.446164	10.930637	0.003283	0.000772	Pass	0.003309 n/a
	0.000549 n/a	34	1699.429381	1.62563	0.000488	nan	n/a	0.000549 n/a
	0.00312 n/a	35	1749.412599	10.303029	0.003095	0.000728	Pass	0.00312 n/a
	0.000523 n/a	36	1799.395816	1.557282	0.000468	nan	n/a	0.000523 n/a
	0.002834 n/a	37	1849.379033	9.300246	0.002793	0.000689	Pass	0.002834 n/a
	0.000484 n/a	38	1899.36225	1.410692	0.000424	nan	n/a	0.000484 n/a
	0.002383 n/a	39	1949.345467	7.764231	0.002332	0.000653	Pass	0.002383 n/a
	0.000464 n/a	40	1999.328684	1.388381	0.000417	nan	n/a	0.000464 n/a

# 功率器件测量和分析

- 测量项目
  - 开、关、传导损耗
  - 总功率及能量损耗
  - 安全工作区
  - 调制分析
  - BH曲线分析、磁损
  - $dv/dt$ ,  $di/dt$ 测量
- 仪器配置
  - 仪器：DPO5000B/4000B/MDO3000
  - 附件：P5200A+TCP0030/TCP202
  - PWR电源模块

# LED驱动测试技术



# 开关损耗测量

- 开点损耗

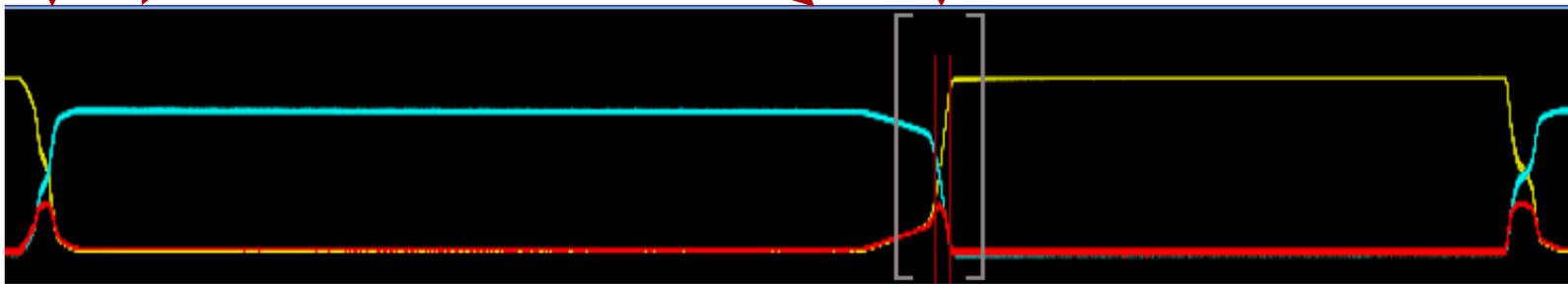
- 在开关设备从非传导状态变成传导状态时的能量损耗

- 传导损耗

- 开关设备在饱和时的损耗

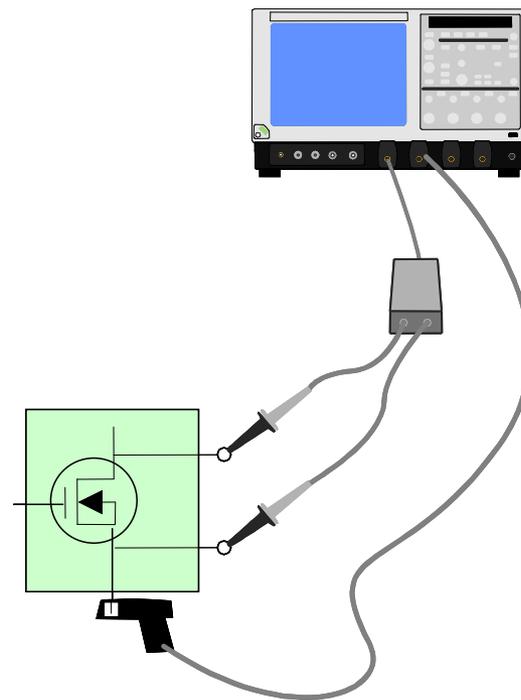
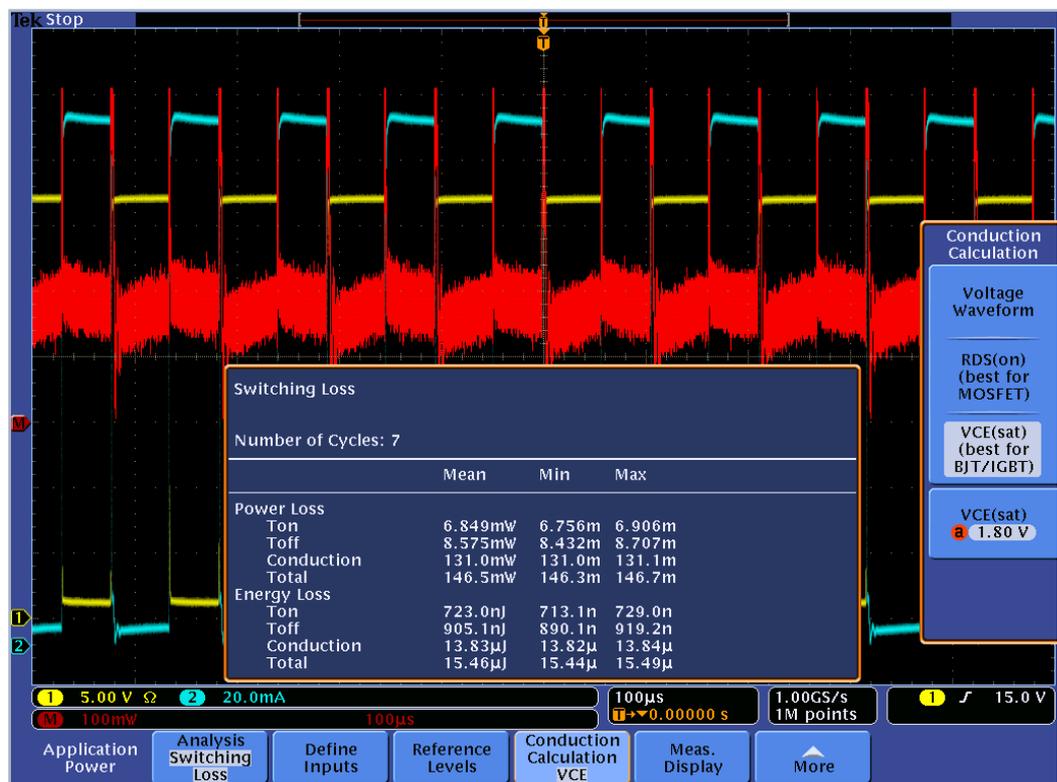
- 闭点损耗

- 在开关设备从传导状态变成非传导状态时的能量损耗



# 开关损耗测量

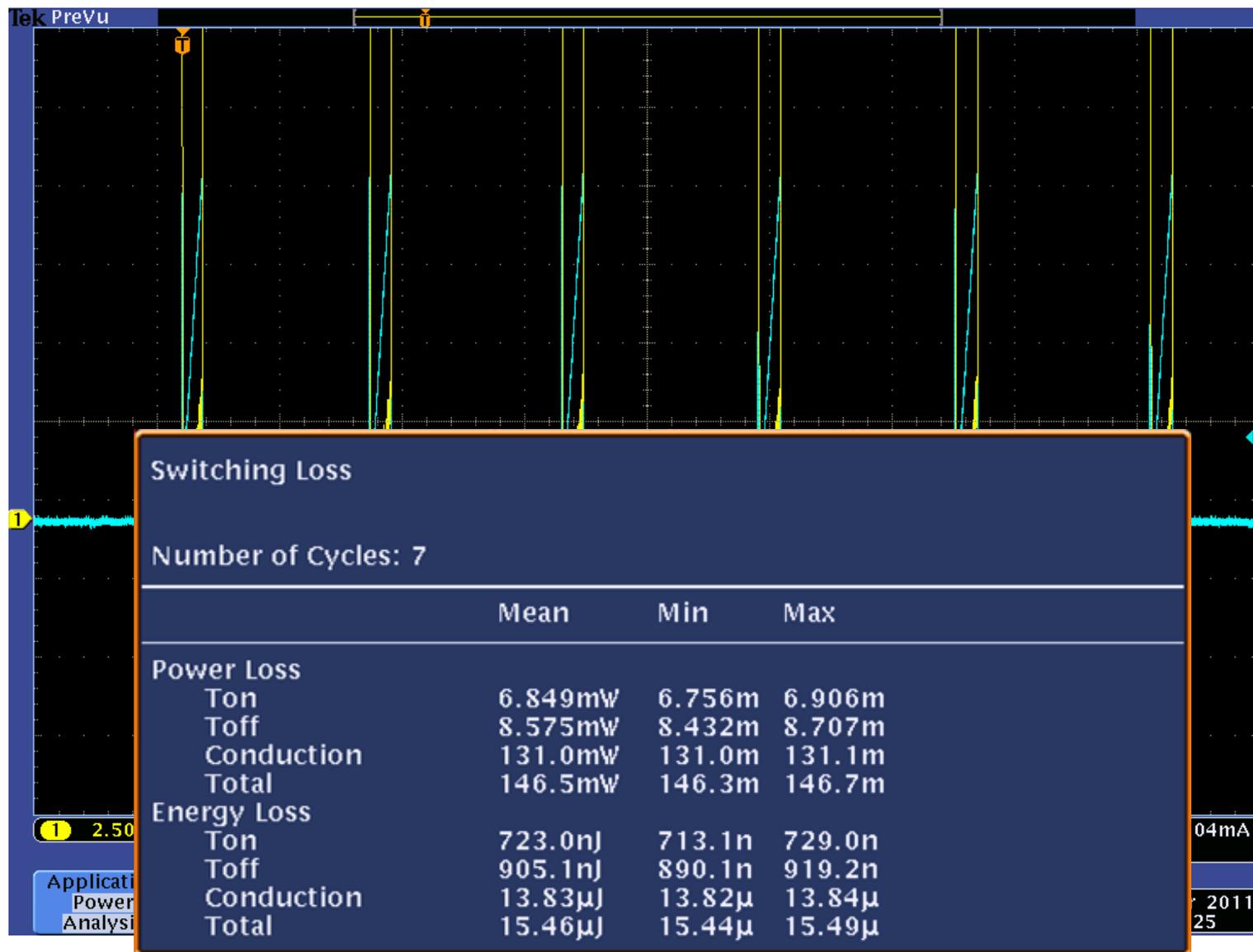
- 简单的开关损耗测量是测量流经开关设备的电压及流经开关设备的电流。
- 电源分析软件将计算开点损耗、闭点损耗和传导损耗。
- 警告：电压波形和电流波形之间的定时必须准确。



