

电源测量小贴士

10 个设计阶段



电源设计的 10 个阶段

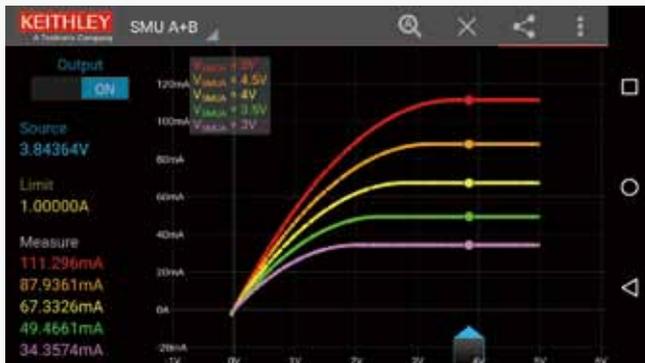
电源是所有电子和电气设备的基础设备，它们分成各种类别，以适应其供电的各类系统。电源市场竞争日趋激烈，设计人员需要设计出更小、更绿色、更便宜的电源。更高的效率、更高的功率密度、产品开发周期、标准要求和降低成本，同样也给设计和设计人员带来巨大影响。

电源设计是一项复杂的工作，分成许多步骤。在本指南中，我们将根据简单的工作流程，提供 10 个设计阶段每个阶段的测试小贴士。希望能让您的测试更高效，让您的生活更轻松。

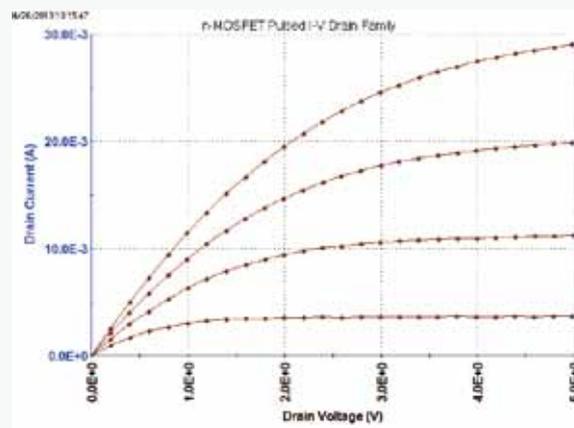
索引

1. 元器件选择和特性分析
2. 低压 DC 电路开机测试
3. 高压 AC 电路开机测试
4. 数字和模拟控制电路调试
5. 测试功率阶段开关特点
6. 开关损耗和传导损耗测试
7. 效率和指标测试
8. 电源线一致性测试
9. EMI 调试和预一致性测试
10. 设计验证

1



两通道源测量单元及 PC 软件为构建特性曲线提供了经济的解决方案。



脉冲式 I-V 测试防止器件自热，非常接近实际器件操作。

元器件选择和特性分析

传统上，元器件制造商详细的产品技术资料为设计人员提供了良好的电源设计所需的所有必要的工作特点，但新设计的要求越来越严格，可能要求所有设计人员在标准产品技术资料的参数之外再分析元器件的特点。

- 某些关键电源元器件，如 MOSFETs 和 IGBTs，应根据关键优化参数进行选择，如开点状态电阻、闭点状态电阻或 AC 特点。
- 应在产品技术资料确定的理想条件之外的温度范围内测试元器件。
- 还应在现实世界条件中与有源器件一起测试无源器件。

了解更多信息

怎样验证功率半导体器件设计网上研讨会：

www.tek.com/webinar/learn-how-validate-power-semiconductor-device-designs-simply-and-accurately

