

电源设计 及测试方法

POWER DESIGN AND TEST METHODS



目录

STEP1: 功率器件选择.....	3-5
功率器件动态参数 / 双脉冲测试解决方案.....	4
高功率半导体器件检定测试方案.....	5
STEP2: 电源原型版设计	6-10
TIVH 高带宽探头测试方案	6
电源产品效率测试方案.....	7
环路响应测试方案	8
泰克科技电源谐波测试方案	9
磁性器件损耗测试方案	10
STEP3: 电源质量分析.....	11-12
电源产品效率测试方案	11
电源纹波测试方案	12
STEP4: 产品最终认证.....	13-15
泰克 EMI 测试方案	13
电源待机功耗一致性测试方案	14
电源老化 / 温升测试方案	15
相关产品介绍.....	16-17
探头.....	18-19
(电源转换器设计流程) 海报附赠	

STEP1: 功率器件选择

- 功率二级管的特性验证
- 元器件IGBT, MOSFET, 特性验证
- 双脉冲测试



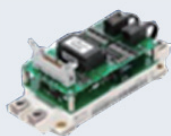
STEP2: 电源原型版设计

- 开关系统设计优化
- 开关损耗测试
- 磁损耗测试
- 环路响应测试
- 板级mV级纹波测试
- SiC, GaN系统设计优化验证



STEP3: 电源质量分析

- 电测效率测试
- 电流谐波标准: IEC610000测试
- 电源输出纹波测试



STEP4: 产品最终认证

- EMC预一致性测试
- 电源待机标准测试
- 电源谐波标准测试
- 直流低待机电流测试
- 老化实验验证



功率器件动态参数 / 双脉冲测试解决方案

【测试需求】

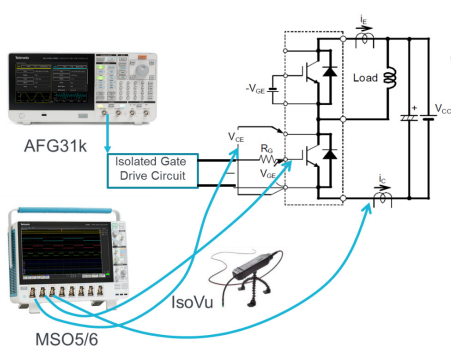
功率器件如场效应晶体管 (MOSFET) 和绝缘门双极晶体管 (IGBT)，这些功率器件提供了快速开关速度，能够耐受没有规律的电压峰值，被广泛应用于电源转换产品的设计。尤其最新第三代半导体 SiC 和 GaN 快速发展和应用可以毫不夸张的说给电源行业带来颠覆性的变化。对于设计工程师来说却带来了非常大的测试挑战，如何保证选用的高速功率器件能稳定可靠的运行在自己的电源产品中，我们需要了解功率器件的动态特性：

1. 器件在不同温度的特性
2. 短路特性和短路关断
3. 栅极驱动特性
4. 关断时过电压特性
5. 二极管回复特性
6. 开关损耗测试等

【测试平台搭建】

泰克推出了 IGBT Town 功率器件支持单脉冲，双脉冲及多脉冲测试方案，集成强大的发生装置，数据测试装置及软件。用户可以自定义测试条件，测试项目包含：

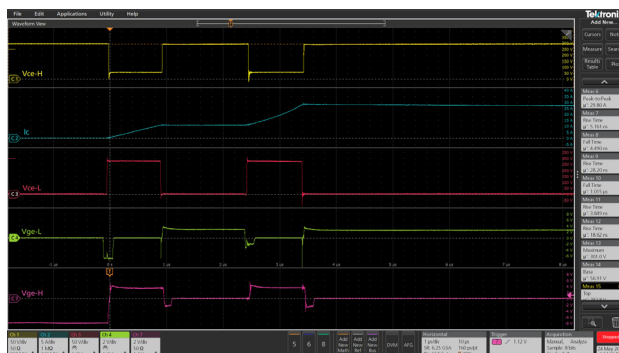
T_{off} , $t_d(off)$, $t_f(I_c)$, E_{off} , T_{on} , $t_d(on)$, $t_r(I_c)$, E_{on} , di/dt , dv/dt , Err , q_{rr} , I_{rr} based on IEC60747.



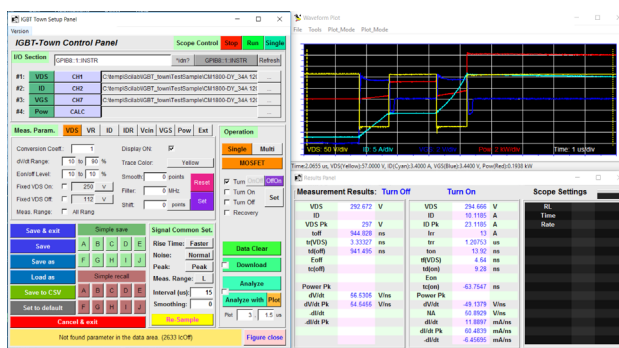
测试系统图

1. AFG31000 产生双脉冲驱动信号。
2. ISOvU 光隔离探头准确测试 V_{gs} 和 V_{ds} 电压信号。
3. MSO5 示波器运行 IGBT town 软件进行设定和自动测试。

【测试说明】



采用双脉冲法，用信号发生器设置脉宽为 1uS，周期为 2.5uS，脉冲次数为 2 次，示波器采用单次触发。



采用 MSO58 功率器件分析功能可以直接得出 CoolGaN™ 的动态参数。左下的测试提示 I_c off 是因为英飞凌的 CoolGaN™ 完全没有反向恢复电流，从测试数据中可以看到基于英飞凌的 CoolGaN™ 专用驱动 1EDF5673K 下的 CoolGaN™ IGO60R070D1 速度还是非常快的，而且完全没有反向恢复损耗。

【方案配置】

推荐解决方案：MSO54+ 5-wins+5-PWR+TIVM02+TIVH08+TCP0030A+IGBT town 软件

【方案特点】

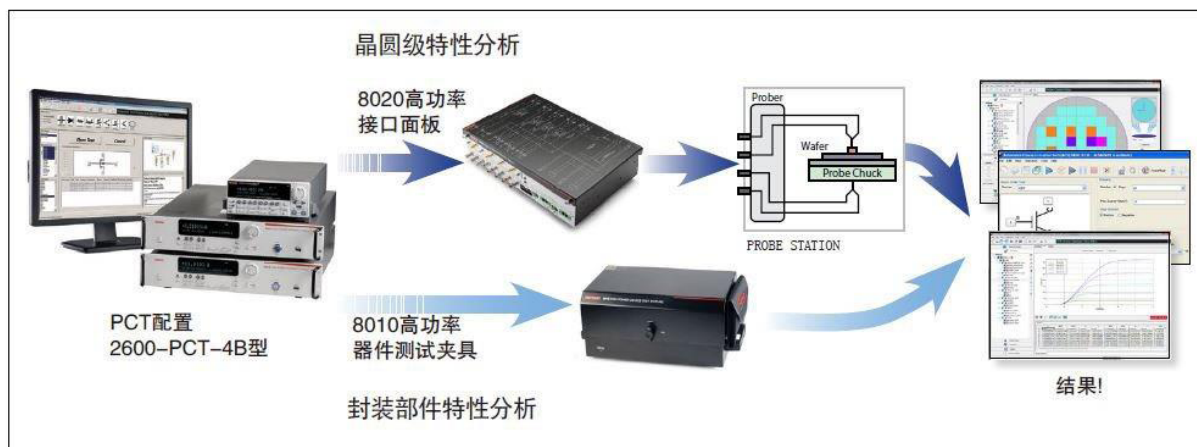
1. 可靠、可重复地测试 IGBT 及 MOSFET (包括第三代半导体器件 SiC、GaN) 功率半导体动态特征
2. 测量的特征包括开启、关闭、开关切换、反向恢复、栅极驱动，开关损耗等参数
3. 适用于用户对测试环境的自定义
4. 全部使用泰克示波器及原厂电源探头，可准确补偿探头的延迟，专用的开关损耗算法，提供可靠的测试结果。
5. 独特的 ISOvU 探头，最高 800MHz 带宽高达 120dB 共模抑制比，准确测试驱动信号的真实情况。

高功率半导体器件检定测试方案

【测试原理】

开发和使用 MOSFET、IGBT、二极管及其他大功率器件，需要全面的器件级检定，如击穿电压、通态电流和电容测量。Keithley 高功率参数化曲线跟踪仪支持所有的器件类型和测试参数。Keithley 高功率参数化曲线跟踪仪包括检定工程师快速开发全面测试系统所需的一切。ACS-Basic 基本版软件提供了完整的器件特性分析，包括实时跟踪模式及全部参数模式，实时跟踪模式用来迅速检查基础器件参数，如击穿电压；全部参数模式用来提取精确的器件参数。