带有DPO4PWR模块的泰克MSO/DPO4000示波器

# 开关电源和能量损耗测量

总和 = 开点损耗 + 闭点损耗 + 传导损耗

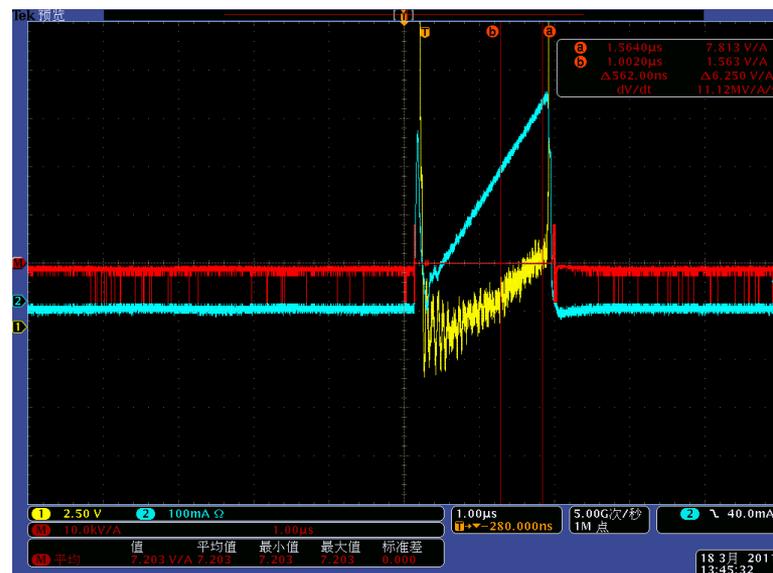


# RDS ON或Vset的测试

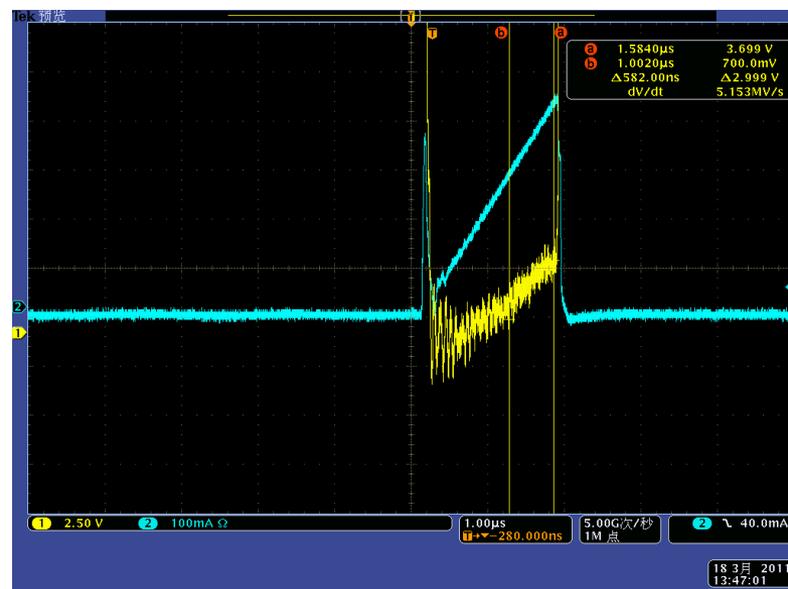
## 测试

- P5205预热后不接信号短接调整直流偏置
- 设Ids为触发源
- P5205接Vds在DUT不通电的条件下在做一次直流偏置调整
- 选择高分辨率模式
- 通电后尽可能垂直放大Vds (以通道不饱和为基准)

测量的Rds=7.2Ω



测量的Vset=3.7V



# 安全工作区模板测试

## 用户自定义模板

- 检定设备的工作区域

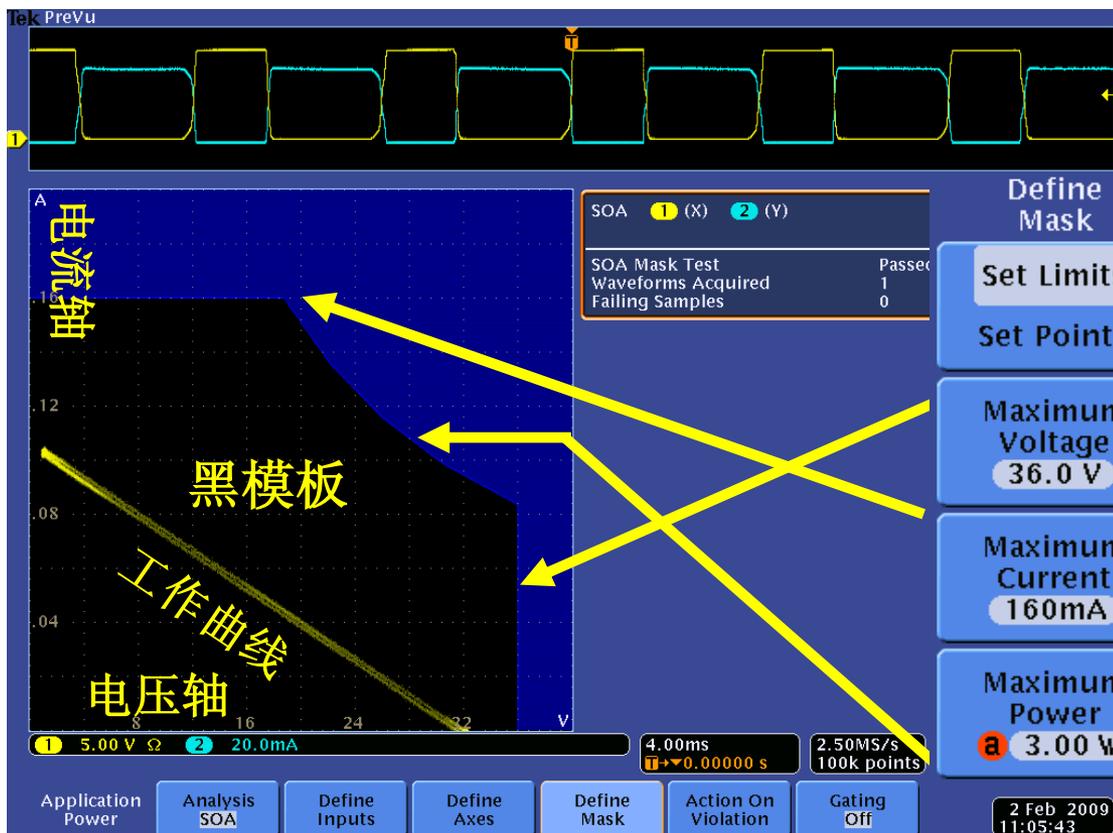
- 使用下面的公式计算瞬时功率:

