

RIGOL

应用指南

IoT 设备电源测量

——DHO1000/4000 产品应用指南

文档版本 1.0

发布日期 2023 年 4 月

RIGOL TECHNOLOGIES CO., LTD.

前言

版权

©2023 普源精电科技股份有限公司

商标信息

RIGOL®是普源精电科技股份有限公司的英文名称和商标。

声明

- 公司产品受中国及其它国家和地区的专利（包括已取得的和正在申请的专利）保护。
- 本公司保留改变规格及价格的权利。
- 本手册提供的信息取代以往出版的所有资料。
- 本手册提供的信息如有变更，恕不另行通知。
- 对于本手册可能包含的错误，或因手册所提供的信息及演绎的功能，以及因使用本手册而导致的任何偶然或继发的损失，**RIGOL**概不负责。
- 未经**RIGOL**事先书面许可，不得影印、复制或改编本手册的任何部分。

产品认证

RIGOL 认证本产品符合中国国家产品标准和行业产品标准及 ISO9001:2015 标准和 ISO14001:2015 标准，并进一步认证本产品符合其它国际标准组织成员的相关标准。

联系我们

如您在使用此产品或本手册的过程中有任何问题或需求，可与 **RIGOL** 联系：

电子邮箱：service@**RIGOL**.com

网址：www.**RIGOL**.com

概述

本文档主要介绍以下内容：

- IoT 设备的电源特性；
- 如何使用 DH04000 及配套仪器进行测试环境搭建；
- 如何对测试结果进行特征分析。

阅读提示：

完成全文阅读，大概需要 15 分钟时间。

前言

IoT 设备的蓬勃发展促进了越来越多适用于各种场景的 IoT 设备被生产出，带动了更多厂商加入到研发与生产 IoT 设备的浪潮中来，但面对着 IoT 设备的电源电流测试，很多厂商发现使用常见的仪器难以进行准确的评估。

IoT 设备的一大特征，就是通常使用电池（可充电电池或不可充电电池）供电，在整个生命周期的工作过程中，设备大部分时间都处在休眠/睡眠状态下，电源功耗可以达到 μA 量级，而在非休眠（活动）状态下，则会有较大的电流跳变，部分具有 4G/5G 通信功能的设备甚至可以达到 A 量级，并且持续时间很短。很多情况下，使用可调电源或者快速响应电源难以准确测量设备在一段时间内的平均功耗，甚至无法采集到设备的最大电流峰值或者活动活动状态下的电流变化，因此无法对电源系统的性能和电池续航时间做出准确的评估。

除此以外，很多客户尝试使用示波器配合电流探头进行采集，但是由于常见示波器的局限性，导致依然无法准确的测试。

- 量化位数较低，以至于使用电流探头无法捕捉到休眠和活动状态下的准确电流。
- 电流探头的噪声较大（数 mArms ），导致小电流测量也具有很大噪声。
- 存储深度较低，导致无法实现较长时间的数据抓取，导致难以分析最终结果。

部分厂家虽然推出了专用于 IoT 测试的相关设备，但是由于测试设备价格昂贵，无法做到通用测试，导致客户无法承担相对较高的使用成本。

RIGOL 最新的 DH04000 数字示波器的出现，极大的解决 IoT 设备研发在电源测试中的痛点：

- 具有 12BIT 的量化位数，提供更大的动态范围；
- 具有 500Mpts 的超高存储深度，可以充当长时间参数记录的利器；
- 具有最低 $18\mu\text{Vrms}$ 的本底噪声，可以准确测量微弱信号。

