

## LED照明驱动的 测量技术



泰克 行业渠道开发经理  
王跃伟  
Yuewei.wang@tek.com

**Tektronix**

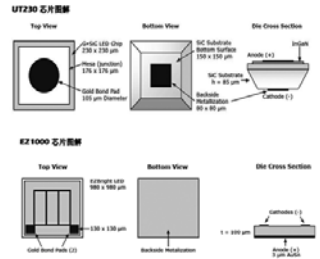
## 大纲

- ➔ LED的原理和应用
- LED照明驱动的测量技术
- TEKTRONIX的LED照明驱动电源的测试方案及特点

**Tektronix**

## 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 芯片图例**

Top View: SiC LED Chip (250 x 250 µm), Pin (Optional) (170 x 170 µm), Gold Bond Pad (100 µm Diameter)

Bottom View: SiC Substrate (epitaxial surface) (250 x 250 µm), SiC Substrate (Si - 85 µm), Backside Metallization (60 x 60 µm)


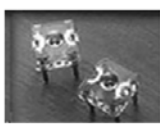
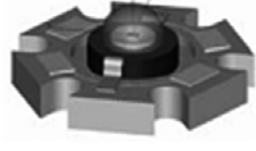

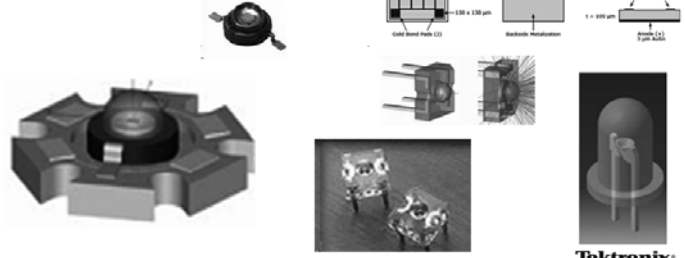
Die Cross Section: Ingot, Anode (+), Cathode (-)

**E2 1000 芯片图例**

Top View: Epitaxial Layer (100 x 100 µm), Gold Bond Pad (100 µm Diameter)

Bottom View: Backside Metallization

Die Cross Section: Epitaxial Layer (100 µm), Anode (+), Cathode (-)



**Tektronix**

## 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。

4

Tektronix

## LED的应用



5

Tektronix

## 全球禁用白炽灯泡时间表

国家和地区	预计禁用(销售)时间	情况介绍	预估替代形式
澳大利亚	2009年停止生产，最晚在2010年逐步禁止使用传统的白炽灯。	澳洲于2007年2月20日宣布一项计划，澳洲在2009年开始停止生产这类耗电灯具。最晚在2010年开始逐步禁止使用传统的白炽灯，将制定相关鼓励政策技术规范。	灯泡荧光灯、LED照明灯具、T5荧光灯管、OLED照明等...
台湾	规划2010年开始执行白炽灯禁产政策，2012年全面禁止。	经济部能源局在行政院产业科技策略会议中宣布，将在2009年第一季全面淘汰白炽灯泡，改用LED照明，预计2010年起陆续停产白炽灯，2012年底将全面停止使用白炽灯泡。	
日本	到2012年止，停止制造并销售高能耗白炽灯。	政府决定到2012年为止，停止制造并销售高能耗白炽灯泡，东京照明技术决定，在2010年之前停产普通白炽灯泡，关闭全部生产线。今后，将以灯泡荧光灯和LED照明灯等节能产品取代白炽灯。	
美国	2012年1月到2014年1月。大多数白炽灯泡将于2014年在市场上禁止销售。	「2007能源独立和安全法案」(Energy Independence and Security Act, H.R.6)。该法案规定，从2012年到2014年间，美国逐步淘汰40W、60W、75W及100W白炽灯泡，以节能灯泡取代替换。	
中国	发改委预计10年内禁用(销售)白炽灯	中国的国家发展改革委员会已与联合国开发计划署、全球环境基金合作共同开展「中国逐步淘汰白炽灯、加速推广节能灯计划」。目前，青岛市发改委已于日前下发通知，要求各区、市政府、各部门、市直各单位各大宾馆饭店、商场、写字楼、学校、医院、大型工厂企业等大力推广使用节能灯，到2010年以前停用白炽灯。	
欧盟各国(英国)	欧盟零售自2008年9月起禁止销售100瓦传统灯泡。2012起禁用所售。自愿停售期到2012年结束，之后政府会颁罚则，改用省电有瓦数的传统灯泡。	欧盟零售商2008年开始停售150瓦灯泡，2009年将停售60瓦灯泡。如，英国零售卖场2009年一开张，就停止100瓦灯泡补货。自愿停售期到2012年结束，之后政府会颁罚则，改用省电白光灯(CFL)或LED照明灯具。	