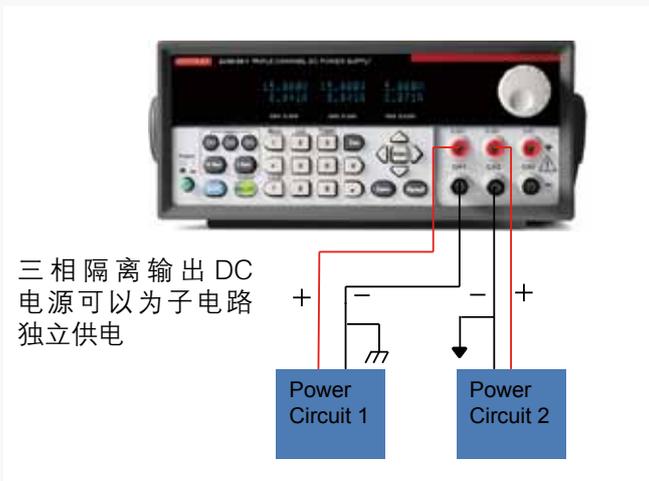
测量小贴士

- 为测量开点状态特点小的差异，如栅极阈值电压 (V_{TH})、增益 (g_M) 和开点电阻 (R_{DSON})，使用的仪器应能够驱动几十安培的电流，生成可以测量的电压。同样，对低电流闭点状态测量，如泄漏电流 (I_{DSS})，使用的仪器应能够提供高电压，生成可以测量的电流。
- 对击穿电压，确保提供的电压是器件工作电压的几倍
- 在简单的两端子器件或比较复杂的三四端子晶体管上测量器件电容相对于电压关系 (C_{ISS} , C_{OSS} , C_{RSS}) 时，一定要使用能够测试器件 DC 工作电压整个范围的电容测量系统。传统 LCR 仪表会告诉你电容，但不是在整个工作电压中。

仪器介绍：

- 吉时利源测量单元可以作为四合一仪器：
 - 电压 / 电流源
 - 电压 / 电流表
 - 扫描和函数函数发生器
 - 可编程负载
- 吉时利源表可以测量元器件上的 IV 特点，从几 μV 到 3 KV
- IVy 触摸屏软件适用于安卓平台，可以简便地查看元器件的 IV 特点

2



2280S 系列电源以 6 1/2 位的电流分辨率提供低输出噪声

低压 DC 电路开机测试

设计周期的下一个阶段是原型制作。第一台原型容易发生各种问题，如电路板布线、焊点、元器件贴装和寄生电容等，因此一定要审慎。

- 在开机前，使用数字万用表检查所有输入和输出阶段是否有短路。
- 尽可能把低压模拟电路和数字电路隔离成多个子电路，在原型电路板通电时一次一条子电路。
- 隔离机载电源，在有负载和没负载的情况下测试输出。检查输出电压和纹波是否满足预期。
- 使用精密 DC 电源为各个低压子电路供电，而不是依赖机载电源。(如果机载电源有多个输出，那么应使用有多条隔离通道的 DC 电源)

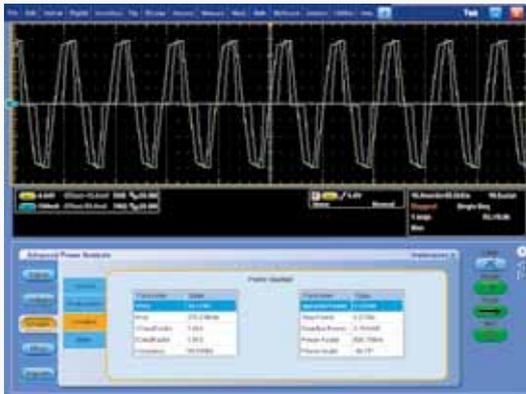
测量小贴士

- 使用 DC 电源，同时显示编程设置和实际被测输出，您可以迅速查看 DC 阶段是否吸收太多的电流。也可以在电源和被测器件之间连接一台 DMM，密切监测吸收电流和功耗。
- 如果您需要为被测系统提供精密电压，可以考虑使用 4 线远程传感台式电源，消除台式电源与被测系统之间的导线中任何电压下跌产生的影响。