下面我们就以 DH04000 作为核心仪器，在两个常规仪器难以胜任的测试条件下进行展示：

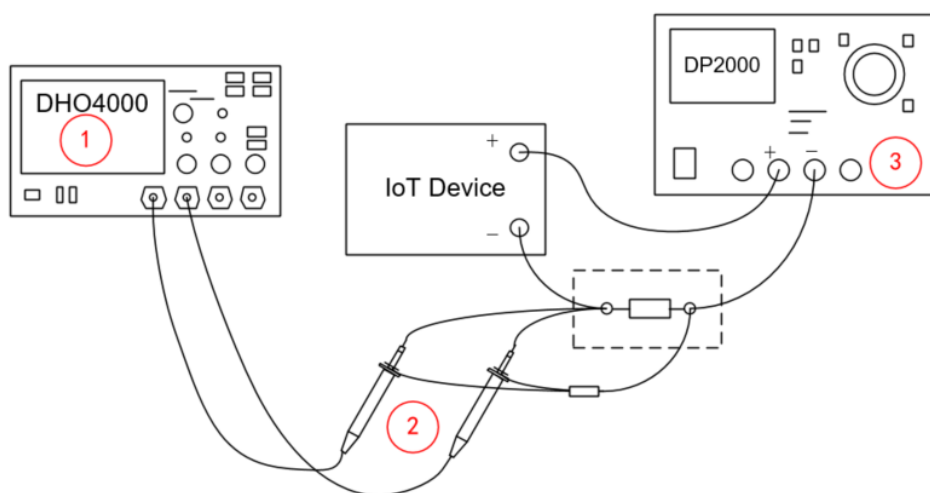
1. 电源动态电流测量
2. 电源动态性能测量

1 电源动态电流测量

简介

常见的 IoT 设备具有 μA 级的静态（休眠）电流和 mA 级别的活动电流，使用常见的电流探头并不能获得很好的测试效果，而使用采样电阻，将需要使用额外的放大电路，结构复杂，但是凭借 $18\mu\text{Vrms}$ 的低噪声，我们使用 DH04000 示波器可以取消所有后续的信号放大电路，通过采样电阻直接测量 IoT 设备的噪声。

环境搭建



连接示意图

环境搭建所需仪器：

- ① 数字示波器（DH04000 系列）；
- ② RP 系列电压探头（如 PVP2350）两根；
- ③ （可选）符合待测设备供电条件的供电设备（DP2000/900/800/700 等系列电源，或由 DUT 可以接受的其他供电设备）。

硬件系统的连接方式（设置值为示例）：

1. 使用一颗采样电阻（如 1Ω ）直接连接在电源回路中。
2. 使用两根电压探头 x1 档位直接连接在 DH04000 的通道 1 和通道 2 中

3. 将 DHO4000 的两通道的垂直档位分别设置为 10mV/DIV 和 100 μ V/DIV

说明：

注 1：进行小电流测试时可以根据情况调整通道的带宽限制，虽然 DHO4000 的噪声很低，但是建议在常见应用中选择 20MHz 带宽限制，以保证较低的量化噪声，减少宽带量化噪声对后续分析产生的影响。

操作步骤

Step1 完成硬件系统连接

1. 将 DUT 与供电电源连接（注意电源极性）
2. 在回路中接入一颗采样电阻
3. 将两根电压探头②同时并联在采样电阻上，探头直接连接在 DHO4000 的通道 1 和通道 2 中

Step2 设定参数

1. 根据情况设定示波器垂直档位。比如在某 IoT 设备工作场景，静态电流约为 50 μ A,活动状态下工作电流极限值约为 60mA 电流。
2. 此时我们将示波器的垂直档位设置为 10mV/DIV 和 100 μ V/DIV，并打开带宽限制。





设置向导示意

- 将探头设定为 x1 模式，并且将显示单位调整为 A。



注意

RP 系列电压探头配合采样电阻测量时，由于电压探头本身不具有隔离能力，因此在测量前请确认被测设备的地电位，以避免产生人身伤害。

参数设定要点

- 探头比

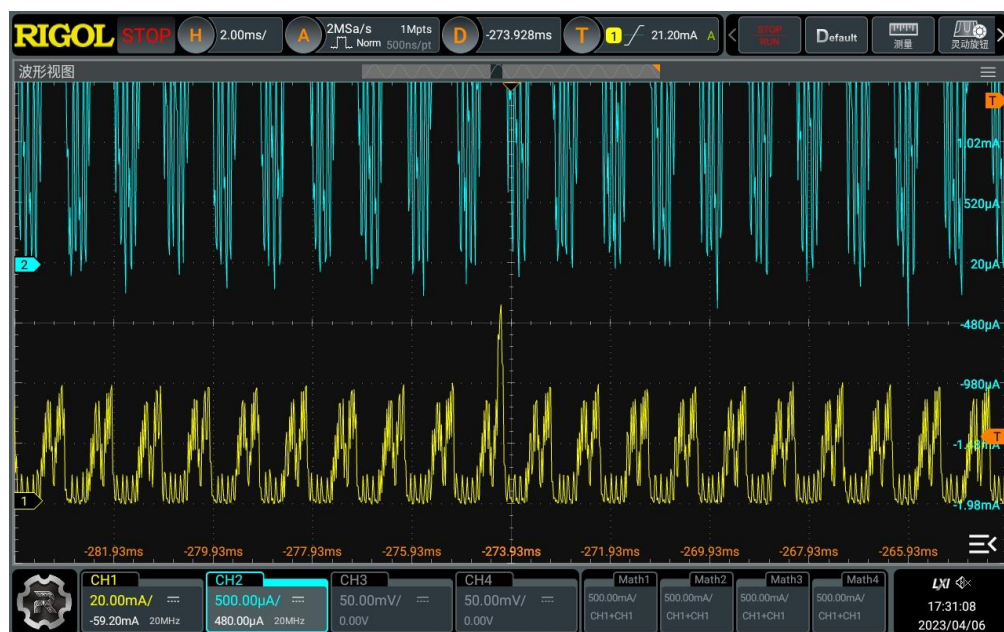
由于我们使用电压探头配合采样电阻完成电流测试，因此我们需要根据被测设备的电流下限决定采样电阻值，由于 DHO4000 系列示波器的最小垂直档位是 $100\mu\text{V}/\text{DIV}$ ，因此需要根据此档位选择合适的采样电阻，如 $100\text{m}\Omega$ 、 $10\text{m}\Omega$ 等，对于 $100\text{m}\Omega$ 采样电阻，需要将探头比设定为 x10， $10\text{m}\Omega$ 时设定为 x100，以此类推。