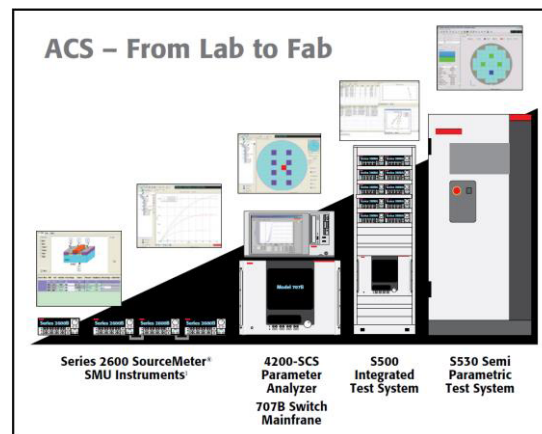
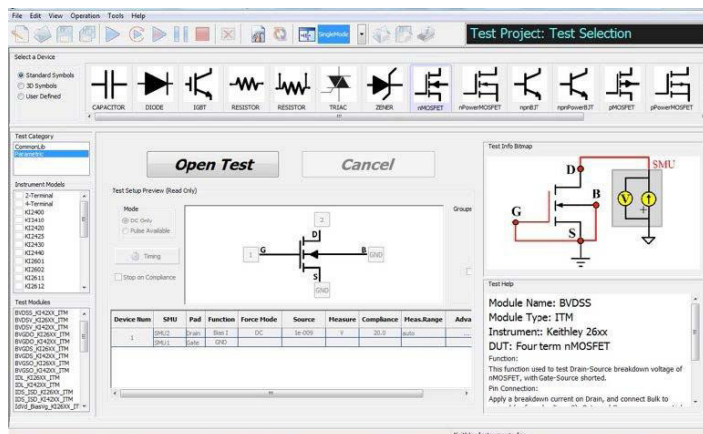
【测试平台搭建】



【测试说明】

从实验室到工厂，从晶圆级到独立封装器件！

为最优性价比设计的一体化完整解决方案：从测试设置到分析结果！



【方案配置】

1. 硬件：上至 3kV/100A 的功率电平，下至 $\mu\text{V}/\text{fA}$ 级别小信号的宽动态范围；（SMU, 4200, PCT, S500 多硬件平台覆盖）
2. 软件：ACS-Basic 支持各种 Keithley 仪器，用于半导体器件检定、可靠性测试、参数化测试以及元器件功能测试；
3. 夹具：传统连线测试夹具、8010 高功率器件测试夹具、手动 / 自动探针测试台

特点：从实验室科研级别的单台 SMU 源表到适用于高功率半导体器件检定的完整测试方案再到适用于自动晶片级测试系统。Keithley 均能为您提供最优性价比的完整解决方案。

TIVH 高带宽探头测试方案

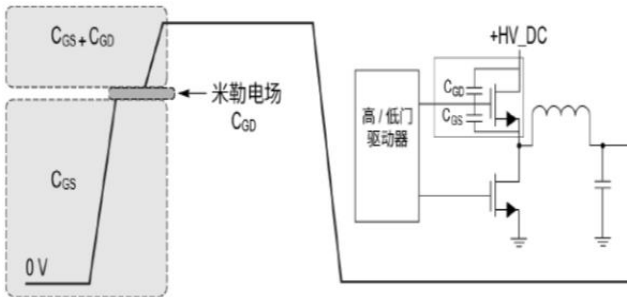
【测试原理】

在开关技术应用中的桥式驱动上管测试中，普遍会碰到测试驱动信号的正确测试问题，现象表现为波形振荡变大、测试电压值误差大，不利于设计人员的器件评估和选择，其根本的原因在于所使用差分探头的连接和 CMRR 共模抑制比规格满足不了测量要求问题。泰克的 TIVH 差分探头有效的解决了连接、测量带宽、高频 CMRR 和驱动小信号测量问题。

【测试要求】

选择 TIVH 差分探头的基本原则是以驱动信号的上升时间为依据，仪器系统对被测点的影响小于 3%。

上管信号测量考虑因素：带宽、电压范围（共模和差模）、CMRR 和连接

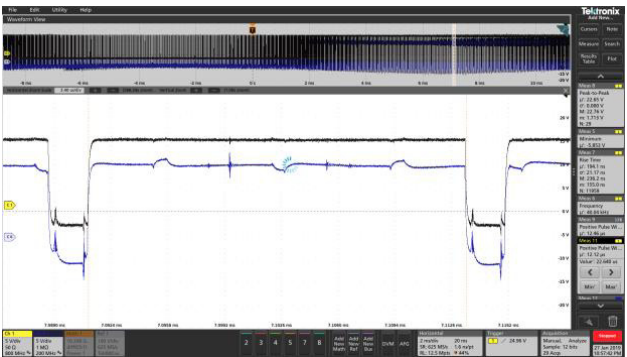


实际波形及电路拓扑

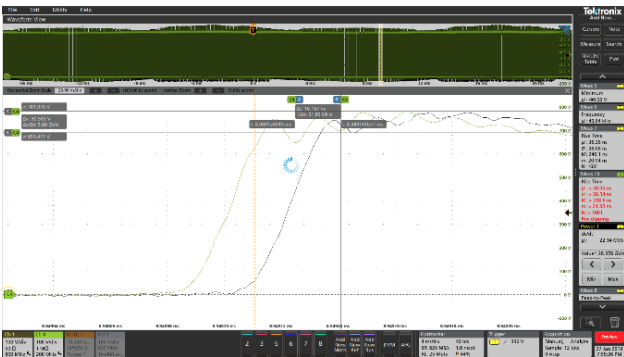
驱动脉冲上升时间	驱动脉冲带宽	适用探头	CMRR (50V探头)
100ns	4MHz	TIVH02、THDP0200	50MHz:>26dB 50MHz:>112dB
20ns	20MHz	TIVH02	200MHz:>93dB 500MHz:>85dB
10ns	40MHz	TIVH05	200MHz:>93dB 500MHz:>85dB
5ns	80MHz	TIVH08	500MHz:>85dB 800MHz:>80dB

上管驱动信号的上升时间及带宽

【测试对比说明】



左图，测量 Vgs,CH1=TIVH08,CH6=THDP0200，由于连接造成的振荡，明显可以看出，TIVH 要比小很多。



右图，测量 Vds,CH1=TIVH08,CH4=THDP0200，由于带宽及 CMRR 的不同，造成的信号上升时间和电压误差

【方案配置】

根据测试驱动信号的上升时间来选择的方案配置如下。注意：探头的带宽最好示波器的带宽一致

基本配置：泰克示波器 MDO3K/4K+TIVH02/TIVH05/TIVH08

优化配置：MSO5/350/500/1000 + TIVH02/TIVH05/TIVH08

- 特点：**
- 1. 高带宽：200M、500M、800MHz 探头带宽
 - 2. 宽电压：1V--2500V 的差模电压、60K 的共模电压
 - 3. 高 CMRR:120dB 的共模抑制比
 - 4. 高分辨率：12bitADC

电源产品效率测试方案

【测试需求】

电源产品整体评价，效率是非常重要的一个指标。在一定意义上效率的大小决定了电源产品在市场的竞争力。尤其最近几年推出很多的国际及地方的节能标准，如六级能耗，节能认证规范等，电源效率都是必须测试的项目。电源工程师如何准确的测试单项或者三相电源的输入输出的效率是非常头疼的事，泰克为您提供强大的功率分析仪和软件轻松解决测试难题。

【测试平台搭建】

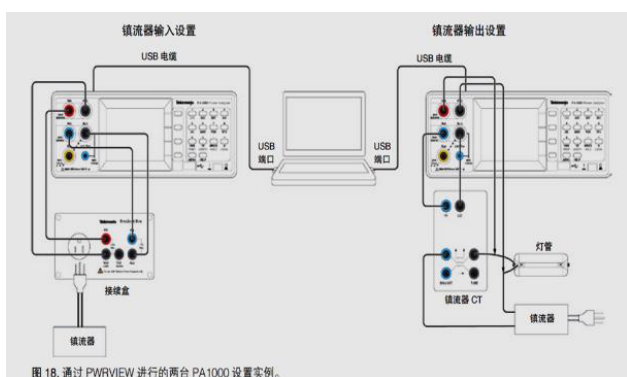
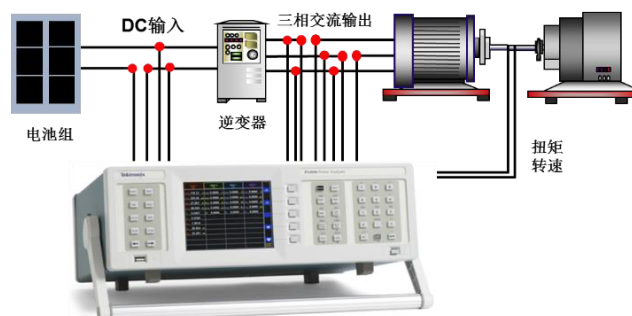


