

负载瞬态响应——增强环路稳定性测试

验证开关转换器的稳定性，对于电源设计非常重要。频率环路和负载瞬态响应常用于确保开关转换器的稳定性。虽然频率环路响应在设计验证中日益重要，负载瞬态响应仍是一种常用方法。显示脉宽调制(PWM)信号在一段时间内的正占空比，还可以增强显示负载瞬态响应。现代示波器具备此功能，还有助于识别未知的转换器效应。



R&S®MXO 5 示波器

您的任务

电源设计必须验证环路稳定性，以保证操作正常且稳定。目前，频率环路响应是测量转换器环路稳定性的首选方法。频率环路响应采用小信号交流分析方法，将小正弦信号注入环路，进而在开环中分析宽频率范围内的增益和相位。

测量的增益和相位值与频率绘制成波特图，便于直接确定增益裕量、相位裕量和交叉频率。负载阶跃响应测试应用大电流阶跃，并需要测量和分析电压响应。大信号在不同于开环系统的闭环中进行测量。输出电压需在时域进行分析，以估计和确定转换器稳定性。图1中的示例使用降压转换器测试负载瞬态响应。

负载电流快速变化时，需要将负载阶跃发生器连接至转换器输出端。PWM信号在控制环路中控制电力组件，测量负载阶跃期间的正占空比可以增强显示负载瞬态响应和未知效应。

这种测量需要使用仪器在整个记录期间以高采样率测量正占空比。逐周期测量结果必须显示为横轴是时间的波形。

产品手册 | 版本02.00

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



罗德与施瓦茨解决方案

R&S®MXO 5 示波器非常适合这种挑战性任务，即使在较高的 PWM 开关频率下也能测量长期间的正占空比。测量需要大带宽、高采样率和大存储容量。一次采集中的所有正占空比可用于通过跟踪轨迹显示整个采集过程中的变化。可以显示一段时间内单周期中每次测量的跟踪轨迹。图2显示了跟踪波形中包含的典型负载瞬态波形。

图2显示了三个连续负载阶跃的标准输出电压和电流波形。图中还显示了控制器的正占空比，并将其用于创建轨迹。理论上而言，占空比会调节电子组件以维持恒定输出电压，因此跟踪波形反映出输出电压波形。

应用

结合全桥拓扑和同步整流的直流-直流开关转换器可以演示跟踪功能。此独立转换器的开关频率为100 kHz，能够将48 V输入电压转为12 V输出电压。最大输出电流设为8 A，并通过电子负载生成输出负载阶跃。

设备设置

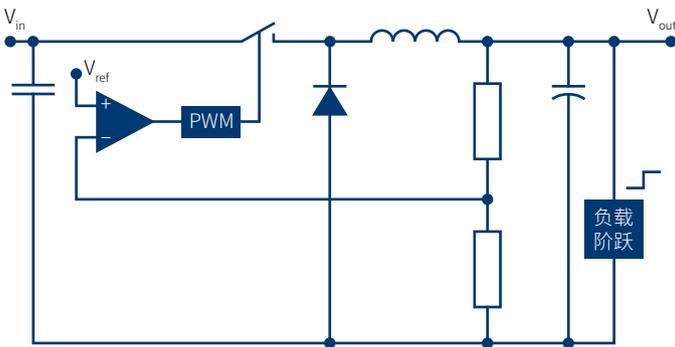
在转换器输出端应用负载阶跃之前，需要先执行其他操作以便将正占空比显示为跟踪波形：

- ▶ 设置通道，并选择探头
- ▶ 定义触发以捕获控制器输出端的负载阶跃事件
- ▶ 激活正占空比测量功能，并定义参考电压百分比（例如20%、50%、80%）
- ▶ 必须定义至少100 Msample/s的采样率，以准确测量具有陡峭边沿的 PWM 信号
- ▶ 充分设置记录长度以采集整个序列（至少一个从低到高的电流阶跃和一个从高到低的电流阶跃）
- ▶ 使用测量子菜单激活跟踪功能，并优化垂直刻度