$$P_n = V_n I_n$$

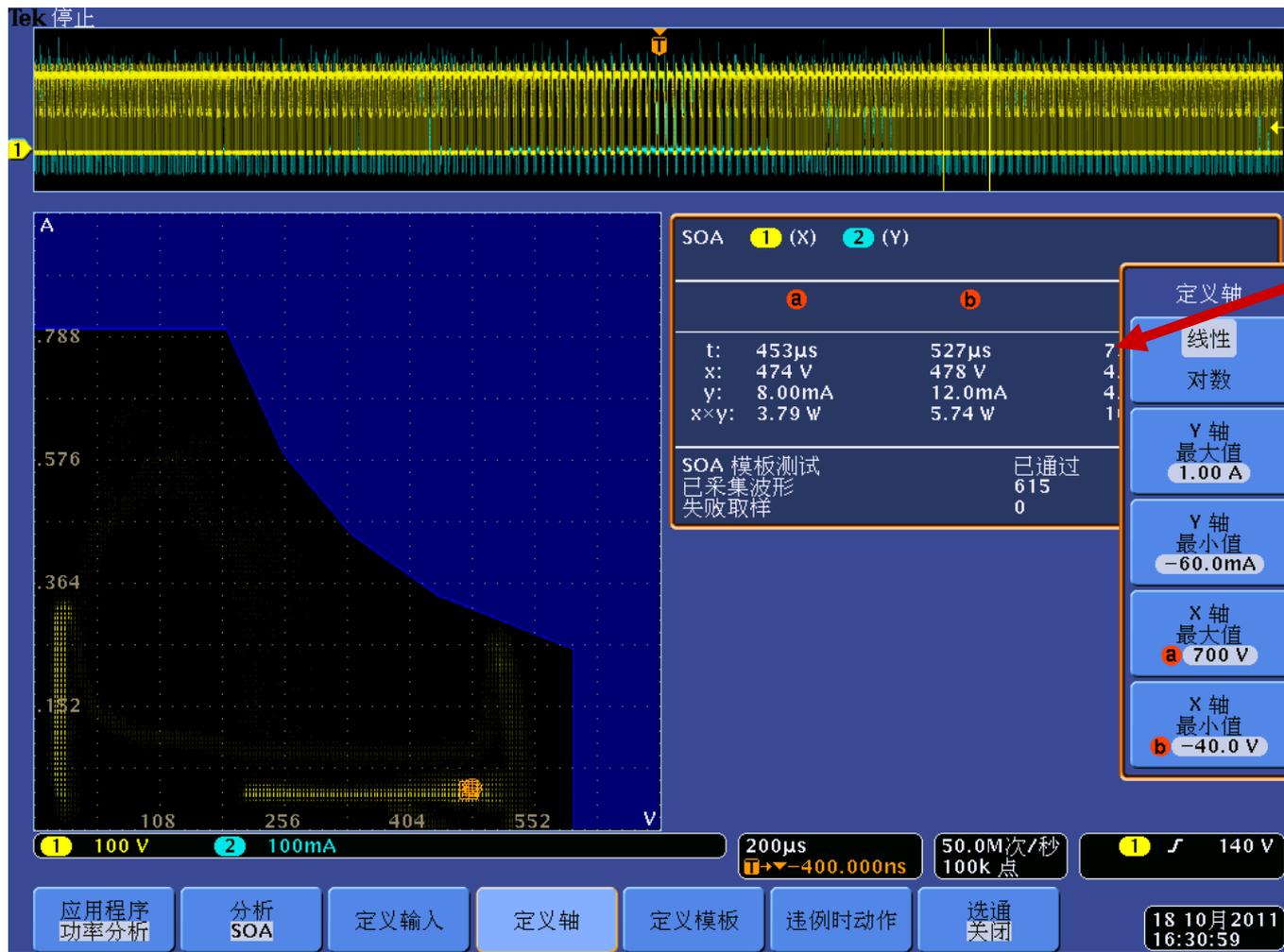
- 其中:

- $P_n$  是瞬时功率。
- $V_n$  是电压。
- $I_n$  是电流。
- $n$  是样点。

- 测量变量可以包括不同的负载、工作温度、高和低线路输入电压、等等



# 安全工作区测量



通过/失败结果

带有DPO4PWR的泰克MSO/DPO4000示波器

# 调制分析

## 开关的控制信号电压

- 调制在控制环路的反馈系统中具有重要意义
  - 调制太多会导致环路变得不稳定
  - 在调制频次较低的区域中，波形较暗



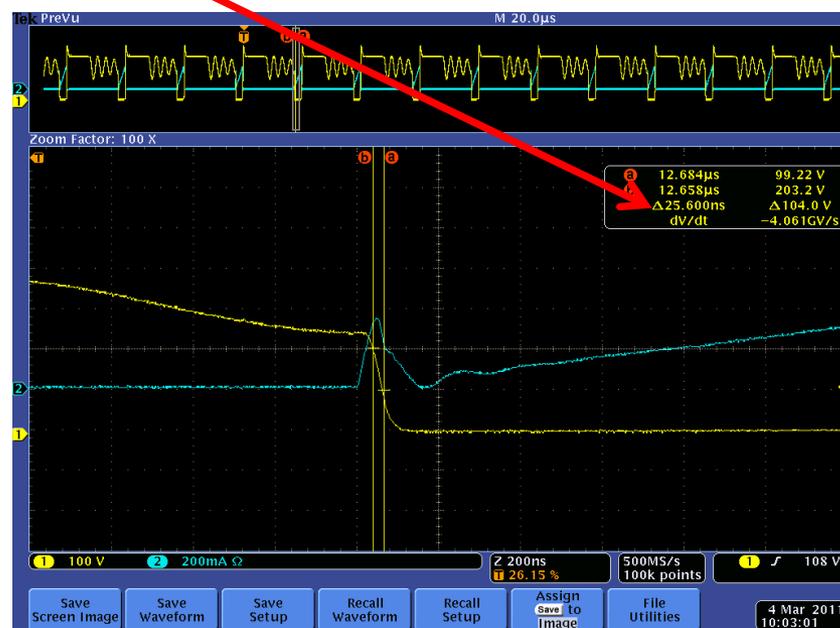
观察到的PWM及对脉宽、周期和占空比的分析



用余辉的功能观察PWM信号

# dV/dt, dI/dt的测量

光标读取dv/dt



上升沿

下降沿

Parameter

Drain Source voltage slope

$V_{DS} = 640 \text{ V}$ ,  $I_D = 8 \text{ A}$ ,  $T_i = 125 \text{ }^\circ\text{C}$

Symbol

dv/dt

Value

50

Unit

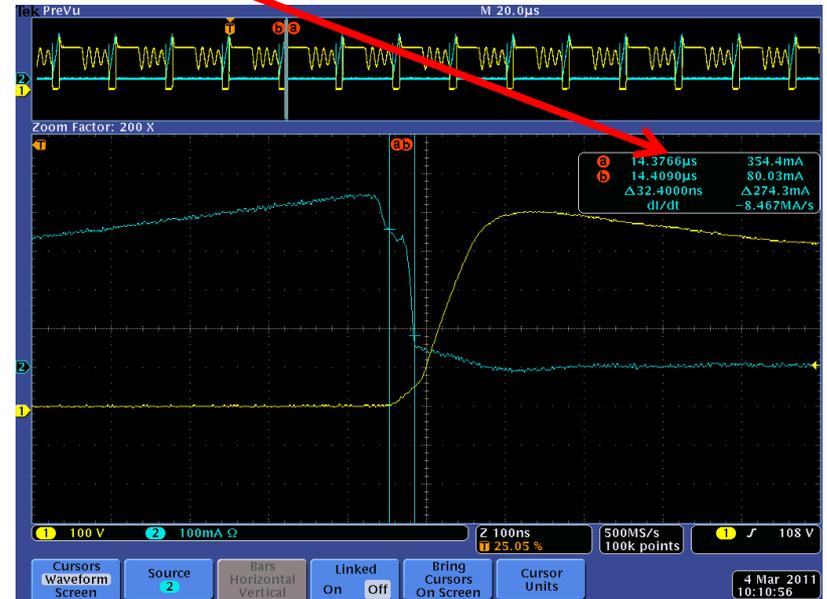
V/ns

# dV/dt, dI/dt的测量

光标读取di/dt



上升沿



下降沿

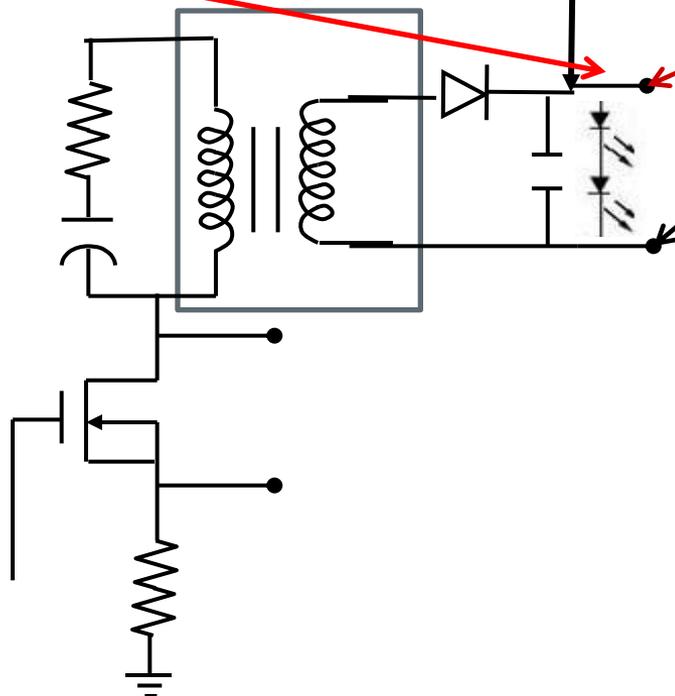
# 驱动输出的参数测试

- 测量项目：
  - DC输出的纹波电压和纹波电流
  - DC输出的电流稳定度
  - DC输出功率
- 仪器配置
  - DPO4000B/MDO3000, PA4000/1000
  - DMM4020/4040
  - TCP0030+TPP0502