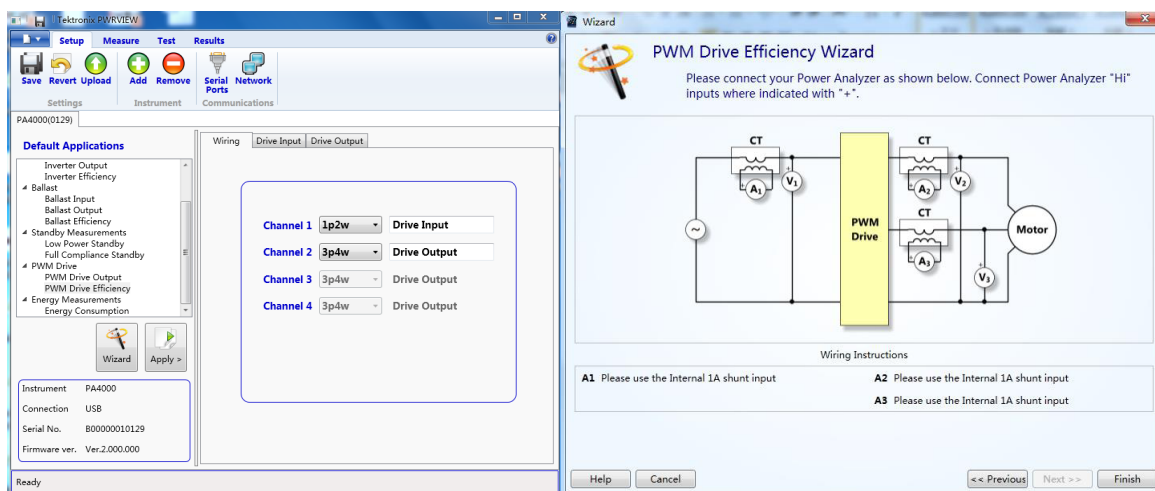
图 18. 通过 PWRVIEW 进行的两台 PA1000 设置实例。

单相效率测试系统



三相效率测试系统

【测试说明】



PWRVIEW 远程控制软件：

可以实现，远程控制，系统配置（接线及测试项目），数据监控及记录等功能

【方案配置】

方案 1：单相系统：2 台 PA1000+ PWRVIEW 软件

方案 2：三相系统：PA3000-4CH

电流变送器：CT-400-S（根据测试功率大小选择）

泰克环路响应测试方案使用一台任意波函数发生器 AFG 提供一个单一的源扫描指定的频率范围，画出每一点的振幅和相位。信号通过信号注入器（如 PICOTEST 公司 J21xxA 模型）引入控制环路，得到的增益图和相位图（波特图）用于自动计算增益和相位裕度，使用光标允许您查看任意频率上的增益和相位值，从而判定电源环路的稳定性。

Power 1 1/2

Control Loop Resp.

GM: 9.98 dB
@ 131.5 kHz

PM: 41.31 °
@ 62.73 kHz

DUT input

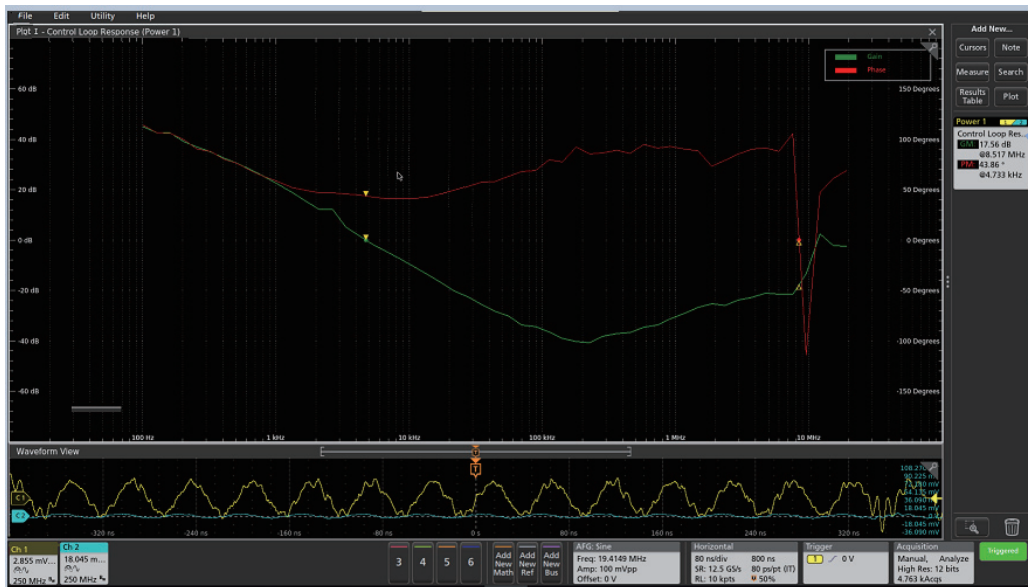
DUT output

AFG output

Picotest Injection transformer

DUT

【测试说明】



实测图

【方案配置】

1. 经济解决方案：MDO3/MSO4+AFG 选项 + 信号注入器 J2100A+ TPS-5000-CLR 软件 +2 根 P2220/P2221 (1:1 探头)
2. 高级解决方案：MSO54+AFG 选项 +5-PWR+ 信号注入器 J2100A+2 根 TPP0502 (2:1 探头) (J2100A 公开价 5000RMB)

特点：专用的环路响应测试仪器价格昂贵，公司测试资源有限。泰克基于通用示波器配套经济型的附件可轻松实现环路响应测试评价，提高效率，大大的提升测试仪器的使用价值。

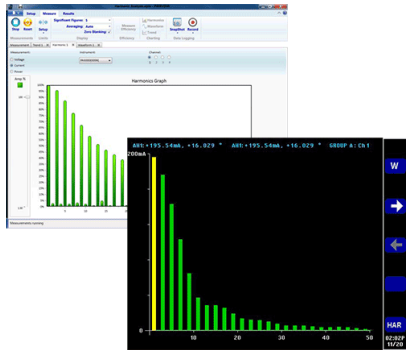
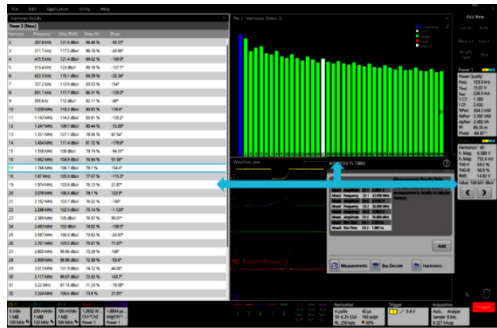
泰克科技电源谐波测试方案

【测试要求】

随着用电设备的多样化和复杂化，线路中谐波的成分也变得越来越丰富，谐波污染的治理问题也变得越来越棘手，最常用的谐波分析方法是使用傅里叶变换，将的离散信号进行傅里叶级数展开，得到离散的，从离散的频谱中挑选出各次谐波对应的谱线，计算得出谐波各项参数。

谐波的测量工具普遍采用功率分析仪，一般都内置谐波测量的标准：IEC61000-3-2 或 EN60555-2 或 GB17625.1-2003 等。泰克除了 PA1000/3000 提供谐波测量以外，更多的示波器如 MDO3、MSO4/5/6 也具有谐波测量功能。

【测试方案】

方法	PA1000/3000 功率分析仪	基于示波器的谐波测量
特点及优势	✓ 测量带宽：1MHz ✓ 谐波次数：100 次 ✓ 测量类型：电压、电流 ✓ 采样率：1 Ms/S ✓ 支持标准：IEC61000-3-2、MIL-STD-1399-Section 300B ✓ 免费的 PWRVIEW 控制软件	✓ 高带宽：>100MHz ✓ 支持标准：IEC61000-3-2、AM 14、MILSTD1399、DO-160 ✓ 谐波次数：100 次 ✓ 图形和表格显示 ✓ 更多的电源测量项目如损耗、频响、磁损
测量图示		
测量系统		

【方案配置】

- 功率分析仪配置
 - 1) 30A 电流以内：PA3000/1000
 - 2) >30A 电流，选择相应电流的 CT
- 示波器的方案配置：
 - 1) 示波器主机：MDO3、MSO4/5/6
 - 2) 谐波模块：PWR
 - 3) 电压探头：THDP0200/P5205A
 - 4) 电流探头：20A：TCP0020/TCP2020；30A：TCP0030A
150A：TCP0150；500A：TCP400+404XL