- 时基

根据电流变化速度设定时间基档位，若变化迅速建议使用触发功能，若变化较为缓慢，为了避免难以操作，建议调整为 Roll 模式，DHO 系列示波器提供自动 Roll 模式，可以根据情况自动设定。

Step3 开始测试

对 DUT 上电后开始抓取测试信号，根据需要设定触发通道和触发条件，建议将小档位放置在屏幕上方，避免大电流状态时影响另一通道的显示波形。



测试画面实例

适当调节示波器各个通道的衰减旋钮以及时基旋钮。你将可以获取到较为清晰的测试波形，上图中通道 1 为 IoT 设备活动状态下大电流脉冲的电流波形，通道 2 为 IoT 设备休眠状态下小电流波形。

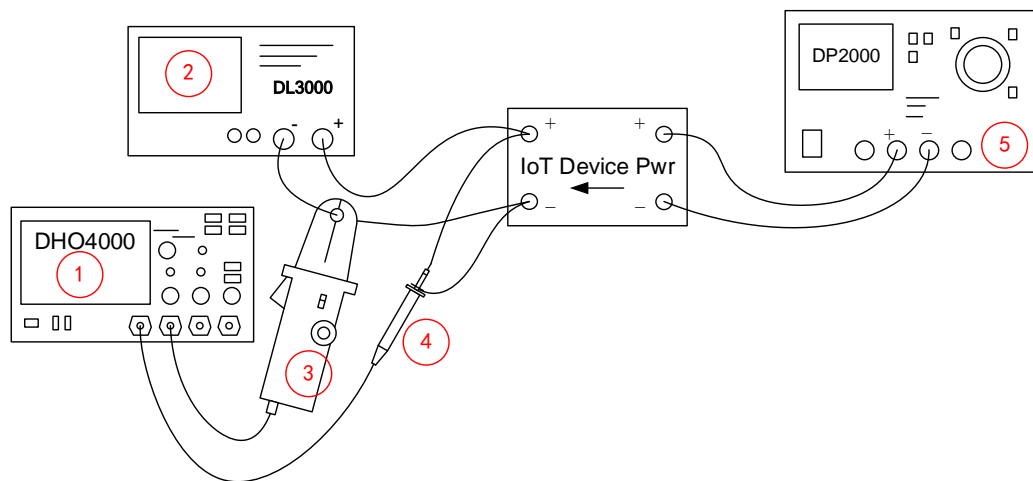
上图展示的测试波形是一个典型的 IoT 设备的工作电流状态，在完成单次触发或在 Roll 模式下观测到合适的信号并停止后，可以调整时基和垂直档位完成信号细节的观测和测量。

2 电源动态性能测量

简介

IoT 设备由于具有较低的静态功耗，通常会使用一些低静态电流的 LDO 器件，但是由于 IoT 的控制器件通常都具有较低的静态电流，而活动状态下电流的突然增加，对 LDO 的性能提出了较高的要求。若 LDO 动态性能较差，可能导致电源轨跌落超限，影响产品的稳定性，因此对电源电路的动态性能的评估也是较为重要的工作。