# LED驱动测试技术

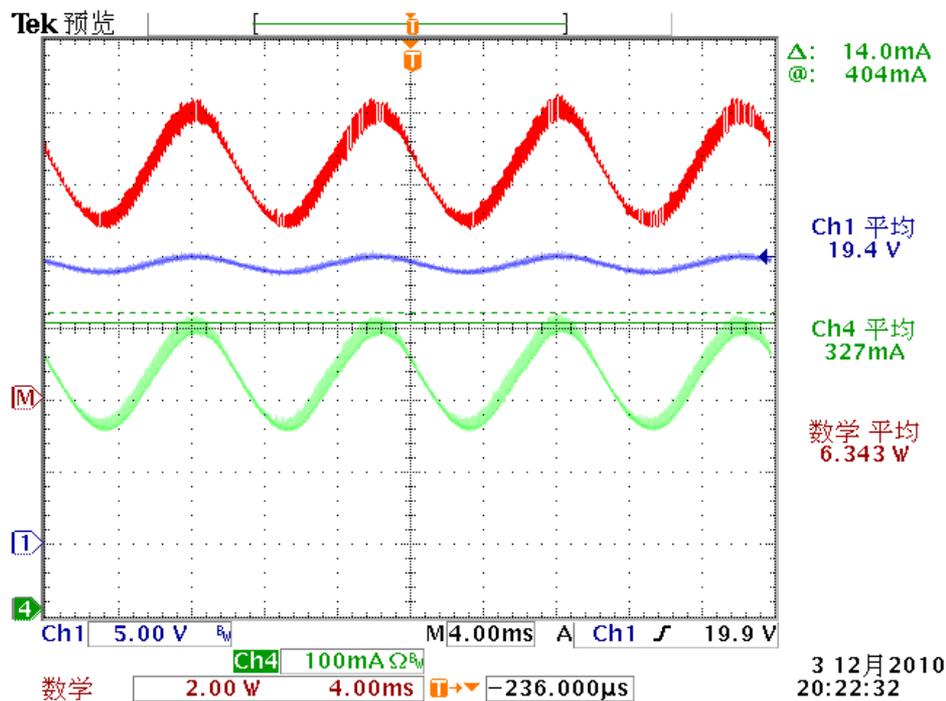
DC输出电压和电流  
纹波测试  
功率测试



# DC输出参数测量

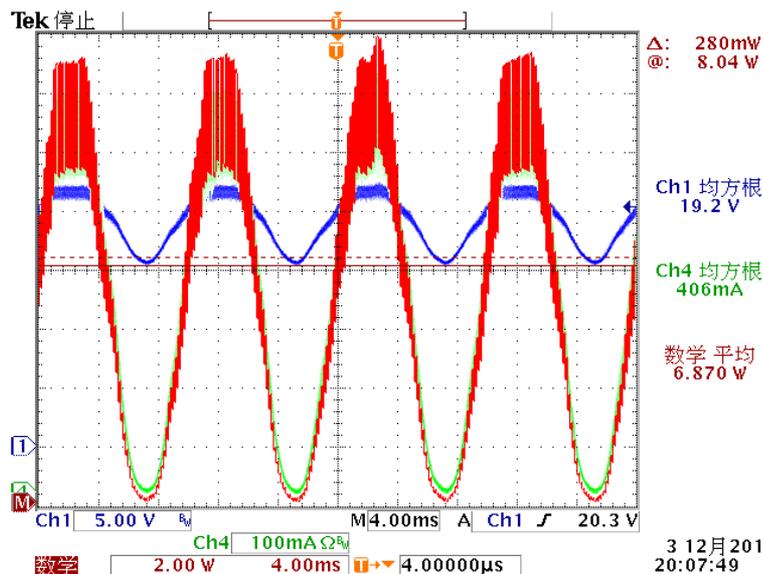
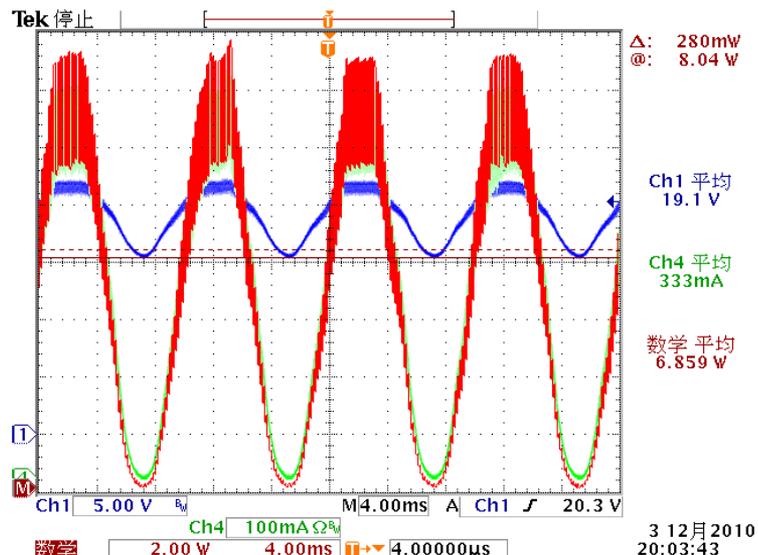
## 输出纹波对电源效率及LED的影响

Pin=7.54W



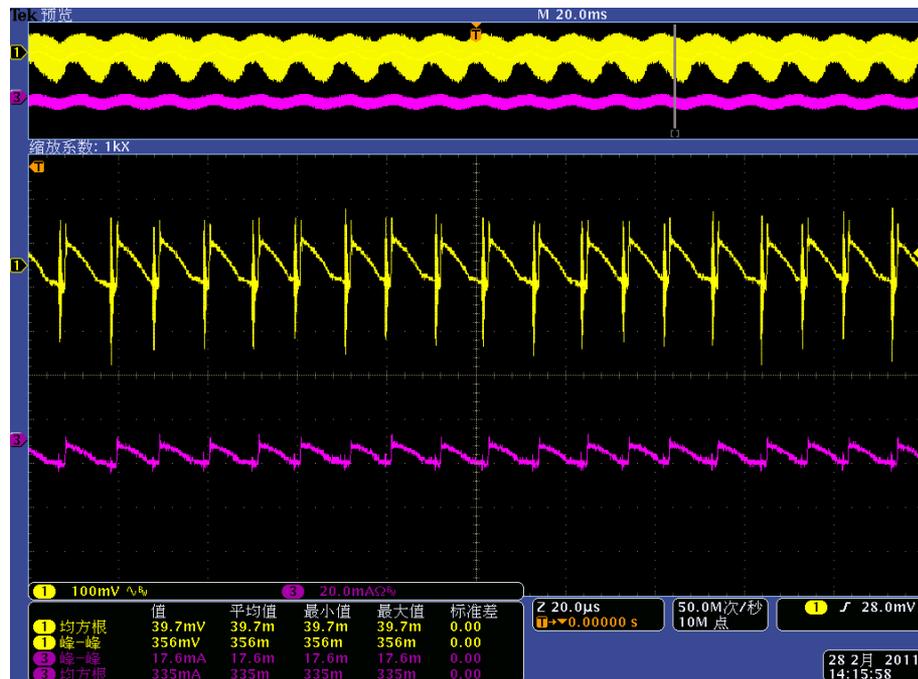
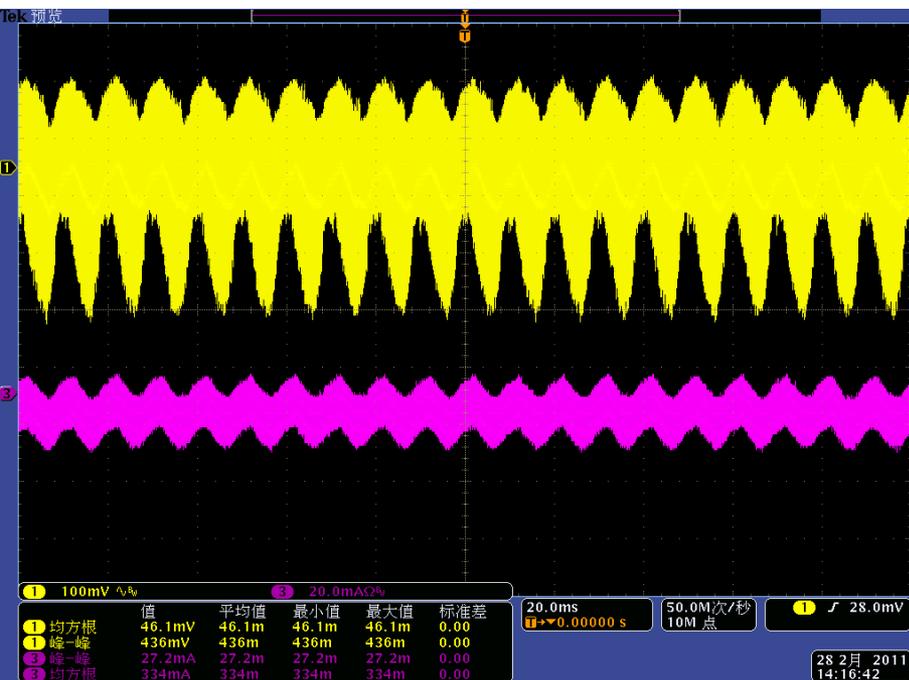
左图：有电解电容的输出波形  
 $P_{out}=6.343W$  计算的效率= $P_{out}/P_{in}=83.8\%$

右图：无电解电容的输出波形  
可以看出，电流波形纹波变大，需要计算有效值来得到正确的效率



# DC输出纹波电流测量

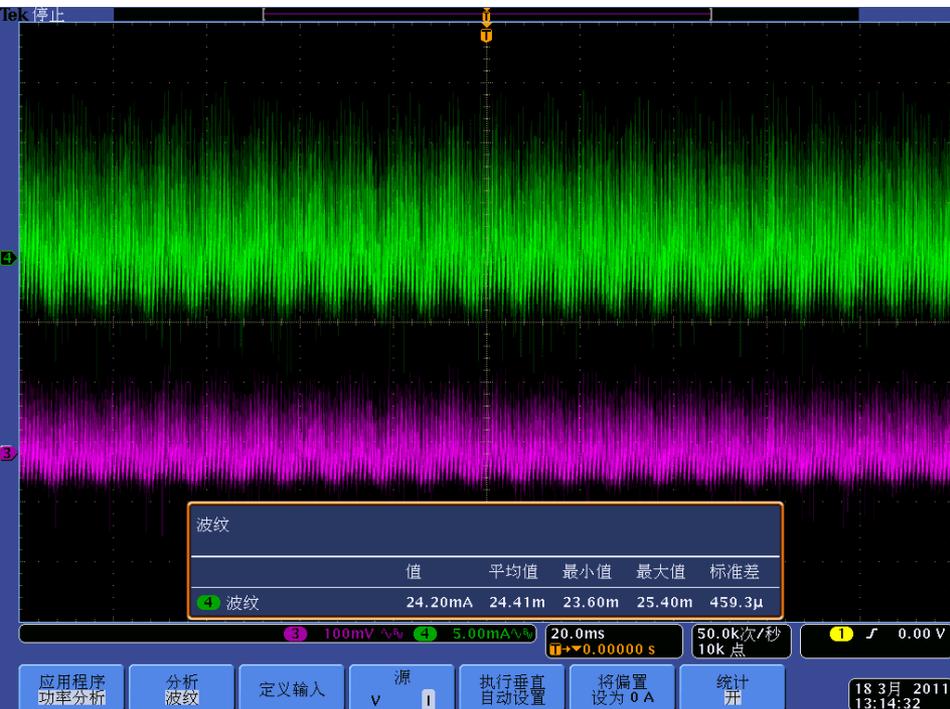
- LED的驱动一般多采用恒流驱动，才能发挥其亮度效率及色彩亮丽的优势
- LED生产商建议：纹波电流应介于正向电流的 $\pm 5\% \sim \pm 20\%$
- 纹波电流越大，LED的热能损耗越大，对结温以及寿命会影响很大