磁性器件损耗测试方案

【测试原理】

在开关式电源 (SMPS) 中, 磁性器件即电感器和变压器发挥着重要作用。电感器作为能量贮存设备或滤波器使用。变压器用来转换电压, 提供隔离功能。变压器还在保持 SMPS 系统振荡中发挥着重要作用。大部分 SMPS 设计工艺依赖元器件规范和仿真模型。但是, 由于实际信号条件、寄生信号、温度及影响磁性器件性能的其他环境因素, 电源的性能可能不会与产品技术资料 and 仿真预测的水平一模一样。因此, 在工作条件下在线测量电感器和变压器可以提供重要信息。

【测试平台搭建】

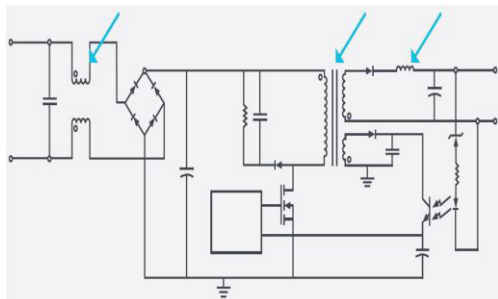
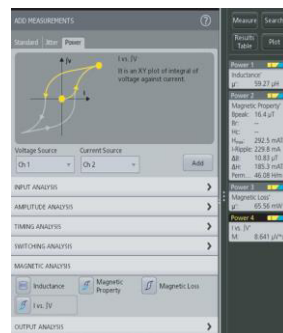


图 1. 电感器和变压器在开关式电源中发挥着关键作用, 包括滤波、升压/降压、隔离、能量贮存和振荡。

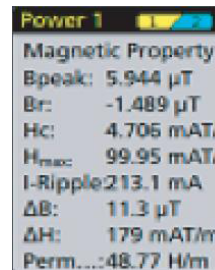
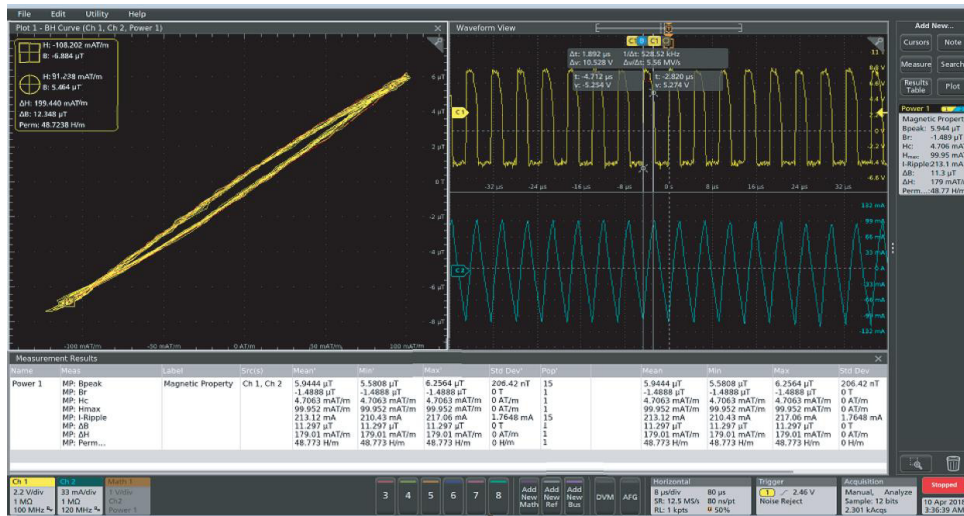


指定电压通道和电流通道, 设置电感和 i 相对于 $\int v$ 关系测量。

电路示意图

仪器设置图

【测试说明】



5-PWR 磁性测量给出了设计中的磁性器件的磁滞图, 检查磁性器件是否饱和, 因为它会导致电源不稳定。

【方案配置】

推荐解决方案: MSO54+5-PWR+THDP0200+TCP0030A

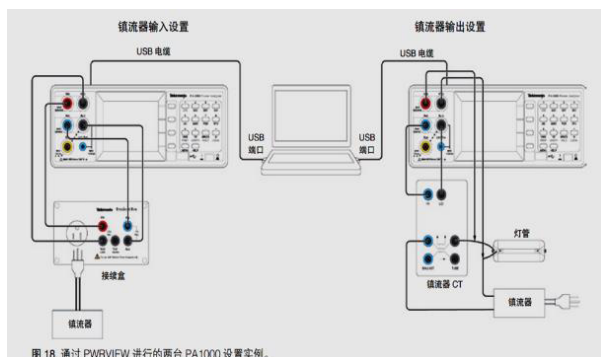
特点: 5-PWR 磁损耗测量给出了总磁损耗, 包括磁芯损耗和铜缆损耗。设计人员可以从器件制造商的产品技术资料中找到磁芯损耗, 再从总磁损耗中减去磁芯损耗, 得到铜缆损耗。

电源产品效率测试方案

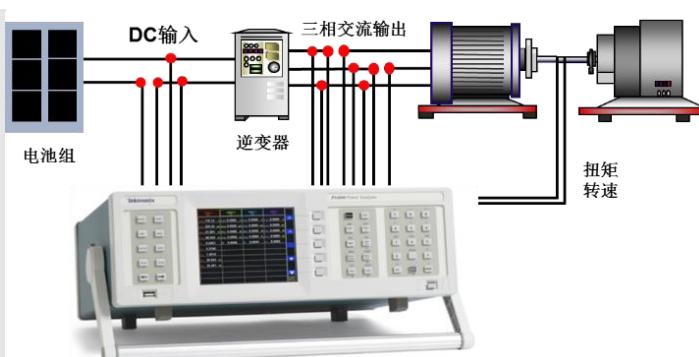
【测试要求】

电源产品整体评价，效率是非常重要的一个指标。在一定意义上效率的大小决定了电源产品在市场的竞争力。尤其最近几年推出很多的国际及地方的节能标准，如六级能耗，节能认证规范等，电源效率都是必须测试的项目。电源工程师如何准确的测试单项或者三相电源的输入输出的效率是非常头疼的事，泰克为您提供强大的功率分析仪和软件轻松解决测试难题。

【测试平台搭建】

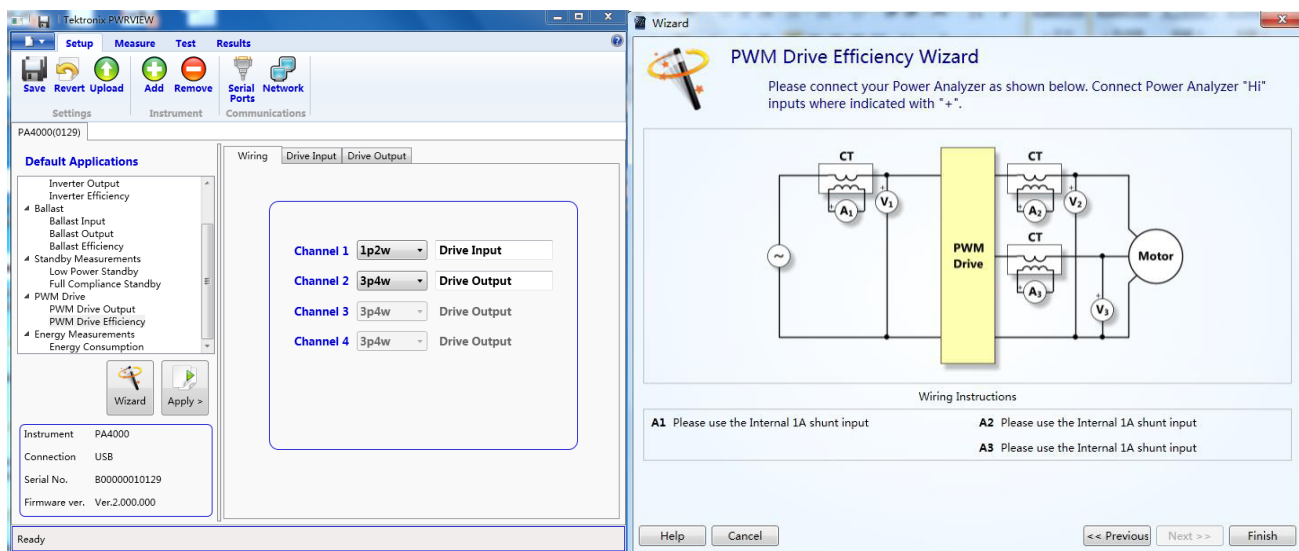


单相效率测试系统



三相效率测试系统

【测试说明】



PWRVIEW 远程控制软件：

可以实现，远程控制，系统配置（接线及测试项目），数据监控及记录等功能

【方案配置】

方案 1：单相系统：2 台 PA1000+ PWRVIEW 软件

方案 2：三相系统：PA3000-4CH

电流变送器：CT-400-S（根据测试功率大小选择）

泰克科技电源纹波测试方案

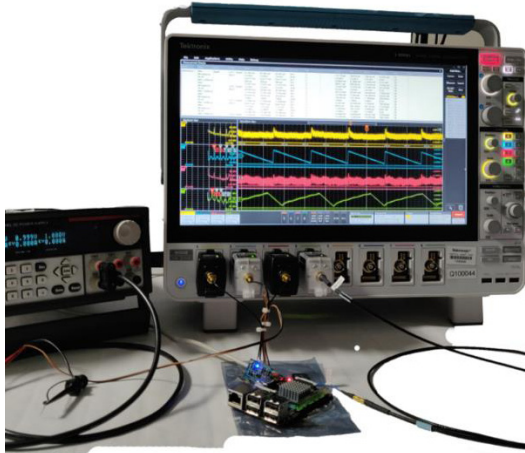
【测试要求及意义】

纹波是由于直流稳定电源的电压或电流波动而造成的一种现象，它表现为频率高于工频的类似正弦波的谐波，以及宽度很窄的脉冲波。

对于现代的复杂电子系统，除了需要 AC-DC 的电源外，更多的甚至多级电源轨的系统来说，DC-DC 的纹波噪声也越来越重要，由于纹波以及噪声的存在，会导致很多危害，影响电路的正常工作，所以，一定要准确测量电源的纹波噪声数值。