6

Tektronix

## 大纲

- LED的原理和应用
- ➔ ▪ LED照明驱动测量技术
- TEKTRONIX的LED照明测试方案及特点

7

Tektronix®

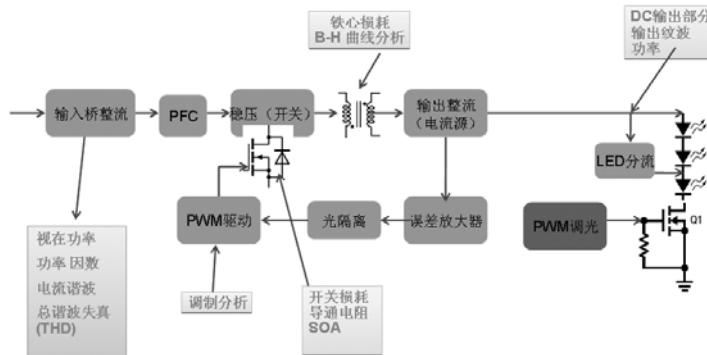
## LED照明对驱动电源的要求

- ✓ **高可靠性** 特别像LED路灯的驱动电源，装在高空，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，它的损耗功率小，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：一种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。由于电网负载的启停和雷击的感应，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。**

8

Tektronix®

## LED照明的测试技术



9

Tektronix®

## 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
  - 附件: P5200A+TCP0030/TCP202
  - PWR电源模块

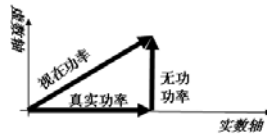


10

Tektronix®

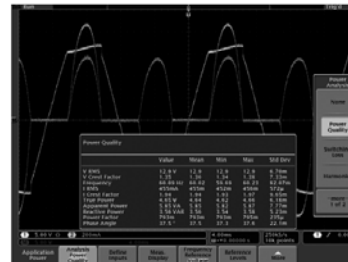
## 电源质量测量

■ 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 =  $\frac{V_{peak}}{V_{rms}}$