测量瞬态负载

设置完成后，配置电子负载以在低电流（最大负载的20%）和高电流（最大负载的80%）之间应用负载阶跃。如图3所示，一旦触发检测到有效的触发条件，屏幕上将出现波形。顶部窗口显示采集两个不同方向的负载阶跃。测量通道1的输出电压和通道2的输出电流。屏幕上还显示 PWM 控制信号（通道3）和正占空比的跟踪波形。

图 1: 降压转换器的负载瞬态设置



缩放窗口显示输出电压仅下降约300 μ s，随即恢复稳态操作。光标功能测量显示，稳态下20%和80%负载之间的偏差仅为2.4 mV。转换器进入稳态后，跟踪波形显示不同结果（26%而非24%）。偏差显示出影响，不符合图2所示的预期结果。相关定义和理论表明，占空比应与负载电流无关。

根据控制理论，2%偏差源于高输出电流引起的高传导损耗。高损耗主要来自变压器和输出整流器。需要提高正占空比来均衡附加损耗，跟踪功能支持这种复杂的测量任务。

图 2: 负载瞬态响应

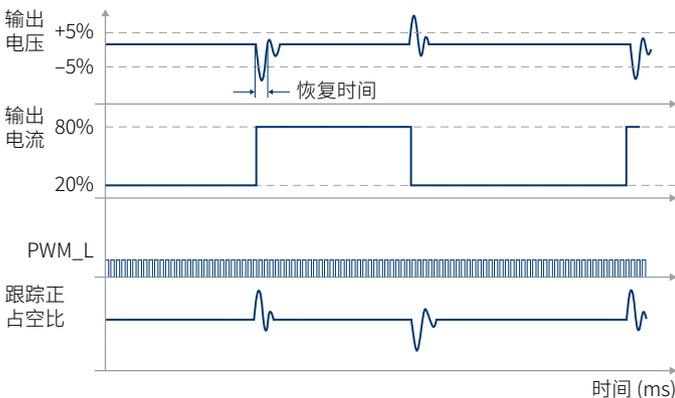


图 3:降压转换器的负载瞬态设置



摘要

R&S®MXO 5 示波器非常适合通过 PWM 控制来验证电源转换器的负载瞬态,并详细深入地分析系统行为。大存储容量和跟踪功能等优越特性有助于用户详尽探索和了解转换器操作。

另见

www.rohde-schwarz.com/oscilloscopes

罗德与施瓦茨的服务 你会得到很好的照顾

- ▶ 遍及全球
- ▶ 立足本地个性化
- ▶ 可定制而且非常灵活
- ▶ 质量过硬
- ▶ 长期保障

关于罗德与施瓦茨公司

作为测试测量、技术系统以及网络安全方面的行业先驱, Rohde & Schwarz technology group通过先进方案为世界安全联网保驾护航。集团成立于85年前, 致力于为全球工业企业和政府部门的客户提供可靠服务。集团总部位于德国慕尼黑, 在全球70多个国家和地区设有分支机构, 拥有广阔的销售和服务网络。

罗德与施瓦茨(中国)科技有限公司

www.rohde-schwarz.com.cn

罗德与施瓦茨公司官方微信

可持续性的产品设计

- ▶ 环境兼容性和生态足迹
- ▶ 提高能源效率和低排放
- ▶ 长久性和优化的总体拥有成本

Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

罗德与施瓦茨培训

www.training.rohde-schwarz.com

罗德与施瓦茨客户支持

www.rohde-schwarz.com/support



R&S® 是罗德与施瓦茨公司注册商标

商品名是所有者的商标 | 中国印制

PD 3684.0718.95 | 02.00版 | 2023年10月 (ch)

负载瞬态响应——增强环路稳定性测试

文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改

© 2023 Rohde & Schwarz | 81671 Munich, Germany