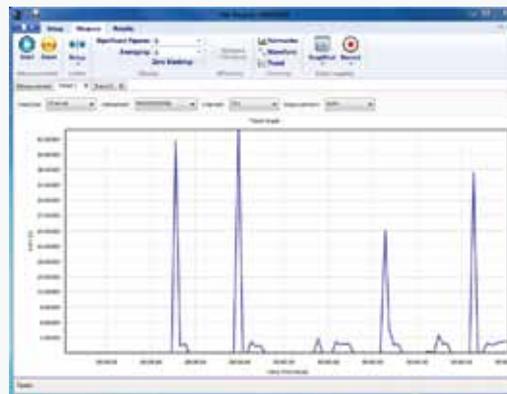
仪器介绍

- 吉时利 2280S 精密测量电源提供了 10 nA 分辨率和 0.05% 精度，可以测量低睡眠模式状态下的电流。

3



在 MSO5000B 示波器上使用 DPOPWR 分析 AC 功率



PWRVIEW- 趋势图监测开机事件



PA1000 - 涌入电流模式

高压 AC 电路开机测试

现在我们已经检查了所有低压电路，高压电路就要通电了。在这个阶段，原型将第一次看到高压。

- 在第一次开机过程中，最好把高压阶段与所有低压阶段隔开。
- 建议使用具有限流功能的 AC 电源。应先从设计的最低 AC 电压入手，这有助于减少重大熔断风险，如焊接不良、组装差或 PCB 设计错误等潜在问题导致的熔断。
- 使用相应等级的差分探头和电流探头，测量 AC 输入电压和电流。
- 在通电前，应在 AC 输入上使用示波器或功率分析仪，并启用记录功能，捕获涌入电流和瞬态事件。
- 一旦检查了高压功率阶段，可以启用低压控制电路，全面了解相关信息。

测量小贴士

- 如果使用钳夹电流探头测量未负载系统吸收的低 AC 输入电流，那么会提高探头看到的电流。为此，把线路导体简单地多次循环通过钳夹。记住，要把电流读数除以圈数。
- 使用拥有连续记录功能的功率分析仪，记录启动电流。在开机过程中发生灾难性故障时，至少还有一些数据来调查可能的原因。

仪器介绍：

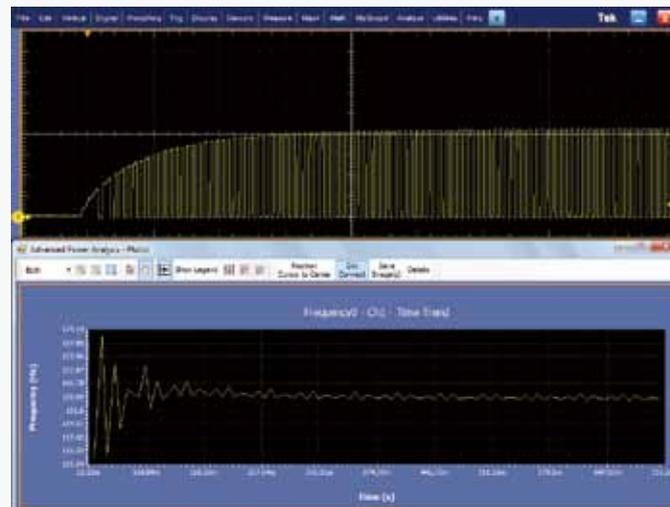
- PA1000 功率分析仪提供涌入电流模式，测试电流涌入期间的峰值。
- DPOPWR 示波器软件提供了全面的功率分析套件，可以帮助您在开机过程中测量和调试输入 AC 功率参数。

4

数字和模拟控制电路调试

在这个阶段，您要检查控制逻辑。这可能是设计最重要、最复杂的部分。在这个阶段，您将执行测试，以便获得正确补偿、电压、定时和频响。

- 在开机过程中测量开关器件驱动装置上的调制信号，检验不同负载下开关频率、脉宽和占空比是否正确。
- 通过使用控制环路中的宽带变压器注入扫频信号，检查环路频响。
- 使用频响分析仪，测量电路的增益和相位。