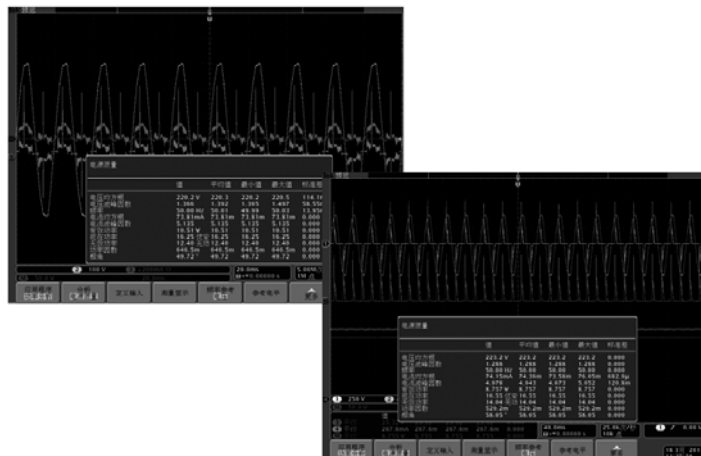
带有DPO4PWR的泰克MSO/DPO4000示波器

11

Tektronix®

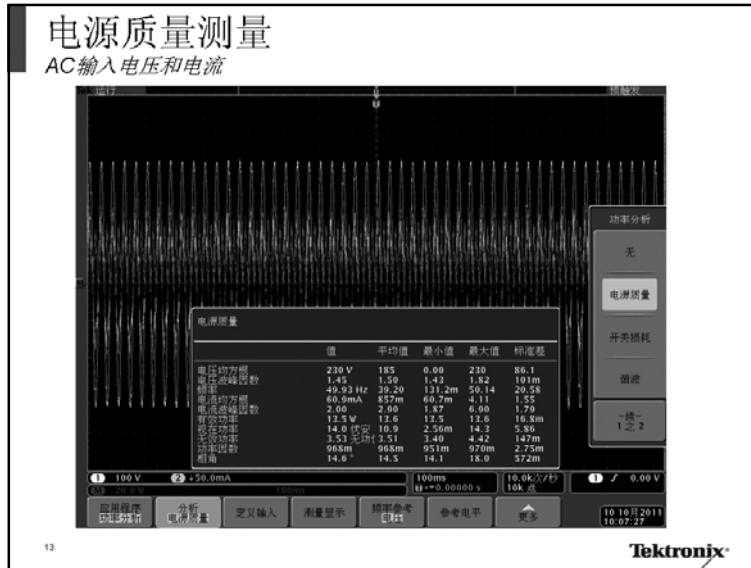
## 电源质量测量

AC输入电压和电流



12

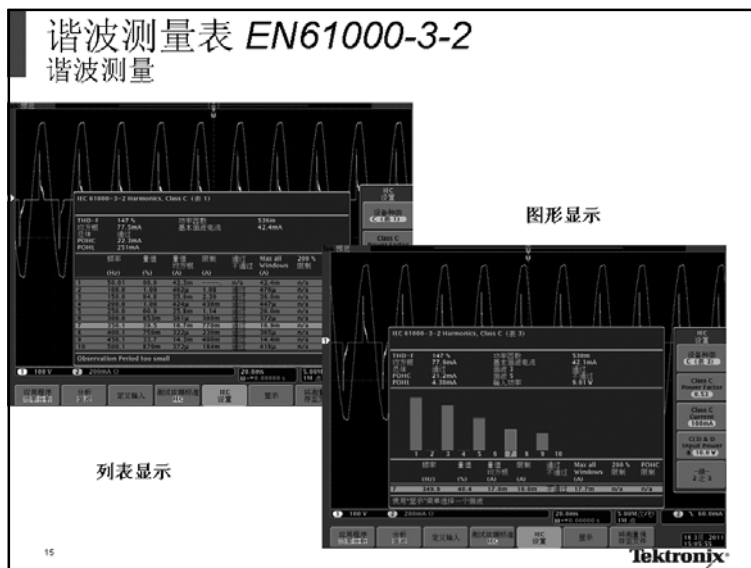
Tektronix®



### 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
  - 附件: P5200A+TCP0030/TCP202
  - PWR电源模块

14



### 谐波测量表 EN61000-3-2

#### 谐波文件存储

Freq	Mag	Mag RMS	Limit	Pass/Fail	Max. # of windows	POHC Limit
Hz	%	A	A		A	
1	49.983217	99.92449	0.030014	nan	n/a	0.030037 n/a
2	99.966434	2.552670	0.000767	nan	n/a	0.000904 n/a
3	149.949651	90.591437	0.027211	0.022497	Fail	0.027236 n/a
4	199.932868	2.407126	0.000723	nan	n/a	0.000862 n/a
5	249.916086	78.626092	0.022174	0.012972	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	0.016359 n/a
8	399.865737	2.059303	0.000619	nan	n/a	0.000771 n/a
9	449.848954	38.319434	0.01151	0.003308	Fail	0.011553 n/a
10	499.832171	2.02915	0.000609	nan	n/a	0.000708 n/a
11	549.815388	31.597834	0.009491	0.002316	Fail	0.009565 n/a
12	599.798606	2.006991	0.000601	nan	n/a	0.000681 n/a
13	649.781822	32.20670	0.009674	0.00196	Fail	0.009762 n/a
14	699.765039	2.010419	0.000604	nan	n/a	0.000696 n/a
15	749.748257	32.788844	0.009649	0.001698	Fail	0.009748 n/a
16	799.731474	1.903077	0.000572	nan	n/a	0.000652 n/a
17	849.714691	30.179196	0.009685	0.001499	Fail	0.009712 n/a
18	899.697908	1.751795	0.000526	nan	n/a	0.000617 n/a
19	949.681125	25.579312	0.007862	0.001341	Fail	0.007729 n/a
20	999.664342	1.674705	0.000503	nan	n/a	0.000587 n/a
21	1049.647559	21.475569	0.006451	0.001213	Fail	0.006518 n/a
22	1099.630776	1.695413	0.000506	nan	n/a	0.000583 n/a
23	1149.613993	19.414913	0.005332	0.001108	Fail	0.005305 n/a
24	1199.59721	1.829836	0.000505	nan	n/a	0.000619 n/a
25	1249.580428	18.419707	0.005533	0.001019	Fail	0.005598 n/a
26	1299.563645	1.900768	0.000571	nan	n/a	0.000642 n/a
27	1349.546862	16.858562	0.005664	0.000944	Fail	0.005722 n/a
28	1399.530079	1.885294	0.000566	nan	n/a	0.000638 n/a
29	1449.513296	14.428879	0.004304	0.000870	Pass	0.004301 n/a
30	1499.496513	1.870417	0.000552	nan	n/a	0.000629 n/a
31	1549.479731	12.192382	0.003662	0.000822	Pass	0.003697 n/a
32	1599.462947	1.72437	0.000518	nan	n/a	0.000581 n/a
33	1649.446164	10.93637	0.003283	0.000772	Pass	0.003309 n/a
34	1699.429381	1.62668	0.000488	nan	n/a	0.000549 n/a
35	1749.412599	10.303829	0.003095	0.000728	Pass	0.00312 n/a
36	1799.395816	1.557282	0.000468	nan	n/a	0.000523 n/a
37	1849.379033	9.300246	0.002793	0.000669	Pass	0.002804 n/a
38	1899.36225	1.416002	0.000434	nan	n/a	0.000484 n/a
39	1949.345467	7.764231	0.002392	0.000653	Pass	0.002383 n/a
40	1999.328684	1.380381	0.000417	nan	n/a	0.000464 n/a

Tektronix DPO3014, version v2.23, serial number C012698

IEC 61000-3-2 Class C (Table 3)