CH1:电压纹波 CH3:电流纹波

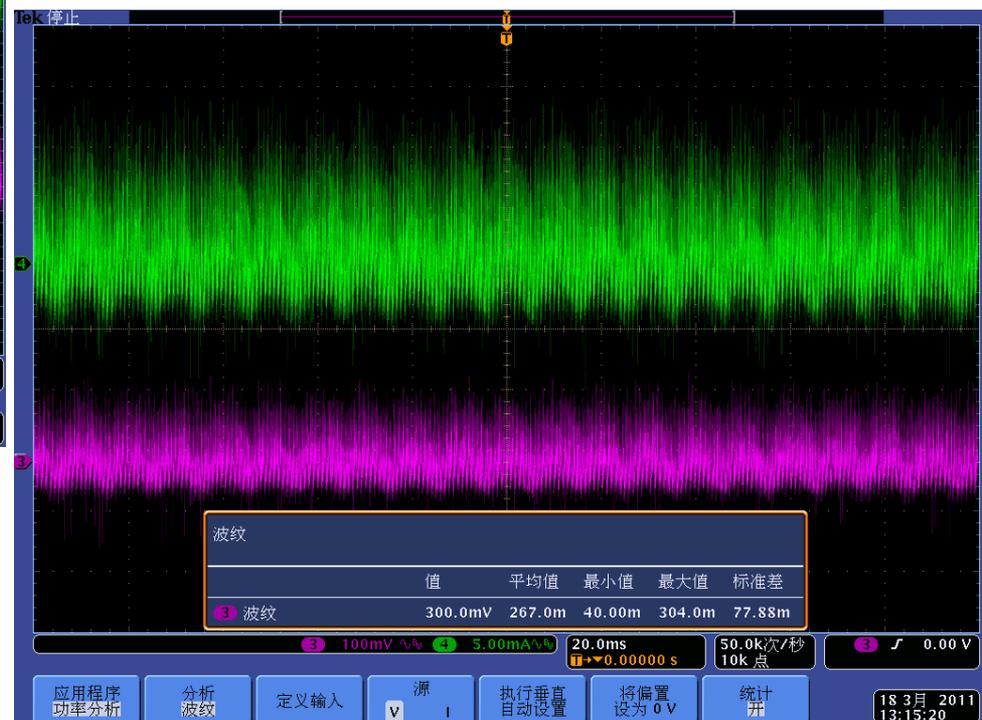
# DC输出纹波电压测量

自动统计测量

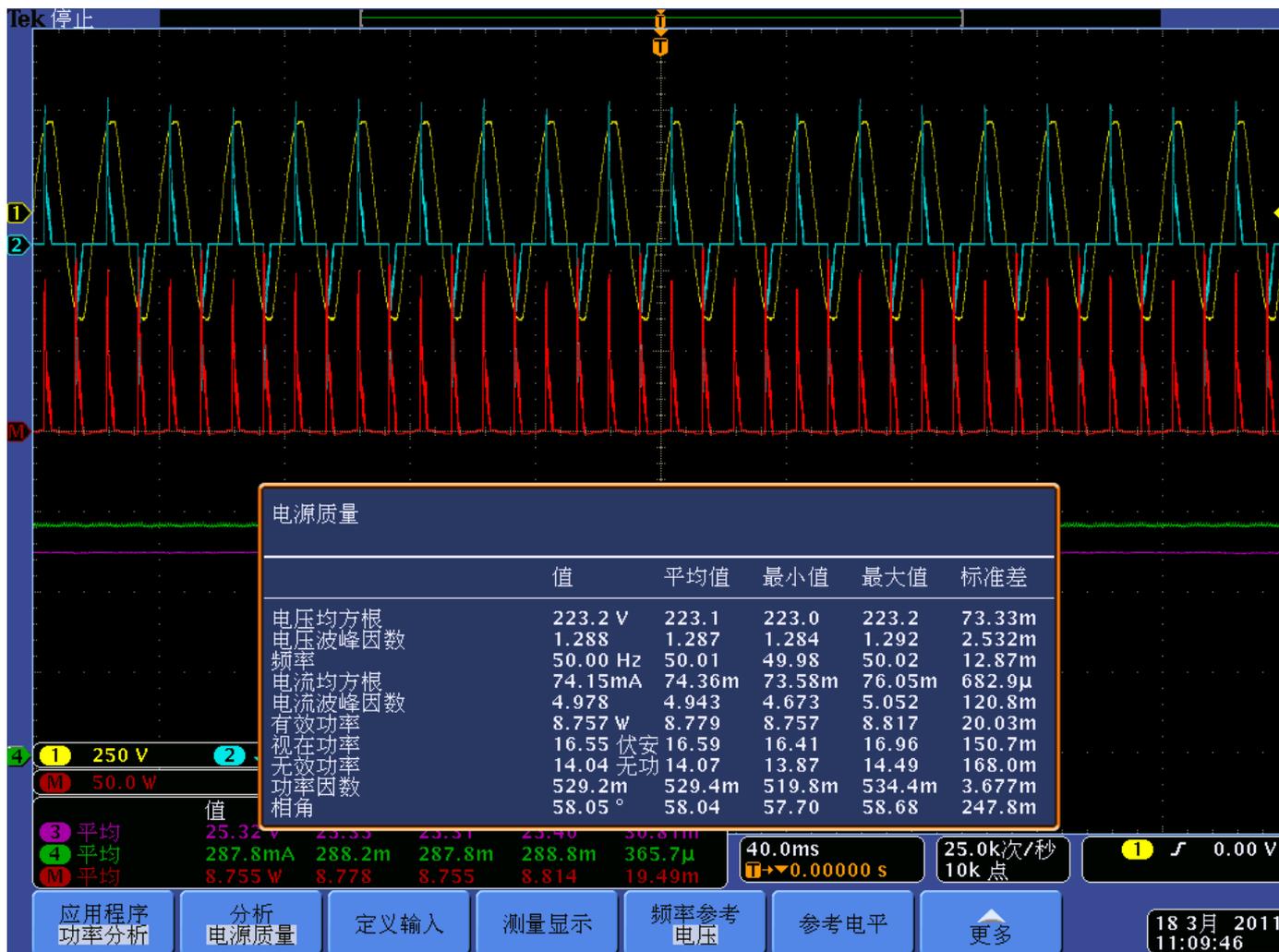


电流纹波

电压纹波



# DC输出功率测量



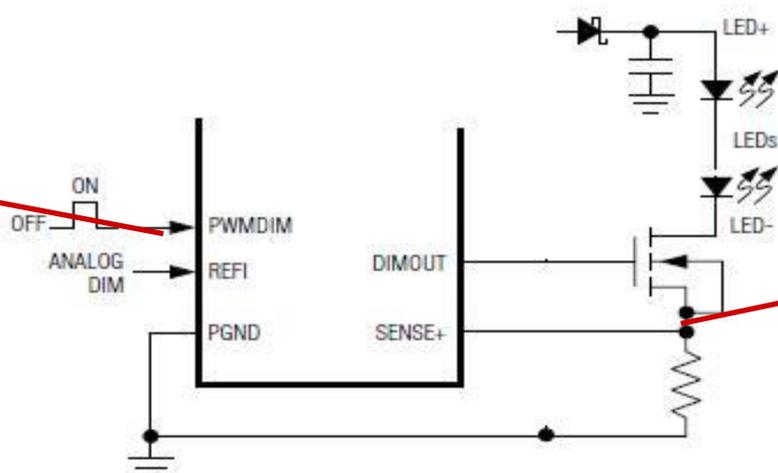
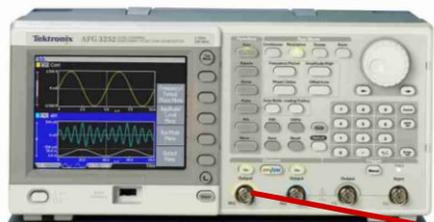
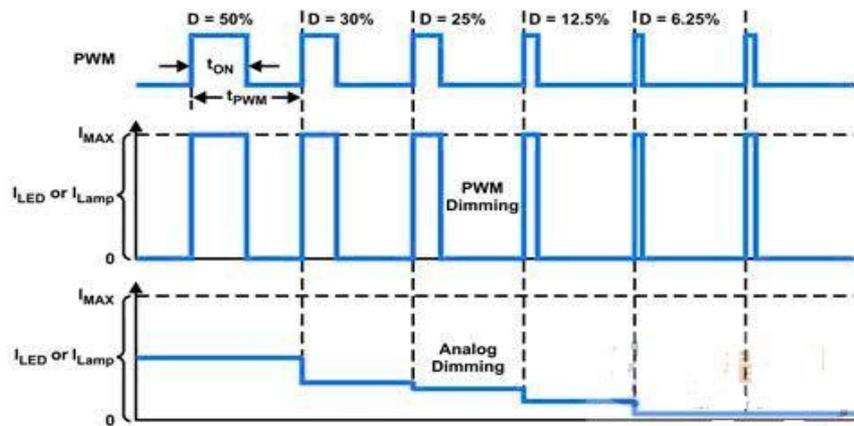
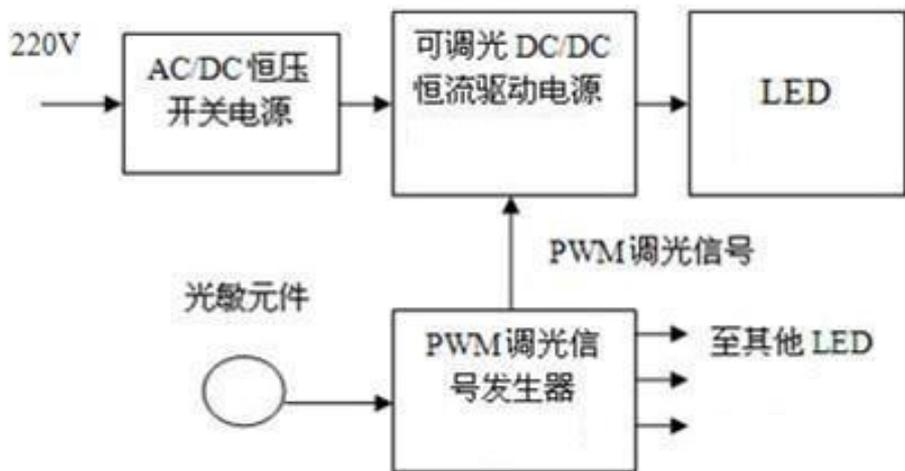
输出: 电流=287.8mA, 电压=25.32V,