DPOPWR – 在 MSO5000B 示波器上执行调制分析

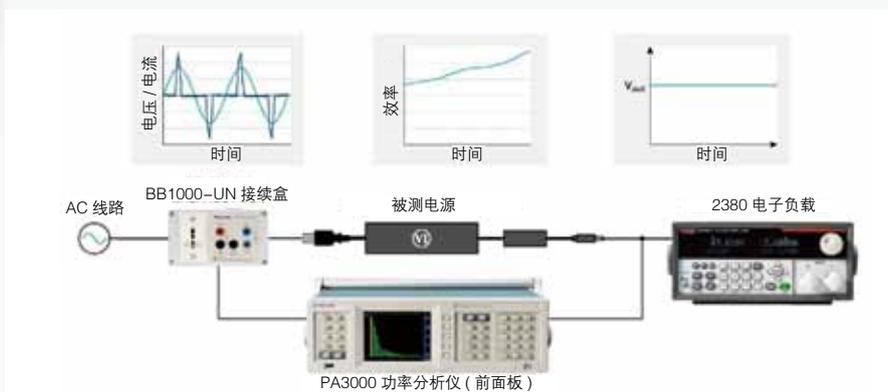
测量小贴士：

- 监测输入电压和输出电路及反馈或控制信号，检验环路响应（如临界阻尼）在输入电压和输出负载变化期间是否符合预期。
- 监测输入电压和输出电压及控制信号，检验电路操作，如软启动、短路保护、关断和电流折回。
- 对数控电源，应捕获模拟信号、数字信号和串行总线控制信号的时间相关视图，查看系统操作，确保控制系统运行状况与设计目标相符。

仪器介绍：

- DPOPWR 软件可以帮助您在测量困难的 PWM 信号上执行调制分析。

7



AC-DC 电源，
效率测量设置

功率分析仪显示
两个 AC-DC 电
源的效率

GROUP A Ch1	GROUP B Ch2	GROUP C Ch3	GROUP D Ch4	Result
Vrms 109.85	Vrms 12.077	Vrms 109.88	Vrms 11.965	
Irms 330.82	mA rms 1.3762	Irms 136.85	mA rms 527.76	
Watt 20.628	Watt 16.620	Watt 7.3105	Watt 6.3129	
Va 36.339	Va rms 12.077	Va 15.037	Va rms 11.965	
Freq 60.000	Hz rms 1.3762	Freq 60.000	Hz rms 527.63	
PF 0.5677	PF 0.4862	PF 0.4862	PF 0.4862	
Max+ 1.0227		Max+ 494.55		
Max- -1.0184		Max- -485.91		
Vdc 10.299		Vdc 37.148		
EFFICIENCY1 80.569 %		EFFICIENCY2 86.329 %		

效率和指标测试

现在要查看设计是否满足效率标准和其他要求的指标，如线路和负载稳压、纹波、噪声、短路保护和瞬态响应。

- 使用高精度多通道功率分析仪测量效率，同时使用电子负载从无负载到全负载扫描电源。
- 对负载稳压，在设计的输入端子和输出端子上直接使用高精度 DMM。然后，从最小值到最大值扫描负载。记住，非常重要的一点是在测试过程中使输入电压保持恒定。记录输出电压相对于负载的任何变化，确定负载稳定。
- 可以使用类似的设置测试线路稳压，其中在恒定负载中测量输出电压，同时从最小值到最大值扫描输入 AC 电压。这种测试对通用输入电源尤其重要。
- 检查全负载时的噪声和纹波，应使用为高分辨率测量优化的示波器或高精度图形采样万用表。示波器一般会提供更高的带宽，而万用表的精度则更高。

了解更多信息

使用 PA3000 功率分析仪进行效率测量 (LEVEL VI) 视频:

www.tek.com/how/efficiency-measurement-level-vi-power-supply

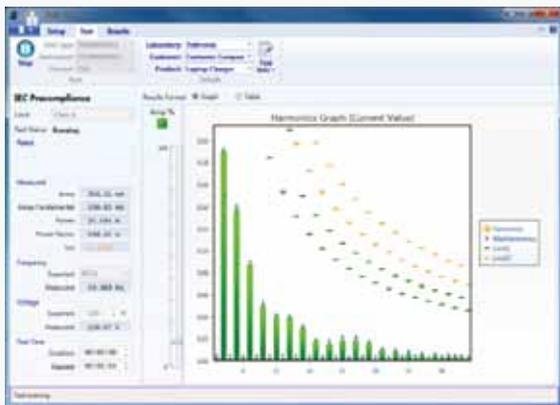
测量小贴士:

- 如果要测量低电平电压，如纹波，应使探头衰减达到最小 (尽可能使用 1X 或 2X)，以便在示波器测量中获得最好的信噪比。
- 在线路或负载稳压测试中，不要依赖 AC 电源或电子负载读数，而应在电源端子上直接使用精密仪器，这将改善测量精度，最大限度地减少输入电缆和输出电缆中的电压暂降。
- 在使用示波器测量高频噪声和纹波时，应使用低电感接地弹簧探头适配器或类似装置。标准探头地线可以作为天线，从荧光灯和其他来源中拾取环境噪声，可能会在读数中产生明显误差。

你知道吗?

- 泰克 PA3000 提供了 0.04% 精度和 10mW 待机功率测量功能，可以从无负载到全负载准确地进行效率和功率测量。
- 吉时利 2380 DC 电子负载可以吸收各种电流和电压，包括 200 W、250 W 和 750 W 三个版本。
- 吉时利 DMM7510 图形采样万用表有一个 18 位 1 MS/s 的模数转换器，可以准确捕获快速瞬变和小的纹波。

8



IEC 61000-3-2 电流谐波测试



IEC 62301 Ed 2. 待机功率测试

电源线一致性测试

恭喜！您的第一台原型应已经能够启动运行。现在要检查设计，确保其满足本地电源线标准。

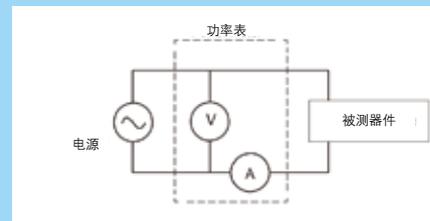
- 大多数 AC-DC 电源都是为使用 AC 墙上插座而设计的。因此，它们需要满足严格的功耗和功率质量标准，如 IEC 62301 待机功率和 IEC 61000-3-2 电流谐波标准。应一直在设计周期早期执行一致性测试，以帮助避免未来发生的问题。
- 确保测试电流谐波使用的功率分析仪满足 IEC 61000-4-7 测量技术标准。

仪器介绍：

- 泰克为 IEC61000-3-2 电流谐波提供了预一致性测试解决方案，为 IEC62301 待机功率和能源之星及用户自定义极限提供了一致性测试解决方案，而且价格非常经济。
- PA1000 功率分析仪拥有 20 μ A 电流测量功能，可以测量最低 5 mW 的待机功率。
- 泰克接续盒为负载测量和源侧测量提供了两个不同的端子，使用起来方便安全，可以获得准确的低功率读数，执行待机功率测试。

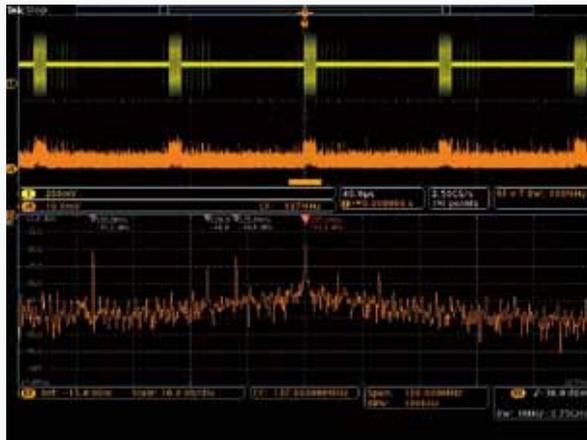
测量小贴士：

- 不用再等，可以使用经济的预一致性测试解决方案，测试是否满足 CE 标志、能源之星、IEC 待机谐波标准。这可以省去设计周期后面大量的时间和麻烦。应尽早且经常进行预一致性测试。