THD-F 158.17%

RMS 0.056350 A

Overall Fail

POHC 0.014059 A

POHL 0.002846 A

Frequency (measured) 49.983217 Hz

Frequency (rated) 50 Hz

Observation Period 10.000000 s

1.5s Filter ON

Harmonic Grouping ON

Power Factor (measured) 0.504675

Power Factor (rated) 0.6

Power Factor method MEASURED

Fundamental Current (measured) 0.030037 A

Fundamental Current (rated) 1.000000 A

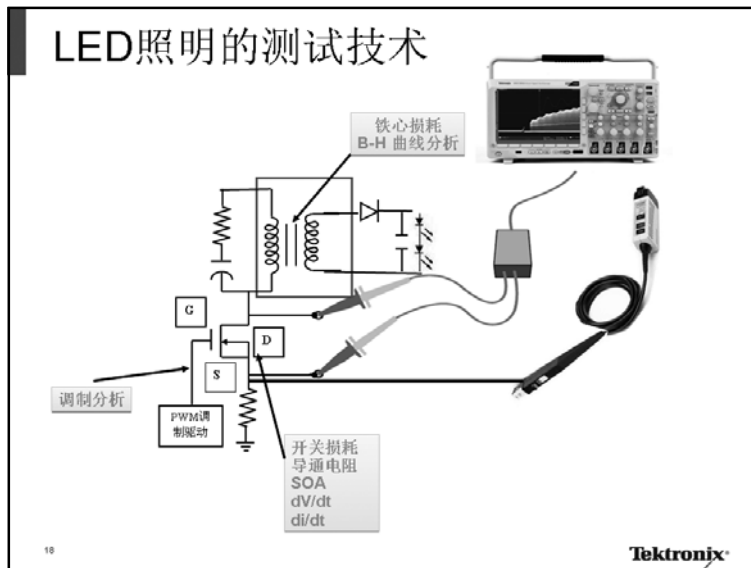
Fundamental Current method MEASURED

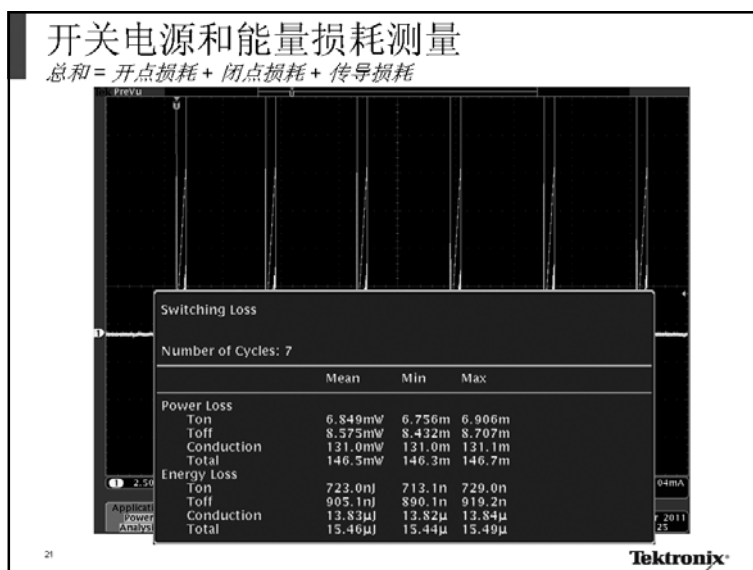
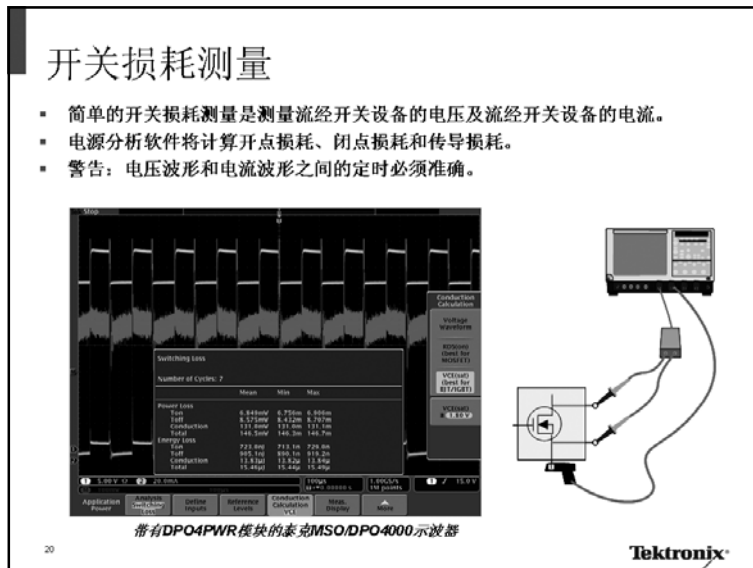
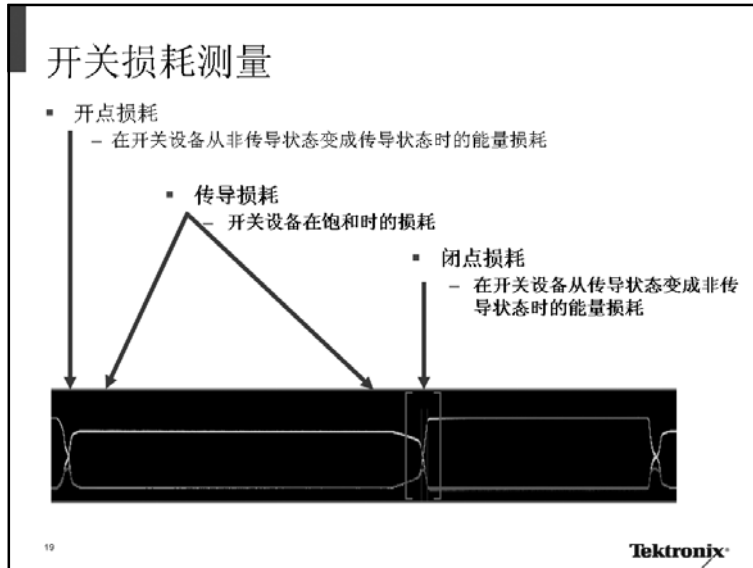
Harmonic 3 Fail