纹波噪声的基本测量工具是采用示波器 + 探头的方式，但对示波器和探头是有一些指标上的要求的。纹波噪声一般用有效值或峰值来表示。

【测试平台及配置】

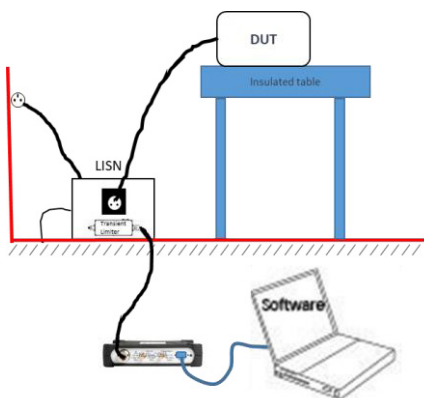
类型	一般的 AC-DC 电源纹波噪声测量 ($\leq 20\text{MHz}$)	DC-DC 的纹波噪声测量—电源轨 ($\geq 1\text{GHz}$)
纹波噪声源	工频、开关频率及电路噪声	PCBA 板上的高速信号传导及干扰
		
方案配置	MDO3/MSO4+TPP0502	MSO5/MSO6+TPR1000/4000+DPM
方案特点及优势	✓ 测量带宽满足 20MHz，可以扩展到 500MHz ✓ 低电容输入，减小环境影响 ✓ 全新触摸操作，效率高 ✓ 300Vrms 测量范围 ✓ 方案还可以对功率器件的特性如 SOA、损耗等进行测量	✓ 测量带宽大于 1GHz ✓ 系统噪声：$<1.3\text{mV}$（全带宽） ✓ 动态范围：$\pm 1\text{V}$ ✓ 偏置范围：$\pm 60\text{V}$ ✓ 精度：1mV ✓ 高分辨率 12bit ✓ 测量自动化，减小人为误差，重复性好 ✓ 方案还包含：时序、瞬态等功能

泰克 EMI 测试方案

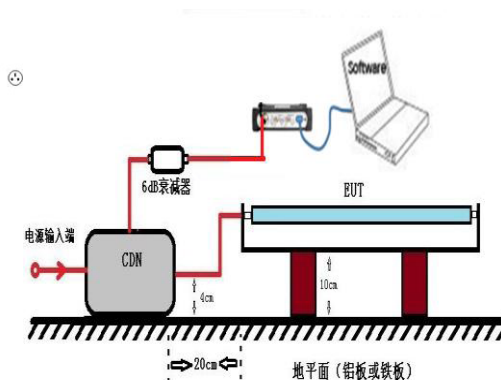
【测试原理】

泰克 EMI 传导及辐射测试方案基于实时频谱仪 RSA300/500/600 系列，配合 LISN 以及专用 EMCVU 软件，实现被测物的传导测试；采用天线（高配）或者 CDN（低配）结合 EMCVU 软件，实现被测物的辐射测试。高性价比方案为工程师在研发阶段能进行 EMI 摸底，保证一次性通过 EMI 一致性认证。

【测试平台搭建】

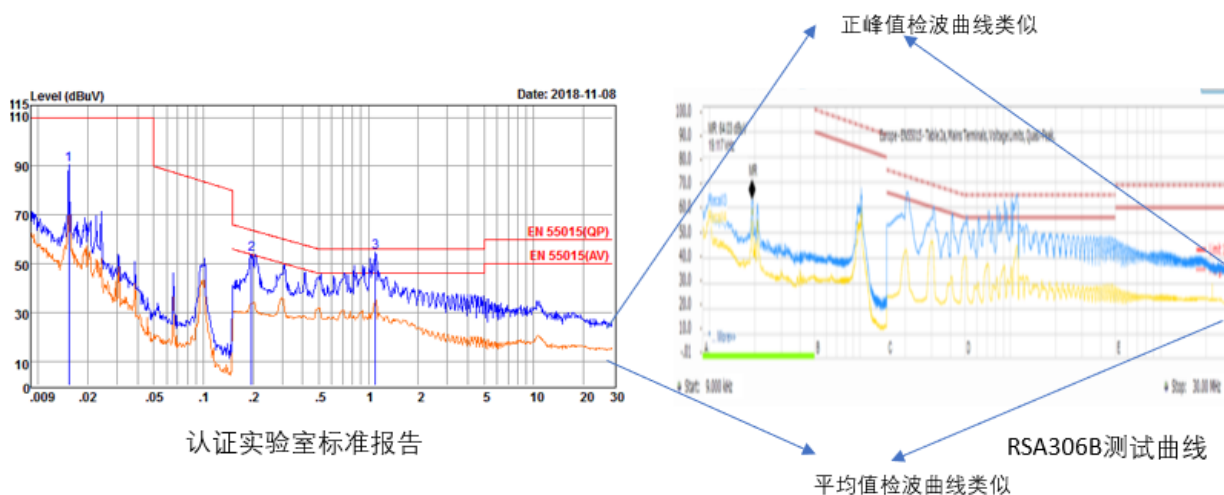


传导测试



辐射测试 (CDN)

【测试结果】



【方案配置】

- 1 传导方案：RSA306B/RSA500/RSA600 + EMCVU + LISN
2. 辐射方案：
 - a. RSA306B/RSA500's/RSA600's + EMCVU + 天线（高配）
 - b. RSA306B/RSA500's/RSA600's + EMCVU + CDN（低配）

电源待机功耗一致性测试方案

【测试原理】

“待机功率估计占发达国家家庭消耗的总电力的 5 ~ 10%。”

-- 洛伦斯伯克里国家实验室 (美国能源部)

在国际节能环保的大前提下，越来越多的国家和政府要求电源产品能降低功耗，提高效率。其中推出很多的国际及地方的节能标准，如六级能耗，节能认证规范等，其中有个非常重要的测试参数就是待机功耗。尤其对于那些常年插在墙壁电源的产品，待机的要求越来越高，如何能准确测试并通过节能认证规范是电源设计工程师比较关注的问题。

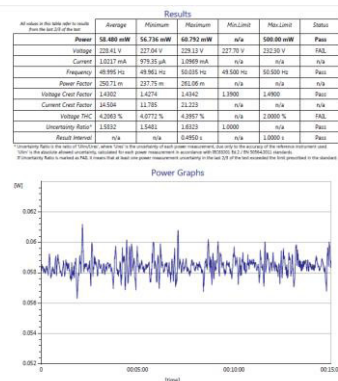
【测试平台搭建】



【测试说明】



Test Report No 140214-085333-F			
Standby Power Measurement			
Customer		Name	
Name: Power Electronics		Name: Power Electronics	
Address: 12345678		Address: 12345678	
Date of Issue: 2014-08-24		Date of Issue: 2014-08-24	
Unit Under Test		Reference Instrument	
Unit Under Test: (not selected)		Reference Instrument: Tektronix	
		Developer: Power Electronics	
		Model: 140214-085333-F	
		Serial Number: 140214-085333-F	
		Firmware Version: 1.0.0.0	
		Test Software: POWERVIEW ver. 1.1.3.412	
Test Conditions		Test Summary	
Time of Test: 2014-08-24 08:53:33		Average Power: 58.400 mW	
Test Voltage: 230V ±1%		Power Limit: 500.00 mW	
Test Frequency: 50Hz ±1%		Power Stability: 10.00 uW	
Voltage Correction: ±1% Trc		Uncertainty: ±1.00%	
Voltage Crest Factor: 1.31 ± 0.1		Test Period: 10.00 s	
Temperature: 23°C ±1%		Test Method: Sampling (IEC62301 64.2)	
Humidity: 70%		Test Status: PASS	
Power measurements were carried out in accordance with the requirements of IEC 62301 64.2		Measurement of standby power and EN 50564:2011 Electrical and electronic household and office equipment - Measurement of low power consumption in the laboratory environment, using equipment traceable to national or international standards. All testing was performed under computer control.	
Uncertainty quoted is an average of power measurement uncertainty from the test set and the accuracy of the reference instrument used.		Powering factor is calculated as Pmax / Pavg. Power factor is calculated as Pavg / Pmax. Power factor is calculated as Pavg / Pmax.	
Test Name		Test Office	
Full Name:		Full Name:	
Signature:		Signature:	