Pout=7.287W

效率:

$P_{out}/P_{in}=7.287/8.755=83.2\%$

# PWM调光测试

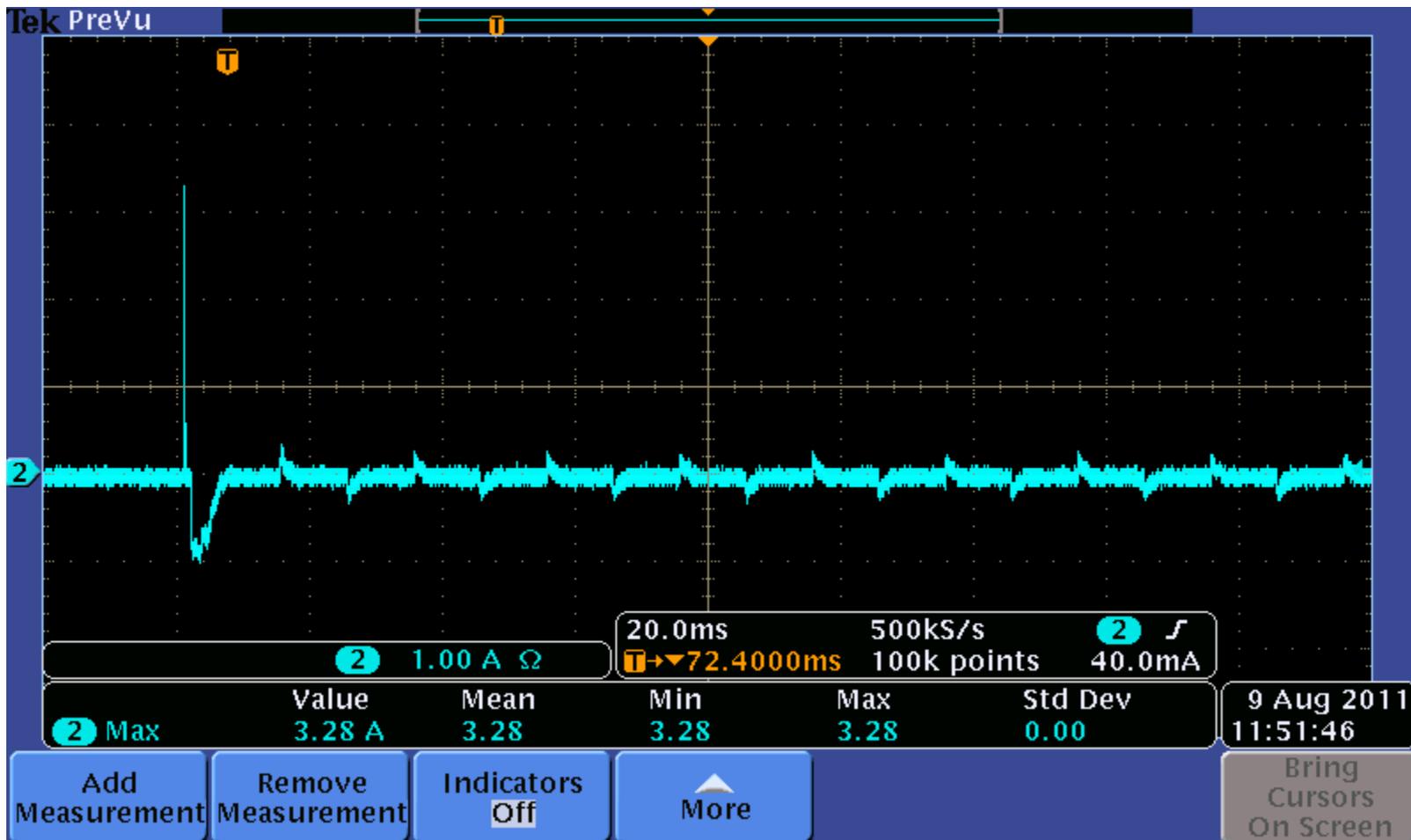


# 其它项目测量

- 测量项目
  - 输入冲击电流的测量
  - 输出电流（电压）过冲幅度测量
  - 启动、关断时间的测量
- 仪器配置
  - DPO5000/4000B/MDO3000
  - TCP0030
  - P5200A

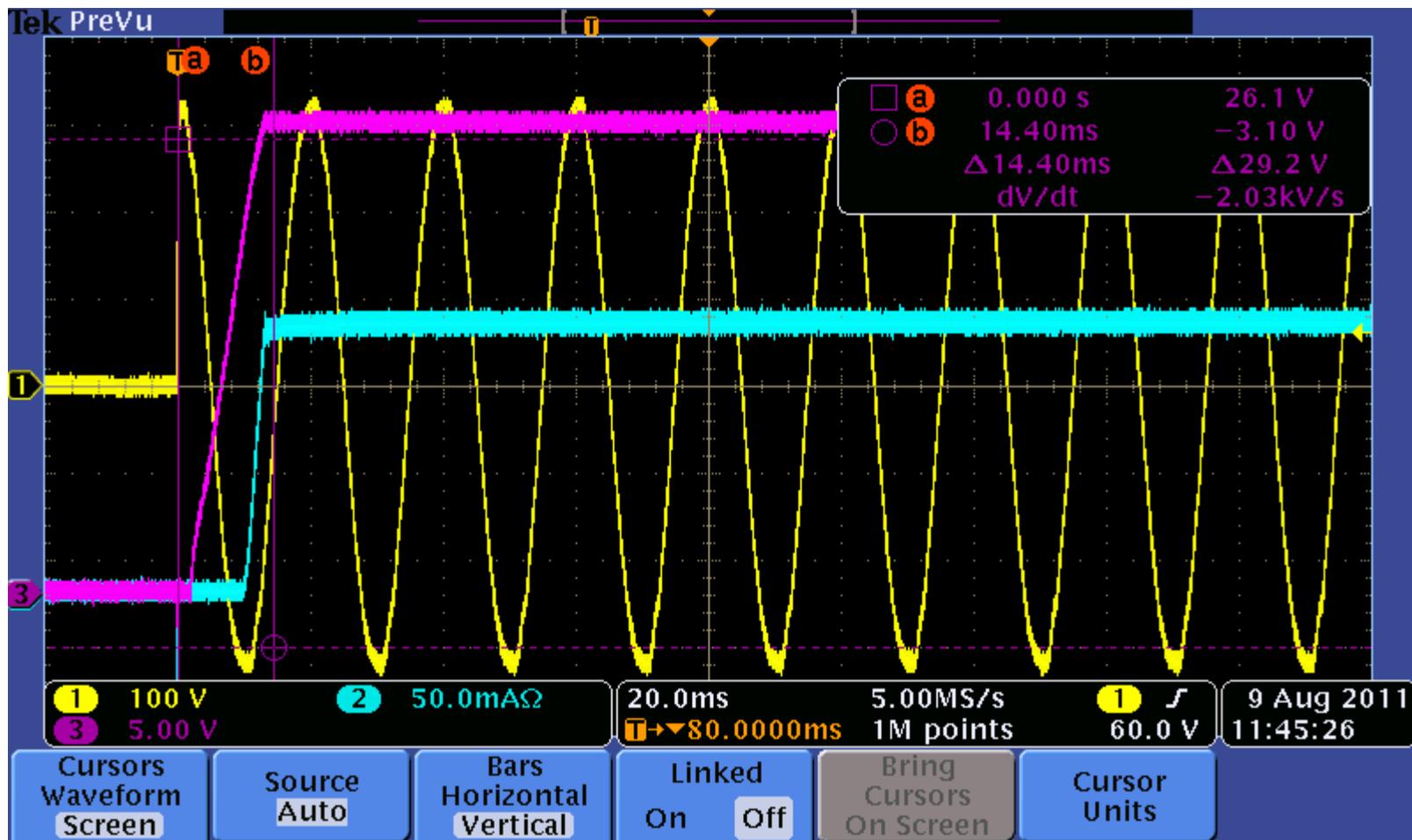
# 其它项目测量

- 输入冲击电流的测量



# 其它项目测量

- 启动、关断时间的测量



# PA4000/1000 –功率分析仪

- 双电流分流器，适用电流范围广
  - **40 $\mu$ A - 20A RMS**直接输入
    - 即使再小电流时仍保持很高的精度
    - **EnergyStar™**、**IEC50564**、**IEC62301**及旨在降低能耗的其它标准的全面合规测试
- **0.01% / 0.05%**基本精度，**1MHz**带宽
  - 满足当今测量要求
- 多功能彩色图形显示器，多种应用模式及人性化的用户界面
  - 操作简单，使用便捷
- 前面板**USB**接口，记录数据 + 标配通信端口
  - 数据保存，进行离线分析和报告
- **PWRVIEW**软件，提供设置向导和一致性测试
  - 简化特定应用和法规测试设定工作
- **标配最完整** - 标配功能，竞争对手的分析仪则要额外购买
  - 通信端口，谐波分析，**PC**软件
- **业内最好的5年**保修