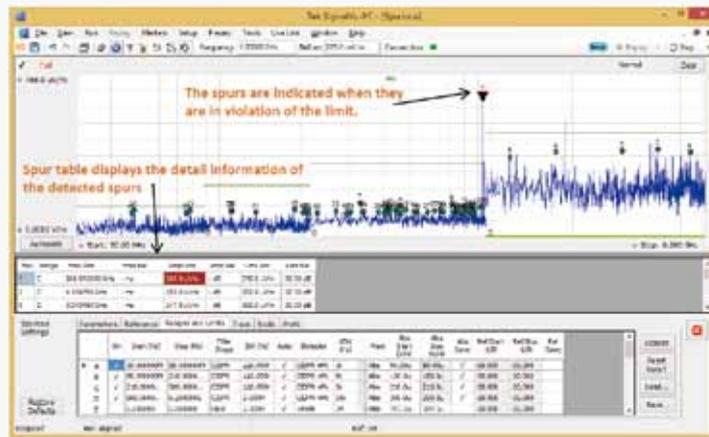


- 在测量低待机功率和失真的待机功率时，应复核连接。布线不当可能会导致明显错误。一定要连接电流并联源端的电压表通道，这样就不会测量经过电压表阻抗的电流。

9



使用 MDO4000 示波器上的时间和频谱同步轨迹进行 EMI 调试



使用 RSA306 实时频谱分析仪执行预一致性 EMI 扫描

EMI 调试和预一致性测试

由于测试难度和测试成本，EMI 和 RFI 测试在早期设计阶段经常被忽略。但是，随着设计期限的迫近，忽略这个步骤可能会导致意外事件和延迟。

- 应在设计早期测试 EMC 问题，以避免不必要的电路板返工和延期。您可以利用频谱分析仪和预先确定的 EMI 一致性测试模板，在去测试机构进行一致性测试之前执行预一致性测试，找到 EMI 问题。
- 使用混合域示波器 (MDO)，其中内置频谱分析仪和近场探头，迅速找到 EMI 的来源。借助示波器和示意图，您可以简便地测量频谱峰值，找到根本原因。

测量小贴士：

- 使用经济的 EMI 预一致性测试解决方案在原型阶段早期测试 EMC 和 RFI 一致性，节省长周期内的时间和资金。
- 使用近场探头及混合域示波器或频谱分析仪，找到和确定 RF 来源。

仪器介绍：

- MDO4000 系列示波器可以帮助您查看整个系统，测量模拟总线、数字总线、串行总线事件及频谱辐射之间的关系。
- 泰克 RSA306 提供了实时频谱分析功能，可以确定持续时间短的 EMI 突发。长记录时间可以帮助您捕获偶发突发。

了解更多信息

实际 EMI 调试应用指南：

www.tek.com/document/application-note/practical-emi-troubleshooting

10



定制记录和用户极限，实现自动化



趋势图，用于验证测试



PA1000 功率分析仪和接续盒设置

设计验证

您已经全面测试第一个原型，现在进入下一季。

- 最好重复之前讨论的所有测试步骤，进行完整性检查。
- 在检查所有项目后，应把更多的工作放在设计上，检查其可靠性。
- 就所有输入配置测试电源，这一步对通用输入电源至关重要。
- 从无负载到全负载扫描负载，以针对所有可能的工作条件测试设计。
- 使用环境舱运行生命周期测试，这可以检查设计在真实环境中的性能。

测量小贴士：

- 使用拥有通用额定输入的 AC 电源，且经过 IEC 测试认证，这将有助于确保您的产品通过一致性测试。
- 在电源的输入和输出上使用功率分析仪，测量所有 AC 输入参数，如功率因数、波峰因数、谐波、峰值电流和系统效率。

仪器介绍：

- PWRVIEW 软件及泰克功率分析仪提供了效率、待机功率、谐波和能耗 (WHr) 测试及大量的图表和记录功能，可以进行长期设计验证。

访问：

www.tek.com/application/power-supply-measurement-and-analysis, 获得成套电源资料、产品演示或报价。