Harmonic 5 Fail

### 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: DPO5000/4000B/3000
  - 附件: P5200A+TCP0030/TCP202
  - PWR电源模块



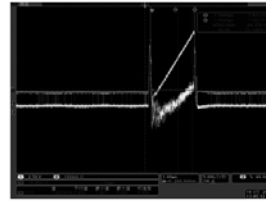


## RDS ON或Vset的测试

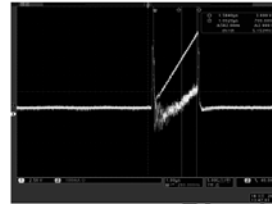
测试

- 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



22

Tektronix

## 安全工作区模板测试

用户自定义模板

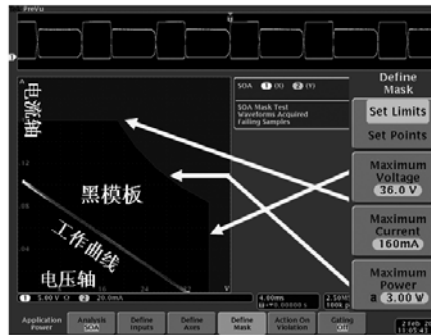
- 检定设备的工作区域
- 使用下面的公式计算瞬时功率:

$$P_n = V_n I_n$$

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



23

Tektronix

## 安全工作区测量



通过/失败结果

带有DPO4PWR的泰克MSO/DPO4000示波器

24

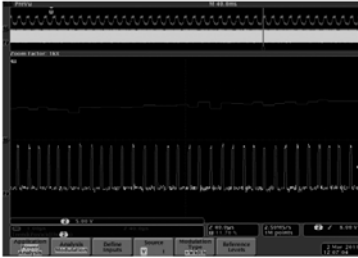
Tektronix



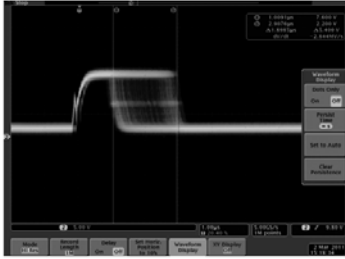
### 调制分析

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

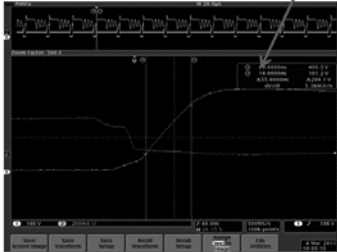


用余辉的功能观察PWM信号

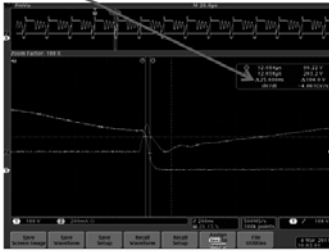
Tektronix®

### dV/dt, dI/dt的测量

光标读取dV/dt



上升沿



下降沿


Parameter	Symbol	Value	Unit
Drain Source voltage slope	dV/dt	50	V/ns

*V<sub>DS</sub> = 640 V, I<sub>D</sub> = 8 A, T<sub>J</sub> = 125 °C*

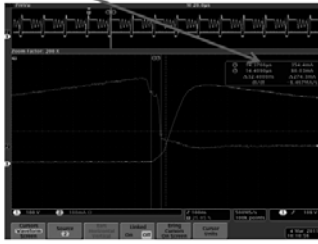
Tektronix®

### dV/dt, dI/dt的测量

光标读取dI/dt



上升沿



下降沿

Tektronix®

### 驱动输出的参数测试

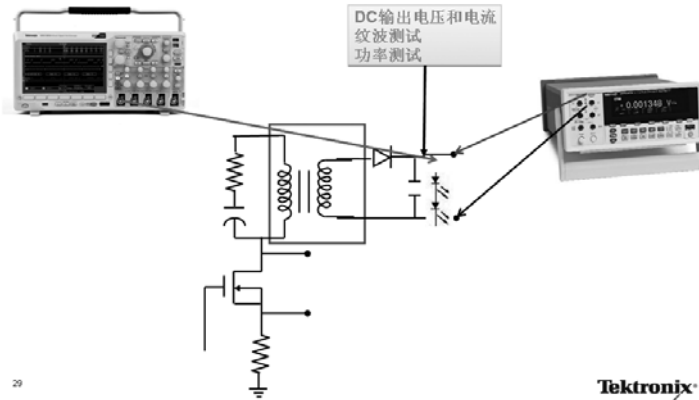
- 测量项目：
  - DC输出的纹波电压和纹波电流
  - DC输出的电流稳定度
  - DC输出功率
- 仪器配置
  - DPO4000B/3000/2000
  - DMM4020/4040
  - TCP0030+TPP0502