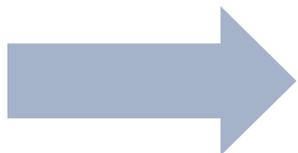
# PA1000功率分析仪 – PWRVIEW PC软件

- 远程仪器控制
- 测量功能
- 波形显示
- 谐波柱状图
- 把数据导出到Excel
- 对主要应用提供设置向导及自动测量功能
- IEC62301全面符合规范测试(待机功率测量)
- 从tek.com免费下载



# 大纲

- LED的特点和应用
- LED芯片、器件的测试
- LED驱动电源的测量技术
- **TEKTRONIX的LED驱动测试方案及特点**



电流探头  
TCP0030  
TCPA300+TCP312  
TCP202



MDO3000

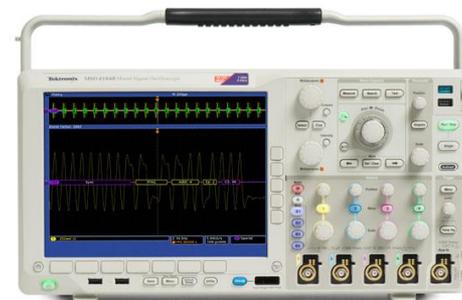
电压探头  
P5200、P5205  
P2221、TPP0502  
THDP0100/0200



DPO2000

Tektronix的LED  
驱动测试方案  
及特点

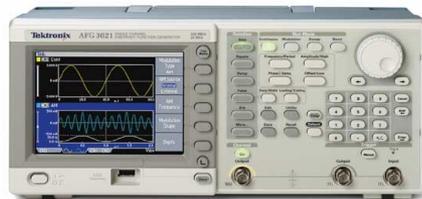
PWR电源测量  
和分析模块



DPO4000



DMM4000



AFG3021B



PA功率分析仪

# MSO/DPO系列示波器



	4000B系列	MDO3000系列	2000系列
带宽	1 GHz, 500 MHz, 350 MHz, 100MHz	1GHz, 500 MHz, 300 MHz, 200MHz, 100 MHz	200 MHz, 100 MHz
通道数量	4条模拟通道 16条模拟通道 (MSO系列)	2条或4条模拟通道 16条模拟通道 (MDO3MSO) 频谱仪	2条或4条模拟通道 16条模拟通道 (MSO系列)
记录长度	20 M点	10 M点	1 M点
波形捕获速率	>50,000 wfm/s	>250,000 wfm/s	5,000 wfm/s
并行总线分析	是 (MSO系列)	是 (MDO3MSO)	是 (MSO系列)
选配串行总线分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ I<sup>2</sup>C, SPI</li> <li>▪ CAN, LIN, FlexRay</li> <li>▪ RS-232/422/485/UART</li> <li>▪ I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM</li> <li>▪ LAN, 1553</li> <li>▪ USB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ I<sup>2</sup>C, SPI</li> <li>▪ CAN, LIN</li> <li>▪ RS-232/422/485/UART</li> <li>▪ I<sup>2</sup>S/LJ/RJ/TDM</li> <li>▪ 1553, USB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ I<sup>2</sup>C, SPI</li> <li>▪ CAN, LIN</li> <li>▪ RS-232/422/485/UART</li> </ul>
选配分析软件包	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 电源分析</li> <li>▪ HDTV和自定义视频</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 电源分析</li> <li>▪ HDTV和自定义视频</li> </ul>	

# 更新！P5200A系列高压差分探头

Characteristic	P5200A	P5202A	P5205A	P5210A	P5201
Attenuation	50X / 500X	20X / 200X	50X / 500X	100X / 1000X	20X / 200X
Differential Voltage	500X: $\pm 1300$ V	200X: $\pm 640$ V	500X: $\pm 1300$ V	1000X: $\pm 5600$ V	200X: $\pm 1400$ V
	50X: $\pm 130$ V	20X: $\pm 64$ V	50X: $\pm 130$ V	100X: $\pm 560$ V	20X: $\pm 140$ V
Common Mode Voltage	$\pm 1300$ V	$\pm 640$ V	$\pm 1300$ V	$\pm 5600$ V	$\pm 1400$ V
Maximum Input Voltage-to-Earth	1000 V CAT II	450 V CAT I	1000 V CAT II	2300 V CAT I	1000 V CAT III
		300 V CAT II		1000 V CAT III	
Bandwidth	50 MHz	100 MHz	100 MHz	50 MHz	25 MHz
Rise Time	<7 ns	<3.5 ns	<3.5 ns	<7 ns	<14ns
Input Impedance between each Input and Ground	5 M $\Omega$ , 4 pF	2.5 M $\Omega$ , 4 pF	5 M $\Omega$ , 4 pF	20 M $\Omega$ , 5 pF	4 M $\Omega$ , 5.5 pF
Differential Input Impedance	10 M $\Omega$ , 2 pF	5 M $\Omega$ , 2 pF	10 M $\Omega$ , 2 pF	40 M $\Omega$ , 2.5 pF	
Typical CMRR	DC: >80 dB	DC: >80 dB			50 Hz: >80 dB
	100 kHz: >60 dB	100 kHz: >60 dB			20 kHz: >60 dB
	3.2 MHz: >30 dB	3.2 MHz: >40 dB			
	50 MHz: >26 dB	50 MHz: >30 dB			
Cable Length	1.8 m				1.5 m
Termination	BNC	TEKPROBE	TEKPROBE	TEKPROBE	BNC

# TMDP & THDP 系列高压差分探头

	TMDP0200	THDP0200	THDP0100
衰减	25X/250X	50X/500X	100X/1000X
动态范围	250X: +/- 750 V 25X: +/- 75V	500X: +/- 1500 V 50X: +/- 150 V	1000X: +/- 6000 V 100X: +/- 600 V
共模电压	250X: +/- 750 V 25X: +/- 75V	500X: +/- 1500 V 50X: +/- 150 V	1000X: +/- 6000 V 100X: +/- 600 V
带宽	200 MHz	200 MHz	100 MHz
上升时间	< 1.8 ns	< 1.8 ns	< 3.5 ns
转换速率	< 275 V/ns @ 1/250 gain	< 650 V/ns @ 1/500 gain	< 2500 V/ns @ 1/1000 gain
探头输入阻抗	5 MΩ    < 2 pF	10 MΩ    < 2 pF	40 MΩ    < 2.5 pF
共模抑制比	DC: > - 80 dB 1 MHz: > - 60 dB 3.2 MHz: > - 30 dB 50 MHz: > - 26 dB	DC: > - 80 dB 1 MHz: > - 60 dB 3.2 MHz: > - 30 dB 50 MHz: > - 26 dB	DC: > - 80 dB 1 MHz: > - 60 dB 3.2 MHz: > - 30 dB 50 MHz: > - 26 dB
电缆长度	1.5 m	1.5 m	1.5 m

# 更新! 高压探头

	P5100A	P6015A	P5122	TPP0850	P5150
<b>Bandwidth</b>	500 MHz	75 MHz	200 MHz	800 MHz	500 MHz
<b>Input Impedance</b>	40 M $\Omega$ / 1.5 pF	75 M $\Omega$ / 3 pF	100 M $\Omega$ / 4.0 pF	40 M $\Omega$ / 1.5 pF	40 M $\Omega$ / 3.8 pF
<b>Maximum Voltage</b>	2.5 kV Peak, 1000 V RMS CAT II	20 kV	1000 V RMS CAT II	2.5 kV Peak, 1000 V RMS CAT II	2.5 kV Peak, 1000 V RMS CAT II
<b>Attenuation</b>	100X	1000X	100X	50X	50X
<b>Connectivity</b>	BNC	BNC	BNC	BNC	BNC
<b>Rise Time</b>	<700 ps	4.0 ns	2.2 ns	<525 ps	<700 ps

# 电流探头



	A622	TCP0030	TCP0150	TCP202	TCP303 W TCPA300	TCP305 W TCPA300	TCP312 W TCPA300	TCP404XL W TCPA400
上升时间	3.5 $\mu$ S	< 2.92 nS	< 17.5 nS	< 7 nS	< 23 nS	< 7 nS	< 3.5 nS	< 175 nS
带宽	100 kHz	120 MHz	20 MHz	50 MHz	15 MHz	50 MHz	100 MHz	2 MHz
最大电流DC / RMS / Peak AC	100A / 70.7 A / 100 A	30 A / 30 A / 42 A	150 A / 150 A / 212 A	15 A / 10.6 A / 15 A	150 A / 150 A / 212 A	50 A / 35.4 A / 50 A	30 A / 21.2 A / 30 A	750 A / 500 A / 750 A
最小电流	10 mA	1 mA	5 mA	10 mA	5 mA	5 mA	1 mA	1 mA
说明（接口）	BNC	VPI	VPI	TEKPROB E	BNC,TEKPROB E	BNC,TEKPRO BE	BNC,TEKPRO BE	BNC,TEKPROBE