在电源转换器产品空载时，测试其待机功耗，六级能耗已经要求待机功耗低于 00mW, 这就对测试仪器精度提出很高的要求。甚至有客户测试零功耗，即电源待机功耗小于 10mW，所以对功率分析仪要求非常高。很多其他品牌的功率分析仪不能稳定准确的测试这么小的待机功耗。泰克为您提供免费的符合 IEC62301 版本 2 的一致性测试软件，并提供一键报告。

【方案配置】

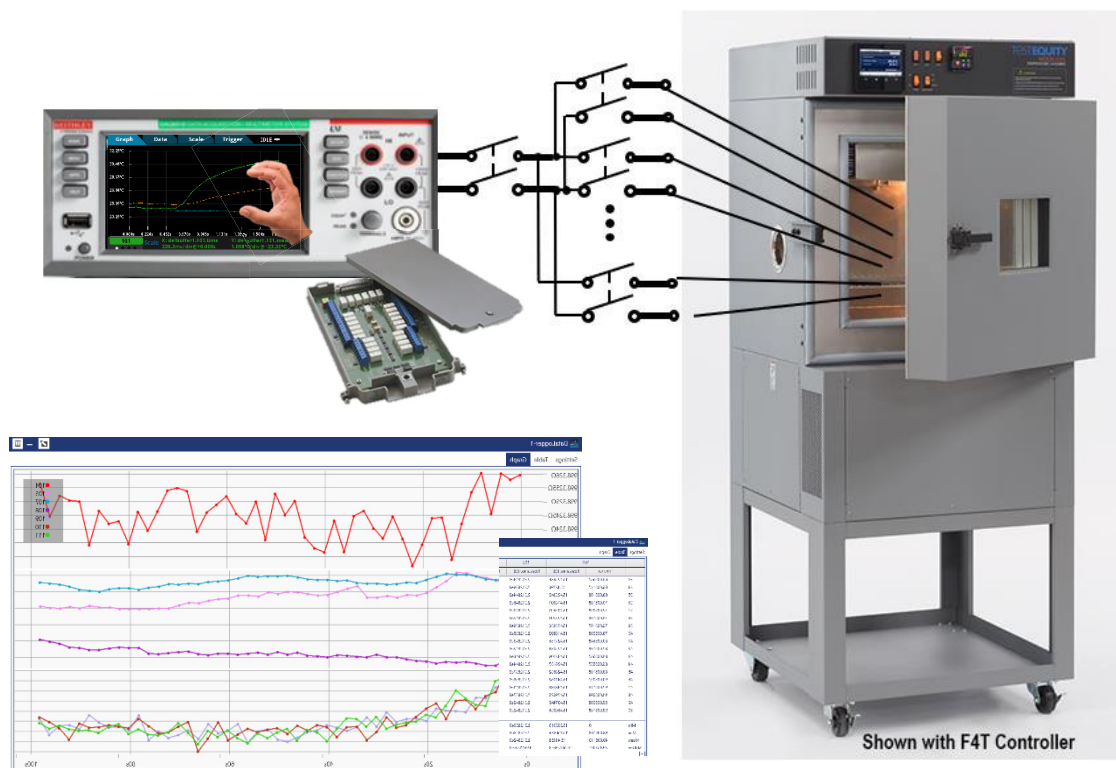
1. PA1000+ 测试盒 + 4 根电压电流测试线 (0.05% 测试精度, 最小可以测试 5mW, 最高 600V, 20Arms 电源转换器产品)
2. PA3000+ 测试盒 + 4 根电压电流测试线 (0.04% 测试精度, 多通道, 最高直接测试 600V, 30Arms 电源转换器产品)

电源老化 / 温升测试方案

【测试说明】

为了验证产品的寿命和品质，往往都会需要将设计好的电源产品置于仿真的高温、恶劣环境中一段时间以检查其稳定性和可靠性。此外，有时在对电源产品做应力分析时也需要长期监测多个电压、电流及温度等信号。这些时候就需要一套多通道、易操作、高精度的数据采集系统配合相应的环境设备（环境箱、老化房、烧机室等）来实现测试目的。泰克 DAQ6510 内置六位半的高精度 DMM，配套板卡提供单机采集通道数最高可达 80 路，可采集交直流电压、交直流电流、热电偶、热电阻器、2/3/4 线 RTD、2/4 线电阻、电容、周期、频率等各种信号；5 英寸触摸屏，直观面板操作设置采集，屏幕直接显示采集数据，可脱离上位机独立工作；单通道监控最高采集率高达 1M 采样 / 秒；可直接存储采集数据至 U 盘，不用担心断电导致之前数据丢失；提供配套软件便于电脑控制等特点。

【测试平台搭建】



【方案配置】

1. 测试信号通道数 (80 路以内) 解决方案：DAQ6510+1 块或 2 块 7700/7701/7702/7703/7706/7707/7708/7709/7710 板卡 + 相应传感器及环境箱设备等
特点：经济适用，便携，易上手
2. 超高通道数 (数百路) 解决方案：3706+1 至 6 块板卡 + 软件 + 相应传感器及环境箱设备等
特点：单机可提供最高 576 通道，内置 7 位半数字万用表超高精度，10 种板卡可选



3 系列混合域示波器 (MDO)

直观易用的全新 3 系列 MDO 示波器，提供屡获殊荣的用户界面、同类产品优异的高清显示器以及更多功能，包括通过可选的内置频谱分析仪进行 RF 测量功能。所有这些都无需占用额外的工作台空间。为您打造更高效可靠的测试伙伴！



4 系列混合信号示波器 (MSO)

直观易用的全新 4 系列 MSO，可提供更大显示空间、更多信号、更高分辨率和更高级的功能，专为所有工程师日常测试量身定制。为您打造性能指标标定的平台！



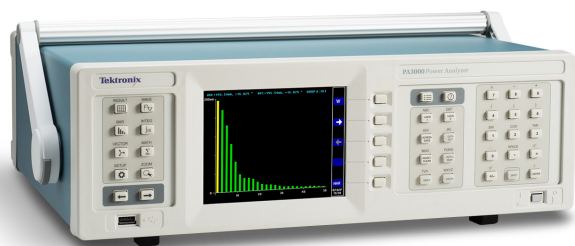
5 系列混合信号示波器 (MSO)

5 系列混合信号示波器 (MSO) 采用全新简洁设计，能够深入洞察复杂信号的多功能示波器。泰克把 5 系列 MSO 设计成市场上应用灵活、功能强大、简便易用的中档示波器。5 系列 MSO 秉承泰克的一贯创新风格，打破了示波器设计和配置的既定规则。



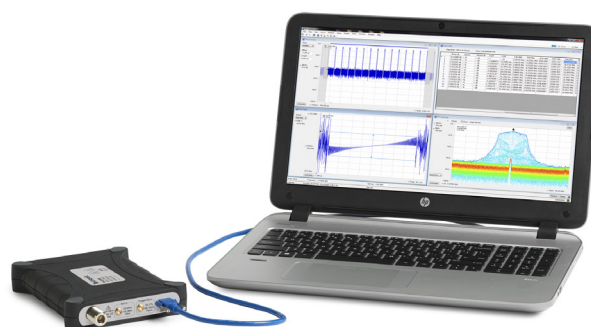
2600B 系统源表 SMU 仪器

Series 2600B 源表 SMU 仪器是业内功能强大、速度快、分辨率高的 SMU 仪器。现在，由于 USB 2.0 连接、Model 2400 软件仿真和基于 Java 的即插即用测试软件，它们使用起来更加简便。Series 2600B 型号提供动态范围为：10A 脉冲 - 0.1fA 和 200V - 100nV。



PA3000 功率分析仪

泰克 PA3000 是为当今单相和多相高效功率转换产品和设计优化的 1~4 通道功率分析仪。它可以根据最新地区标准和国际标准，迅速查看、分析和存档功率效率、能耗和电气性能，包括 Level VI、EnergyStar、CEC、IEC 62301 和 CQC-3146。



RSA306B USB 实时频谱分析仪

RF 信号分析仪在你手中！

RSA306B 使用电脑和泰克 SignalVu-PC™ RF 信号分析软件，为 9 kHz ~ 6.2 GHz 的信号提供实时频谱分析、流式捕获和深入信号分析功能，而且价格低、携带方便，特别适合现场、工厂或学术机构使用。