28

Tektronix®

### LED照明的测试技术

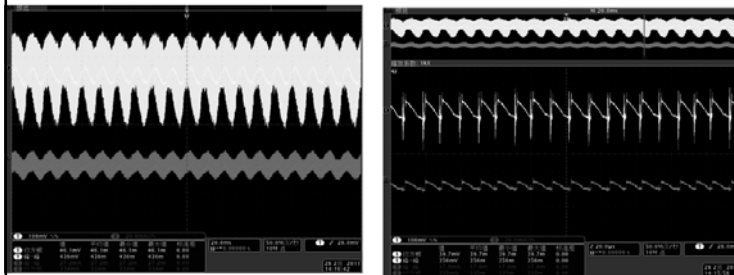


29

Tektronix®

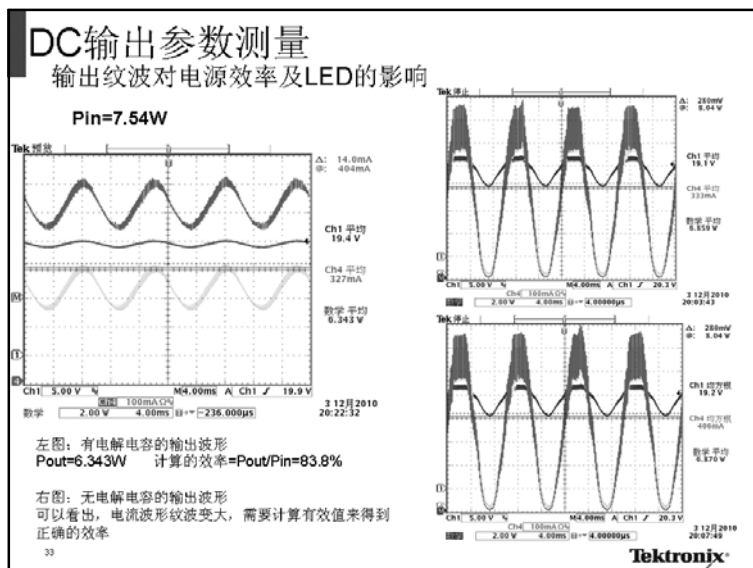
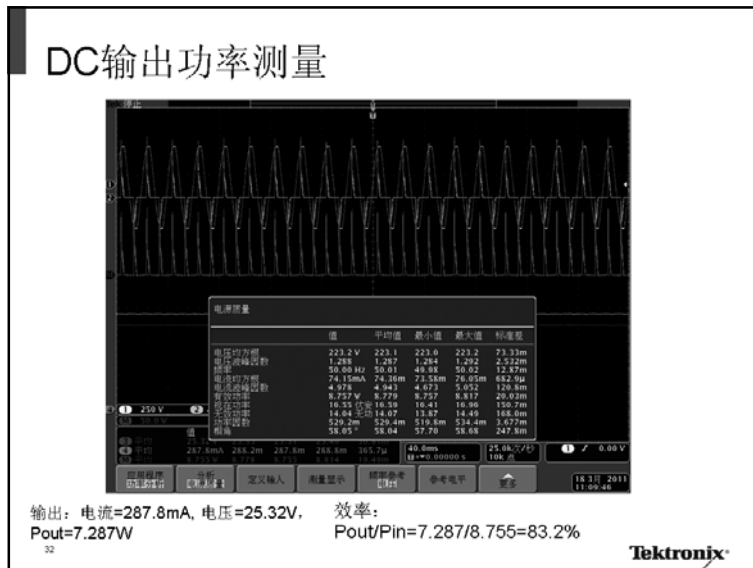
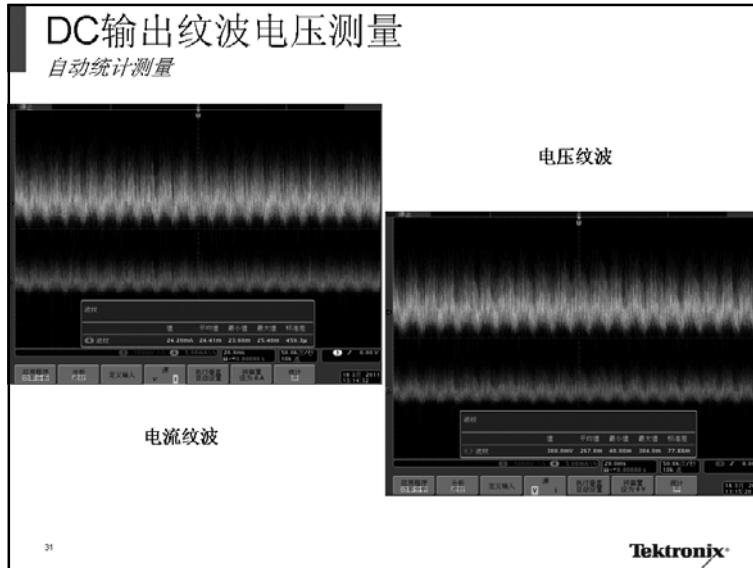
### DC输出纹波电流测量

- 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±5%~±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