# AFG3000C函数信号源产品

	AFG2021	AFG3011C	AFG302xC	NEW! AFG305xC	AFG310xC	AFG325xC
通道	1	1	1 or 2			
正弦波频率	20MHz	10MHz	25MHz	50 MHz	100MHz	240MHz
方波频率	10MHz	5 MHz	25 MHz	40 MHz	50 MHz	120 MHz
其它频率	200KHz	100 kHz	500 kHz	800 kHz	1 MHz	2.4 MHz
脉冲/方波 沿时间	18ns	50 ns	9 ns	7 ns	5 ns	2.5 ns
任意波沿时间	20ns	80 ns	14 ns	10 ns	8 ns	3 ns
采样率	250MS/s	250 MS/s		Up to 1 GS/s		Up to 2 GS/s
幅度 (50 Ω load)	10 mV <sub>p-p</sub> - 10 V <sub>p-p</sub>	20 mV <sub>p-p</sub> to 20 V <sub>p-p</sub>	10 mV <sub>p-p</sub> to 10 V <sub>p-p</sub>		20 mV <sub>p-p</sub> to 10 V <sub>p-p</sub>	50 mV <sub>p-p</sub> to 5 V <sub>p-p</sub>
任意波存储深度	4X128KS	4X128KS				
显示	3.5"	5.6" TFT color LCD				
接口	GPIB, LAN, USB					

# 高性能的电参数测试----万用表系列



	DMM4020	2110	DMM4050/4040	2000/2100	2001/2010	2002
分辨率	5.5位	5.5位	6.5位	6.5位	7.5位	8.5位
基本量程直流电压的精度	0.015%	0.012%	4050: 0.0024% 4040: 0.0035%	2100: 0.0038% 2000: 0.0020%	0.0018%	0.0006%
测量功能	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率、电容、TC/RTD	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率, 周期 4050:RTD, 电容	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 通断, 二极管, 频率, 周期 2000:dB/dBm\TC 2100:RTD	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 频率, 周期, TC/RTD 2010:接触电阻、比率,通断, 二极管 2001: 尖峰电压	交流电压、电流, 直流电压、电流, 电阻, 频率, 周期, TC/RTD ,尖峰电压
分析模式	极限比较	极限比较	趋势, 统计, 直方图	无	无	无
扫描卡扩展	无	无	无	2000: 10ch	10CH	10CH
接口	RS232	USB、 GPIB	RS232/USB/GPIB	2100: USB 2000: GPIB	RS232/GPIB	GPIB

# 供电、老化、寿命测试---DC程控型电源



特点	Series PWS4000 and Series 2200					Model 2220-30-1 Dual-Channel	Model 2230-30-1 Triple-Channel	2260A
型号	PWS4721 2200-72-1	PWS602 2200-60-2	PWS4323 2200-32-3	PWS4305 2200-30-5	PWS4205 2200-20-5	2220-30-1	2230-30-1	2260A-30-36 2260A-30-72 2260A-80-13.5 2260A-80-27
通道	1					2	3	1
电压	72V	60V	32V	30V	20V	Ch 1 : 30V, Ch 2:30V	Ch1: 30V, Ch 2: 30V, Ch 3: 6V	30/80
电流	1.2A	2.5A	3A	5A	5A	Ch1: 1.5A, Ch 2: 1.5A	Ch1: 1.5A, Ch 2: 1.5A, Ch 3: 5A	26/72/13.5/27
功率	86W	150W	96W	150W	100W	45W/channel; 90W total	Ch 1 and CH 2: 45W Ch 3: 30W, 120W total	360W/720W
纹波、噪声	<1mV <sub>RMS</sub> <3mV <sub>P-P</sub>	<1mV <sub>RMS</sub> <5mV <sub>P-P</sub>	<1mV <sub>RMS</sub> <4mV <sub>P-P</sub>	<1mV <sub>RMS</sub> <4mV <sub>P-P</sub>	<1mV <sub>RMS</sub> <3mV <sub>P-P</sub>	<1mV <sub>RMS</sub> , <3mV <sub>P-P</sub>		<1mV <sub>RMS</sub> , <3mV <sub>P-P</sub>
分辨率	1mV, 0.1mA					1mV, 1mA		1mV, 1mA
电压精度	0.03%					0.03%		0.03%
电流精度	0.05%					0.1		0.1
接口	USB (Series PWS4000) USB, GPIB ( Series 2200)					USB		USB,LAN

# 多通道数据记录和系统、功能测试--数采和开关系列

产品	产品描述	插槽数	插入卡	测量分辨率	低频通道数 (最多)	通道/秒	最高频率	连通性
2700	便携式/台式数据采集系统 内置 6 ½ 位数字万用表	2	多路复用器 开关矩阵 通用 RF 数字 IO 数模转换器	22 位	80 个 2 线多路复用器 96 个 2 线开关矩阵交叉点	250 通道/秒	3.5 GHz	GPIB RS-232 ExceLINX
2701	12 种插卡可供选择 板上温度参考	2		22 位	80 个 2 线多路复用器 96 个 2 线开关矩阵交叉点	500 通道/秒	3.5 GHz	LAN RS-232 ExceLINX
2750	台式数据采集系统 内置 6 ½ 位数字万用表 12 种插卡可供选择 板上温度参考	5		22 位	200 个 2 线多路复用器 240 个 2 线开关矩阵交叉点	2500 通道/秒	3.5 GHz	GPIB RS-232 ExceLINX

型号	描述	通道数	连接器	最大电压	最大电流	备注
7700	差分多路复用器 带CJC	20	接线柱	300VDC	1A	2- or 4-wire, 2 Current Channels, 3A Max
7701	低压差分多路复用器	32	50-pin D-sub 25-pin D-sub	150VDC	1A	Common Side Ohms configuration 2- or 4-wire
7702	差分多路复用器	40	接线柱	300VDC	1A	2- or 4-wire, 2 Current Channels, 3A Max
7703	高速差分多路复用器	32	Dual 50-pin D-sub	300VDC	0.5A	Reed Relays, 2- or 4-wire
7705	控制模块	40	Dual 50-pin D-sub	300VDC	2A	SPST Switches
7706	I/O 模块	20AI、6 DO 2 AO、1 CT	接线柱	300VDC	1A	Automatic CJC, +/- 12V Anal. Out Max Count = 4billion+
7707	多路复用器 - 数字 I/O 模块	10 Analog In 32 Digital I/O	50-pin D-sub 25-pin D-sub	300VDC (analog) 33VDC (digital)	1A (analog) 0.1A (digital)	Configurable DIO
7708	差分多路复用器带CJC	40	接线柱	300VDC	1A	Automatic CJC, 2- or 4-wire
7709	6x8 矩阵	48 Crosspoints	50-pin D-sub 25-pin D-sub	300VDC	0.5A	25-pin D-sub for easy expansion
7710	长寿命差分多路复用器	20	接线柱	60VDC	0.1A	Automatic CJC, High Speed 10 billion+ operations
7711	2Ghz, 50 Ohm RF 模块	Dual 1x4	SMA	60VDC	0.5A	Max power = 10W/channel <300ps Rise Time
7712	3.5Ghz, 50 Ohm RF 模块	Dual 1x4	SMA	42VDC	0.5A	Max power = 10W per channel <200ps Rise Time

# PA4000、1000功率分析仪



	PA10000	PA4000_1CH	PA4000_2CH	PA4000_3CH	PA4000_4CH
输入模块	1	1	2	3	4
电压的输入范围	600Vrms	最大1000 Vrms, 2000 Vpeak			
基本电压精度	0.05%	0.01%			
电流输入范围	20Arms	0.025 A to 30 Arms with 2 个内置分流器			
基本电流精度	0.05%	0.01%			
可测量项目	Vrms, Irms, VA, VAR, W, PF, Freq, Whr, Vahr, THD, TIF, etc.				
仪表带宽	DC - 1 MHz				
自动测量模式	镇流器, 待机功耗, 能量积分、浪涌电流		PWM 模式, 镇流器, 待机功耗, 能量积分		
外部接口	USB, LAN, RS-232 (GPIB Optional)				
软件	实现远程控制和数据记录 (标配)				
主机保修	五年		三年		

# LED器件测试最新方案---源表 (SMU)



Feature	高功率源表 (2657A, 2651A)	低电流源表 (2635A/36A, 237, 6430)	2600B系列源表	2400系列源表
#通道数	1 (可扩展至32)	1 - 2 (可扩展至64)	1 - 2 (可扩展至64)	1
电流 最大/最小	50A pulse / 1pA 100A (并联)	10A pulse / 10aA	10A pulse / 1pA	5A / 10pA
电压 最大/最小	3000V / 1uV	1100V / 1uV	200V / 1uV	1100V / 1uV
功率	180W(2657A) 200W,(2561A) 脉冲2000W (2651A)	2W- 30W/通道	30W - 40W/通道	20W - 110W
最大读数/秒	38,500 1uSec / pt., 18-bit Digitizer	20,000	20,000	2,000
接口类型	GPIB, LAN (LXI), RS-232, Digital I/O, TSP-Link <sup>®</sup>	GPIB, LAN (LXI), RS-232, Digital I/O, TSP-Link <sup>®</sup>	GPIB, LAN (LXI), RS-232, Digital I/O, TSP-Link <sup>®</sup>	GPIB, RS-232, Digital I/O

# 完美的测试平台

## 助您轻松应对调试复杂设计



谢谢！