RSA500A 系列

RSA500A 系列为干扰搜寻、频谱管理和网络维护等任务提供了坚固耐用、便于携带的实时频谱分析功能。在与可选的平板电脑和 SignalVu-PC 软件结合使用时，RSA500A 系列解决了最棘手的干扰挑战。在配备选配的跟踪发生器及内置 VSWR 桥接器与电缆和天线测试软件时，RSA500A 成为不可或缺的现场测试工具。泰克提供了地图、信号强度、信号记录和播放等选项，可以根据您的要求订制 RSA500A。



DAQ6510 数据采集和记录万用表系统

DAQ6510 是一种精密的数据采集和记录系统，它追求极简主义，与许多独立式解决方案中常见的复杂配置和控制相比，把简单推向了极致。大型 5 英寸 (12.7 cm) 多触点显示器可以引导用户完成测试设置、数据查看和分析，不再像许多应用那样必需使用电脑和定制软件。如果您更愿意使用电脑或要求使用电脑，那么可以使用一套完整的 IVI 和 Labview 驱动程序和吉时利 KickStart 仪器控制软件，帮助您实现任何应用。

电源探头选型指南

1. 高压差分探头

高压差分探头用来测量两个测试点之间的电压差（两个测试点都没有接地）。泰克高压差分探头可以测量高达 6000 V 的信号。由于其共模抑制功能，这些探头为在大型部件中进行未参考地电平的测量、浮动测量或隔离测量提供了最佳选择。这些产品均由泰克设计、制造并提供服务。



THDP 系列



P5200A



P52XX 系列

型号	带宽	上升时间	衰减	最大差分电压	到接地的最大电压	差分输入电容	单端输入电容	差分输入电阻	单端输入电阻	电缆长度 (T _{propagation})	接口
P5200A	50MHz	7.8ns	50:1 / 500:1	±1300V	1000Vrms (CAT II)	2pF	4pF	10MΩ	5MΩ	1.5m (21ns)	BNC (1MΩ)
P5202A	100MHz	3.8ns	20:1 / 200:1	±640V	300Vrms (CAT II)	2pF	4pF	5MΩ	2.5MΩ	1.5m (21ns)	TekProbe LVL 2 (1MΩ)
P5205A	100MHz	3.8ns	50:1 / 500:1	±1300V	1000Vrms (CAT II)	2pF	4pF	10MΩ	5MΩ	1.5m (21ns)	TekProbe LVL 2 (1MΩ)
P5210A	50MHz	7.8ns	100:1 / 1000:1	±5600V	2300Vrms (CAT I)	2.5pF	5pF	40MΩ	20MΩ	1.5m (21ns)	TekProbe LVL 2 (1MΩ)
TMDP0200	200MHz	1.8ns	25:1 / 250:1	±750V	550Vrms (CAT I)	2pF	4pF	5MΩ	2.5MΩ	1.5m (21ns)	VPI (1MΩ)
THDP0200	200MHz	1.8ns	50:1 / 500:1	±1500V	1000Vrms (CAT II)	2pF	4pF	10MΩ	5MΩ	1.5m (21ns)	VPI (1MΩ)
THDP0100	100MHz	3.5ns	100:1 / 1000:1	±6000V	2300Vrms (CAT I)	2.5pF	5pF	40MΩ	20MΩ	1.5m (21ns)	VPI (1MΩ)

2. 电流探头

泰克电流探头解决方案提供了：

- 范围广泛可进行 AC/DC 和仅 AC 电流探头
- 测量范围从几 mA 到 3000 A
- 优异的带宽，高达 120 MHz
- 优异的测量灵敏度，最低 1 mA



电流探头 –DC/AC

型号	最大电流	最小电流*	带宽	上升时间	接口
TCPA300	电流探头放大器				TekProbe LVL 2
TCP312A	30 A DC; 21.2 A _{RMS} ; 50 A峰值	1 mA	DC - 100 MHz	≤ 3.5 ns	放大器
TCP305A	50 A DC; 35.4 A _{RMS} ; 50 A峰值	5 mA	DC - 50 MHz	≤ 7 ns	放大器
TCP303	150 A DC; 150 A _{RMS} ; 500 A峰值	5 mA	DC - 15 MHz	≤ 23 ns	放大器
TCPA400	电流探头放大器				TekProbe LVL 2
TCP404XL	500 A DC; 500 A _{RMS} ; 750 A峰值	1 A	DC - 2 MHz	≤ 175 ns	放大器
TCPO030A	30 A DC; 30 A _{RMS} ; 50 A峰值	1 mA	DC - 120 MHz	≤ 2.92 ns	TekVPI
TCPO020	20 A DC; 20 A _{RMS} ; 100 A峰值	10 mA	DC - 50 MHz	≤ 7 ns	TekVPI
TCP2020	20 A DC; 20 A _{RMS} ; 100 A峰值	10 mA	DC - 50 MHz	≤ 7 ns	BNC
TCP202A	15 A DC; 15 A _{RMS} ; 50 A峰值	10 mA	DC - 50 MHz	≤ 7 ns	TekProbe LVL 2
TCPO150	150 A DC; 150 A _{RMS} ; 500 A峰值	5 mA	DC - 20 MHz	≤ 17.5 ns	TekVPI
A622	100 A DC; 70.7 A _{RMS} ; 100 A峰值		DC - 100 kHz	≤ 3.5 μs	BNC

* 在电流探头下颚上把导线绕几次，会提高灵敏度

电流探头 – 仅AC

型号	最大电流	最小电流	灵敏度*	带宽	接口
P6021A	10.6 A _{RMS} ; 250 A峰值		2 mA/mV, 10 mA/mV	120 Hz - 60 MHz	TekProbe
P6022	4 A _{RMS} ; 100 A峰值		1 mA/mV, 10 mA/mV	935 Hz - 120 MHz	BNC
TRCP3000	3000 A峰值	500 mA	2 mV/A	1 Hz - 16 MHz	BNC
TRCP0600	600 A峰值	500 mA	10 mV/A	12 Hz - 30 MHz	BNC
TRCP0300	300 A峰值	250 mA	20 mV/A	9 Hz - 30 MHz	BNC
CT1	450 mA _{RMS} ; 12 A峰值		5 mV/mA	25 kHz - 1 GHz	BNC
CT2	2.5 A _{RMS} ; 36 A峰值		1 mV/mA	1.2 kHz - 200 MHz	BNC
CT6	120 mA _{RMS} ; 6 A峰值		5 mV/mA	250 kHz - 2 GHz	BNC

* 在电流探头下颚上把导线绕几次，会提高灵敏度

电源探头选型指南

3. ISOvU 光隔离探头

由于业界领先的 1 GHz 带宽、160dB 或 1000 万 : 1 共模抑制比、60kV 共模电压、大的 ± 2500 V 差分范围和杰出的探头负载，IsoVu® 探头为解决当前苛刻的功率测量挑战提供了适当的工具。



型号	带宽	上升时间	电缆长度	最大差分输入电压	最大偏置范围	到接地的最大共模电压	接口
TIVM1	1GHz	350ps	3m	$\pm 50V^*$	$\pm 100V^*$	60kV	VPI
TIVM1L	1GHz	350ps	10m	$\pm 50V^*$	$\pm 100V^*$	60kV	VPI
TIVH08	850MHz	450ps	3m	$\pm 2500V^{**}$	$\pm 2500V^{**}$	60kV	VPI
TIVH08L	850MHz	450ps	10m	$\pm 2500V^{**}$	$\pm 2500V^{**}$	60kV	VPI
TIVH05	500MHz	700ps	3m	$\pm 2500V^{**}$	$\pm 2500V^{**}$	60kV	VPI
TIVH05L	500MHz	700ps	10m	$\pm 2500V^{**}$	$\pm 2500V^{**}$	60kV	VPI
TIVH02	200MHz	1.8ns	3m	$\pm 2500V^{**}$	$\pm 2500V^{**}$	60kV	VPI
TIVH02L	200MHz	1.8ns	10m	$\pm 2500V^{**}$	$\pm 2500V^{**}$	60kV	VPI