30

Tektronix®



### PWM调光测试

34

Tektronix®

### 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/3000/2000
  - TCP0030
  - P5200A

35

Tektronix®

### 其它项目测量

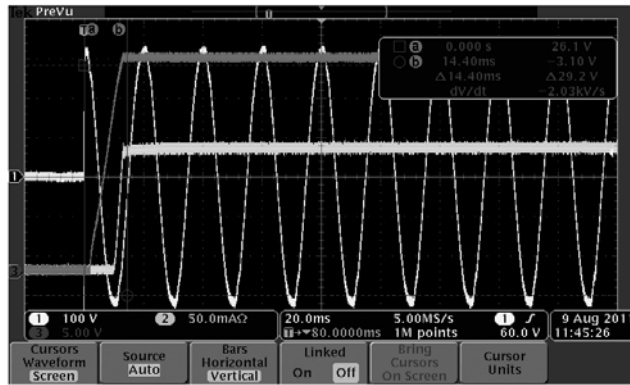
- 输入冲击电流的测量

36

Tektronix®

### 其它项目测量

▪启动、关断时间的测量



37

### 大纲

- LED的原理和应用
- LED照明驱动测量技术
- ➔ ▪TEKTRONIX的LED照明测试方案及特点

38

电流探头  
TCP0030  
TCPA300+TCP312  
TCP202

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

DPO3000

DPO2000

DPO4000

DMM4000

AFG3021B

**Tektronix的LED  
照明测试方案  
及特点**  
PWR电源测量  
和分析模块

Tektronix®

39

## TEKTRONIX推荐的测试方案和优势

	Recommended	Economical
Oscilloscope	DPO3014	DPO2014
PWR	DPO3PWR	*
HV probe	P5201	P5201
Current probe	TCP0030	TCP202+TPA
Multimeter	DMM4020	DMM4020

### • 优势

- ✓ 最为完整的产品系列: 示波器、万用表、DC电源、函数信号源、多点测温仪
- ✓ 完整的探头附件方案: 电流探头、高压探头、差分探头
- ✓ 最长的存储深度: 20M
- ✓ 最佳的电流纹波测量方案
- ✓ 专业的电源分析功能: 电源参数、谐波、调制、器件损耗、纹波、磁性材料

40

Tektronix

## MSO/DPO系列示波器



	4000B系列	3000系列	2000系列
带宽	1 GHz, 500 MHz, 350 MHz	500 MHz, 300 MHz, 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 (MSO系列)	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	5 M点	1 M点
波形捕获速率	>50,000 wfms	>50,000 wfms	5,000 wfms
并行总线分析	是 (MSO系列)	是 (MSO系列)	是 (MSO系列)
选配串行总线分析	•PC, SPI •CAN, LIN, FlexRay •RS-232/422/485/UART •PS/LJR/J/TDM •LAN, 1553	•PC, SPI •CAN, LIN •RS-232/422/485/UART •PS/LJR/J/TDM	•PC, SPI •CAN, LIN •RS-232/422/485/UART
选配分析附件包	•电源分析 •HDTV和自定义视频	•电源分析 •HDTV和自定义视频	

41

Tektronix

## 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: ±1300 V 50X: ±130 V	200X: ±640 V 20X: ±64 V	500X: ±1300 V 50X: ±130 V	1000X: ±5600 V 100X: ±560 V	200X: ±1400 V 20X: ±140 V
Common Mode Voltage	±1300 V	±640 V	±1300 V	±5600 V	±1400 V
Maximum Input Voltage-to-Earth	1000 V CAT II	450 V CAT I 300 V CAT II	1000 V CAT II	2300 V CAT I 1000 V CAT III	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	<1.4ns
Input Impedance between each Input and Ground	5 MΩ, 4 pF	2.5 MΩ, 4 pF	5 MΩ, 4 pF	20 MΩ, 5 pF	4 MΩ, 5 pF
Differential Input Impedance	10 MΩ, 2 pF	5 MΩ, 2 pF	10 MΩ, 2 pF	40 MΩ, 2.5 pF	
Typical CMRR	DC: >80 dB 100 kHz: >60 dB 3.2 MHz: >30 dB 50 MHz: >26 dB	DC: >80 dB 100 kHz: >60 dB 3.2 MHz: >40 dB 50 MHz: >30 dB			50 Hz: >80 dB 20 kHz: >60 dB
Cable Length	1.8 m				1.5 m
Termination	BNC	TEKPROBE	TEKPROBE	TEKPROBE	BNC

42

Tektronix

### 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 MΩ / 1.5 pF	75 MΩ / 3 pF	100 MΩ / 4.0 pF	40 MΩ / 1.5 pF	40 MΩ / 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

43

Tektronix®

### 电流探头

	A622	TCP0030	TCP0150	TCP202	TCP303 W TCPA300	TCP305 W TCPA300	TCP312 W TCPA300	TCP404XL W TCPA400
<b>上升时间</b>	3.5 μs	< 2.92 ns	< 17.5 ns	< 7 ns	< 23 ns	< 7 ns	< 3.5 ns	< 175 ns
<b>带宽</b>	100 kHz	120 MHz	20 MHz	50 MHz	15 MHz	50 MHz	100 MHz	2 MHz
<b>最大电流(DC/ RMS/Peak AC)</b>	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
<b>最小电流</b>	10 mA	1 mA	5 mA	10 mA	5 mA	5 mA	1 mA	1 mA
<b>说明(接口)</b>	BNC	VPI	VPI	TEKPROBE	BNC,TEKPROBE	BNC,TEKPROBE	BNC,TEKPROBE	BNC,TEKPROBE