环境搭建



连接示意图

环境搭建所需仪器：

- ① 数字示波器 (可采用 DH04000/MSO8000/7000/5000 等系列示波器)；
- ② 电子负载 (DL3000)；
- ③ RP 系列或 PCA 系列电流探头 (PCA 系列电流探头需搭配 DH04000/MSO8000/7000 系列示波器使用)；
- ④ RP 系列电压探头
- ⑤ 符合供电条件的电源 (DP2000/900/800/700 等系列电源，或由 DUT 可以接受的其他供电设备)

硬件系统的连接方式（设置值为示例）

1. 将 DUT 的输出端子的正、负端分别连接一根电缆，电缆的载流量根据负载大小或者准许压降确定¹，并连接在 DL3000 的输入端子上。
2. 将合适衰减比例的 PR 系列电压探头连接在 DUT 输出端子²。
3. 将 DUT 的输入端连接在符合要求的电源上，并接通电源。

说明：

注¹过长的线缆会带来较大的寄生电感影响测量，甚至可能导致电子负载出现震荡，因此不建议使用较长的线缆，如果不可避免，建议将线缆绞合在一起，以降低寄生电感。

对于有些低压大电流应用，使用内阻较大的电缆可能导致电流稳定失败（UNREG）（电子负载在短路|SHORT|状态下依然存在一定导通电阻和接触电阻）。

注²在大电流应用中，输出端子压降将会带来显著影响，因此建议电压采样点应在 DUT 的 Sense 端，通常的，CV 采样回路的采样端和控制器的信号地可以作为电压采样端子位置。

操作步骤

完整的电源动态测量内容，可参考往期《动态响应测量》技术文档

https://supportcn.RIGOL.com/Public/Uploads/uploadfile/files/20200819/20200819192948_5f3d0d2c668ed.pdf

总结

本应用指南通过使用 DHO4000 示波器作为测试核心进行 IoT 设备负载电流曲线和电源性能进行测试，对 IoT 设备的电源性能进行准确的评估。

RIGOL 提供了一套完善的工具，包括数字示波器和探头，帮助设备设计人员高效精准地进行 IoT 设备的电源电流测试，从而快速提升完善设备产品设计。

RIGOL 自主研发的 DHO 系列高分辨率数字示波器具有 12BIT 的量化位数；500Mpts 的超高存储深度，使其成为可以充当长时间参数记录的利器。同时，DHO4000 具有业界最高的 18 μ Vrms 的极低噪声，将帮助工程师准确测量微弱信号。

DHO4000 系列高灵敏度数字示波器				
超高大动态范围、高分辨率、超低噪声				
产品型号 (订货号)		DHO4204	DHO4404	DHO4804
性能指标	最大模拟带宽	200MHz	400MHz	800MHz
	模拟通道数	4		
	垂直分辨率	12bit (4096量化等级)		
	垂直档位范围	1M Ω : 100 μ V/div~10V/div 50 Ω : 100 μ V/div~1V/div		
	最高实时采样率	单通道4GSa/s, 半通道2GSa/s, 全通道1GSa/s		
	波形刷新率	50,000 wfms/s (向量模式, Vector Mode), 1,500,000 wfms/s (瞬时获取模式, UltraAcquire Mode)		
	数字分辨率	256级灰度		
	标配存储深度	单通道250Mpts, 半通道125Mpts, 全通道62.5Mpts		
交互	输入阻抗	50 Ω /1M Ω		
	接口	HDMI, LAN, USB		
	屏幕	10.1" 1280*800 高清触控屏		
	编码器类型	光电编码器		
	程控标准	SCPI Standard		
配件与选件	带宽升级选件	DHO4000-BWU2T4	200M到400M带宽升级选件	
		DHO4000-BWU2T8	200M到800M带宽升级选件	
		DHO4000-BWU4T8	400M到800M带宽升级选件	
	存储深度升级	DHO4000-RLU-05	500Mpts存储深度升级选件	
		DHO4000-EMBDA (标配)	I2C/SPI总线触发和分析选件	
	协议解码选件	DHO4000-AUTOA	CAN-FD/LIN总线触发和分析选件	
		DHO4000-COMPA (标配)	RS232/UART总线触发和分析选件	
		DHO4000-AEROA	MIL-STD1553总线触发和分析选件	
		DHO4000-FLEXA	FlexRay串行总线触发和分析选件	
	电源分析	DHO4000-AUDIOA	I2S总线触发和分析选件	
DHO4000-PWRA		电源分析选件		

RIGOL 致力于为工程师们不断提供完善的解决方案，详情请访问网址：www.rigol.com