* IVTIP50

** WSPIN2500X

4. 单端高压探头

高压单端探头一般用来测量以参考地电平的瞬间的高电压信号，例如放电信号等。



P6150A



P5100A

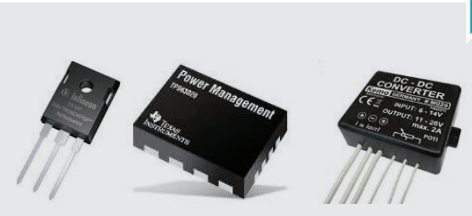
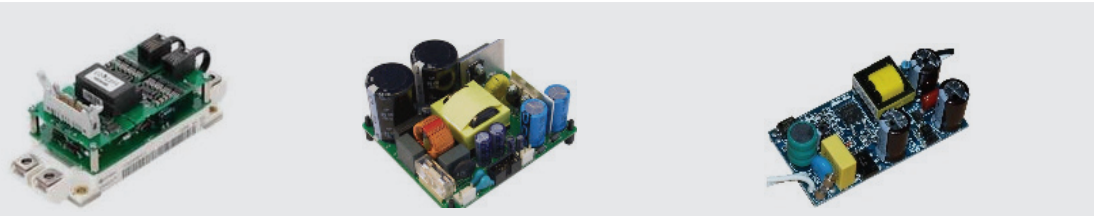
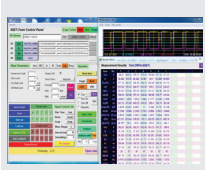
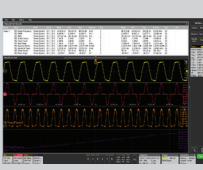
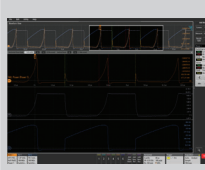


TPP0850

高压探头—单端

型号	带宽	最大电压	衰减	输入阻抗	补偿范围	接口
P5100A	500 MHz	1000 V_{RMS} (CAT II) 2.5 kV 峰值	100X	40 M Ω 2.5 pF	7 pF – 30 pF	TekProbe LEVEL 1
P6015A	75 MHz	20 k V_{RMS} 40 kV 峰值	1000X	100 M Ω ≤ 3 pF	7 pF – 49 pF	TekProbe L1 or BNC
P5122	200 MHz	1000 V_{RMS} (CAT II)	100X	100 M Ω 4.6 pF	10 pF – 25 pF	BNC
P5150	500 MHz	1000 V_{RMS} (CAT II) 2.5 kV 峰值	50X	40 M Ω 3.8 pF	10 pF – 25 pF	BNC
TPP0850	800 MHz	1000 V_{RMS} (CAT II) 2.5 kV 峰值	50X	40 M Ω 1.8 pF	示波器自动补偿	TekVPI

电源转换器设计流程

电源转换器设计流程														
器件				模块						最终产品 / 系统				
														
电源设计流程	器件选择和性能验证			电源原型版设计及调试						电源质量分析				
各阶段测试点	IC	电容	晶体管 MOSFET, IGBT, GaN, SiC	电路设计优化	开关损耗	宽禁带半导体器件 GaN, SiC	磁性器件损耗	环路相应优化	输出纹波测试	效率测试	谐波测试	电源标准测试	EMC 认证	老化测试
测试痛点	对市场新推出的低功耗 IC 及功率器件特性无法准确把握，是否真正在自己的电源设计中发挥最大的作用，缺少一种简单经济的评价方法。			对于电源功能设计中输入输出的信号进行测试，信号波形及主要的参数指标。对于系统的评价，测试设备是否能可靠地，准确的反应真实的信号特点是工程师非常关注的问题，担心某一次测试带来误导。			很多电源设计工程师对电感，变压器等磁性器件越来越关注，因为它已经成为影响电源产品效率的第二号因素。如何评价磁性器件对电源稳定性和整体效率的影响？如何测试电感，磁损，BH 曲线，磁性属性等指标？是摆在工程师面前的难题。			产品设计完成，效率是其最重要的指标，如何准确评价电源质量？有功，功率因数，效率等项目？				
	对于电源产品设计，大功率开关管的选择是非常关键也是非常困难的。如何在系统调试之前对 IGBT 模块特性进行测试，尤其基于桥式拓扑结构，在不同的负载条件测试 IGBT 及相应的二极管的特性成为工程师非常头疼的问题。			作为开关电源做主要的器件，MOSFET 和 IGBT 成为影响电源整体效率最主要的因素，以往都是通过器件厂商提供的参数理解计算对电源效率的影响，但是在不同的应用中，驱动条件不同，功耗千差万别，如何量化评价在真实电源中的损耗成为工程师非常在意的问题。			工程师就需要花更多的时间和精力在电源的完整性上面（PDN），而针对电源完整性来说除了我们经常提到的开关损耗、输入电源质量、输出纹波测试等以外，我们还会涉及到环路响应测试，通过环路响应测试我们可以知道了解我们的反馈环路的稳定性到底如何？			电源输出质量是电源评价重要的一环，尤其对于 DC 输出，不但要测试电压，电流大小，还要对输出的纹波进行准确的测试，尤其对于某些特殊的电源，纹波需要控制在很小的范围，如何准确测试微小的纹波信号非常棘手。				
解决方案	对于很多的电源设计工程师来说很多人因为测试仪器价格选择采用器件厂商的指标，但是如果验证市面上基本上采用半导体参数分析仪，对设计中使用的 MOSFETs、IGBTs、二极管及其他高功率器件进行特性分析。			电源行业在电源设计过程中基本都是采用示波器和电压电流探头来进行驱动波形分析的，为了保证测试数据可靠，在选择仪器基本都是选择电源行业认可的可靠性与稳定性兼具的示波器与探头品牌仪器。			传统方法是利用网络分析仪、或者专有的设备来测试，但是相对来说这种测试成本就非常高了。目前示波器也开始集成了环路响应测试功能，为工程师提供了进行测试的另外一种方法。简单，高效！			高精度多通道功率分析仪可以评价电源质量，有功功率，功率因数，效率等项目。是电源质量整体评价的必要项目。				
	行业基本有动态测试的说法，就是用非常小的功率驱动来测试电力电子器件在各种条件下栅极驱动和动态特性。有以下参数可以测试： 1. 不同温度的特性 2. 短路特性和短路关断 3. 栅极驱动特性 4. 关断时过电压特性 5. 二极管恢复特性 6. 开关损耗测试			业内采用高带宽示波器及电压及电流探头进行量化评价及目前市场上高压探头最高 200M 左右，已经不能满足其测试要求，尤其在桥式拓扑，上管工作在高达几百伏的共模电压环境下，无法探测其真实的驱动状态，很多工程师都选择测试下管，预估上管的驱动状态，其隐患心知肚明。			利用示波器和电压或者电流探头测试纹波是业内主流的测试方法。考虑到电源技术的发展，越来越多的客户开始关注小纹波信号的测试能力。			功率分析仪是业内谐波分析的首选。主要因为其高精度并提供专业的谐波分析的能力，电源行业一般都要要求在 50 次以上谐波测试能力				
泰克方案	370B 半导体参数测试仪是行业内非常有名的测试设备，但是该产品已经停产，为满足客户的测试需求，所以泰克吉时利推出 370B 的替代方案半参数化波形记录器 PCT，全面的器件级测试，如击穿电压、通态电流和电容测量。功率范围最高 3KV/100A。			泰克推出了 IGBT Town 功率器件单脉冲，双脉冲及多脉冲测试方案，集成强大的发生装置，数据测试装置及软件。用户可以自定义测试条件，测试项目包含：T _{off} , t _{d(off)} , t _f (I _c), E _{off} , T _{on} , t _{d(on)} , t _r (I _c), E _{on} , d _i /d _t , dv/dt, Err, q _{rr} , I _{rr} based on IEC60747.			泰克全新 MSO5 示波器集成了环路响应测试功能，给开关电源电路注入一个频率变化的正弦信号，测量开关电源在频域上的特性，需要通过分析增益余量和相位余量来判断环路是否稳定。			泰克 PA3000 功率分析仪高达 0.04% 测试精度的功率分析仪，最多 4 通道通道，提高高精度测试结果。				
														
解决方案	方案配置			方案配置			方案配置			方案配置				



电源设计从入门到精通视频课程
扫码在线观看

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

服务时间：9:00am - 5:00pm，周一至周五

泰克科技(中国)有限公司
泰克中国客户服务中心
免费热线: 400-820-5835
泰克销售分公司及办事处

泰克科技(中国)有限公司
北京分公司
北京市朝阳区酒仙桥路6号院
电子城·国际电子总部二期
七号楼2层203单元
邮编: 100015
电话: (86 10) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克上海办事处
上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编: 200335
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 5031 6910
(86 21) 6289 7267
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克深圳办事处
广东省深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编: 518008
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克成都办事处
四川省成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编: 610063
电话: (86 28) 6530 4900
传真: (86 28) 8527 0053
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克西安办事处
陕西省西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层L座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克武汉办事处
武汉市洪山区珞喻路726号
华美达大酒店702室
邮编: 430074
电话: (86 27) 8781 2760
E-mail: china.mktg@tektronix.com

如需进一步信息

泰克维护着一套完善的不断扩大的应用指南、技术简介和其它资源，帮助工程师处理尖端技术。请访问www.tek.com.cn



© 2020年泰克公司版权所有，保留所有权利。泰克产品受到美国国外已经签发和正在申请的专利保护。本文中的信息代替以前出版的所有材料中的信息。技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX和TEK是泰克公司的注册商标。本文提到的所有其它商品均为各自公事的服务标志、商标或注册商标。
2020年1月

Tektronix®