44

Tektronix®

### TMDP & THDP 系列高压差分探头

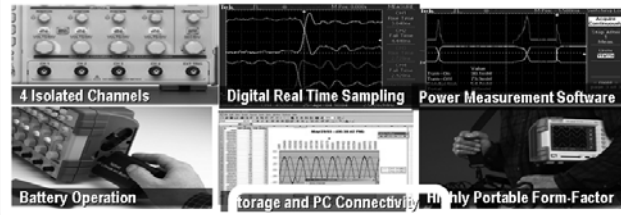
	TMDP0200	THDP0200	THDP0100
<b>衰减</b>	25X/250X	50X/500X	100X/1000X
<b>动态范围</b>	250X: +/- 750 V 25X: +/- 75V	500X: +/- 1500 V 50X: +/- 150 V	1000X: +/- 6000 V 100X: +/- 600 V
<b>共模电压</b>	250X: +/- 750 V 25X: +/- 75V	500X: +/- 1500 V 50X: +/- 150 V	1000X: +/- 6000 V 100X: +/- 600 V
<b>带宽</b>	200 MHz	200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

45

Tektronix®

## TPS2000 系列的独特性能

TPS2000 可以提供



	TPS2012	TPS2014	TPS2024
隔离通道	2	4	4
带宽	100MHz	100MHz	200MHz
采样率	1GS/s	1GS/s	2GS/s
电池工作(one battery)	5.5 hours	4.5 hours	4.5 hours
保修	3 years	3 years	3 years

Tektronix®

## AFG3000函数信号源产品

	AFG3011	AFG3021B	AFG3022B	AFG3101	AFG3102	AFG3251	AFG3252
通道数量	1	1	2	1	2	1	2
标准波形	正弦波, 方波, 脉冲, 锯齿波, 噪声, sin(x)/x, 指数上升/下降, 高斯, 罗伦兹, Haversine, DC						
正弦	1 μHz - 10 MHz	1 μHz - 25 MHz		1 μHz - 100 MHz		1 μHz - 240 MHz	
方波	1 μHz - 5 MHz	1 μHz - 12.5 MHz		1 μHz - 50 MHz		1 μHz - 120 MHz	
脉冲	1 mHz - 5 MHz	1 mHz - 12.5 MHz		1 mHz - 50 MHz		1 mHz - 120 MHz	
其它	1 μHz - 100 kHz	1 μHz - 250 kHz		1 μHz - 1 MHz		1 μHz - 2.4 MHz	
任意	1 mHz - 5 MHz	1 mHz - 12.5 MHz		1 mHz - 50 MHz		1 mHz - 120 MHz	
垂直分辨率	14位	14位		14位		14位	
波形存储器	128K	128K		128K		128K	
采样率	250 MS/s	250 MS/s		高达1 GS/s		高达2 GS/s	
幅度 (50Ω)	20 mV to 20 Vpp	10 mV - 10 Vpp		20 mV - 10 Vpp		50 mV to 5V <sub>pp</sub>	
调制	AM, FM, PM, FSK, PWM, 扫描, 突发						
远程接口	USB, GPIB, LAN						

Tektronix®

## 数字万用表——DMM4000系列

轻松完成精密多功能测量与分析




	DMM4020	DMM4040	DMM4050
分辨率	5.5	6.5	6.5
准确度	0.015%	0.0035%	0.0024%
高级测量/功能	2x4 线电阻测量, 频率	2x4 线电阻测量, 频率, 周期	2x4 线电阻测量, 频率, 周期, 电容, 温度
分析	极限对比	极限对比, TrendPlot™, 直方图, 统计	
显示	双显: 数字	双显: 数字与图形	
外部存储	没有	USB	USB
连接性	RS232 & USB 转换	LAN, GPIB, RS232 & USB 转换	USB
传送速度 (读数/秒)	100		1000
保修期	3 years		
软件	NI LABVIEW SignalExpress Tek 版本		

Tektronix®



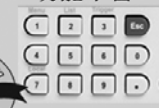
## PWS4000可编程电源系列

### 精稳输出



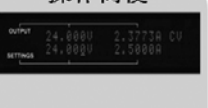
- 0.03% 基本电压准确度
- 0.05% 基本电流准确度
- 精确的 1 mV / 0.1 mA 分辨率
- 低噪声, 线性调节
- 远程传感, 修正导线电阻的影响

### 功能丰富



- 密码保护面板锁定, 预防意外触碰, 输出过大, 损坏检测
- 存储/运行7个序列, 每序列可设定多达60个步进
- 后端输出, 状态与控制线
- NI LabVIEW SignalExpress TB 软件包

### 操作简便




- 双显示功能, 同时显示电压、电流回馈读数或极限值
- 直接数字输入键盘
- 40 个设置存储
- USB 设备接口, 轻松连接PC

	PWS4205	PWS4305	PWS4323	PWS4602	PWS4721
最大功率	100 W	150 W	96 W	150 W	86 W
电压	0-20 V	0-30 V	0-32 V	0-60 V	0-72 V
电流	0-5 A	0-5 A	0-3 A	0-2.5 A	0-1.2 A
接口	USB				

**Tektronix®**


## 完美的测试平台

### 助您轻松应对调试复杂设计



**Tektronix®**

# 谢谢!



更多资料请访问: [www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

**Tektronix®**